



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“ESTUDIO DE LA PREVENCIÓN DE
INCENDIOS EN CAPAS CARBONÍFERAS
EN EXPLOTACIONES SUBTERRÁNEAS
(CASO: MINA III - MIMOSA)”.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA**

P R E S E N T A N:

**LUZ AURORA CAMPUZANO ORTEGA
GABRIEL RIVAS MACEDA**

DIRIGIDA POR:

ING. ALBERTO FERNÁNDEZ SUÁREZ.



CIUDAD UNIVERSITARIA / 2004.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):

Nuestra eterna gratitud, por brindarnos la oportunidad de realizar un sueño y tener el orgullo de ser un egresado de la "Máxima casa de estudios".

A la Facultad de Ingeniería y en especial:

A la encargada del Laboratorio de Química (salón 315-A), Ing. Guadalupe Contreras Ordaz por todas las facilidades otorgadas en la realización de los análisis químicos, por sus valiosas aportaciones.

Al encargado del Laboratorio de Yacimientos Minerales, el Sr. Juan José Ramírez Estrada en la realización del estudio minerográfico y petrográfico del carbón en estudio, a los Ings. Alfredo Victoria Morales y Juan Carlos Cruz Ocampo por las observaciones y consejos especializados recibidos.

Al Postgrado de la Facultad de Química y en particular:

Al Dr. Antonio Reyes Chumacero encargado del Laboratorio de Calorimetría y Termodinámica de Soluciones, por todas las facilidades otorgadas en la realización de la determinación del poder calorífico del carbón en estudio.

Al Dr. Rafael Moreno Jefe de la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación (U.S.A.I.) por todas las facilidades otorgadas.

A la M en C. Margarita Portillo Bauza por la realización de los análisis químicos (Termogravimétrico Diferencial y CHONS) del presente trabajo de investigación.

A la Compañía Minerales de Monclova S.A. de C.V. (MIMOSA) - Grupo GAN por:

Todas las facilidades otorgadas y los medios humanos y técnicos dispuestos para la realización del presente trabajo de investigación.

- *Ing. Guillermo Pardo Castañeda, Gerente General de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad. Grupo GAN – Área Carbón.*
- *Ing. Armando Díaz Cárdenas, Gerente de Seguridad de MIMOSA.*
- *Ing. José T. Franco Campos, Gerente de Mina III – MIMOSA.*
- *Sr. Modesto Nava Morales.*
- *T.E.M. Arnulfo Yamasaki González.*
- *Ing. Leopoldo González Sánchez.*
- *Ing. Gustavo Sánchez.*
- *Ing. Fernando Rodríguez Labastida.*
- *Ing. César Rodríguez Lugo.*
- *T.E.M. Jorge Borjón Arellano.*
- *Ing. Ricardo Marrero Pérez.*
- *Ing. Mario Santillán González.*
- *Ing. José Rubén Ponce Aguirre.*
- *Ing. Martín Duran Castañeda.*
- *Lic. Romero Gutiérrez de la Fuente.*



A la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (S.H.C.P.) y al:

Lic. Luis E. Ricaud, Administrador Central del Laboratorio y Servicios Científicos y a su equipo de colaboradores por todas las facilidades otorgadas en la realización de los análisis químicos (Espectroscopía de infrarrojo, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, análisis próximo).

- Ing. Fernando Jaurigue, Subdirector Técnico.
- Sra. Cristina Arrieta.
- Ing. Martha Estela Maya Martínez.
- Q.F.B. Rosa Cabrera Cabello.
- Q.F.B. Alma Lilia Salazar Romero.
- Q.F.B. Fidencio Díaz Arellano.
- Ing. Mónica Arellano Uribe.
- Quím. Maria Rosa García Córdoba.

A la Secretaria de Economía (S.E.) y al:

Dr. Francisco Querol Suñé, Asesor especial de la Coordinación General de Minería por las observaciones y consejos especializados recibidos.

A nuestro director de tesis el **Ing. Alberto Fernández Suárez**, por todo el apoyo recibido, que pese a su enorme carga de trabajo se dio el tiempo y la paciencia para asesorar el presente trabajo.

Al grupo de sinodales integrado por: Ing. Gustavo Camacho Ortega, Ing. Carlos Garnica Hernández, Ing. José de Jesús Huevo Casillas y al Ing. Bonifacio Román Tapia, por las enseñanzas recibidas, el valioso tiempo invertido en la revisión de esta tesis y sus comentarios pertinentes para mejorar el contenido del mismo.

A todas aquellas personas que contribuyeron a la realización de esta obra.

A todos y cada uno de los citados anteriormente es nuestro deseo hacerles un añadido agradecimiento por las enseñanzas que de ellos hemos recibido y que, sin duda alguna ha conllevado al otorgamiento de la formación académica complementaria – suficiente y especializada – que, por motivos obvios, no hemos recibido a lo largo de nuestra preparación académica superior.

A todos ustedes gracias.

Luz Aurora Campuzano Ortega y Gabriel Rivas Maceda.



AGRADECIMIENTOS

A Dios Nuestro Señor.

Por acompañarme en todo momento y permitirme concluir con éxito una etapa de mi vida.

A mis papás.

Por darme la oportunidad de elegir el rumbo de mi vida, por la confianza que siempre han depositado en mí, por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento, les ofrezco este trabajo como muestra de mi esfuerzo y amor.

A mi hermana Carmen y a mi sobrinita Renata.

Por todo el amor incondicional que siempre me han brindado.

A mis amigos.

Porque nuestra amistad no depende de cosas como el espacio y el tiempo; y a todos los que compartieron conmigo la gran experiencia de estudiar en la Facultad de Ingeniería, ya que juntos pasamos momentos inolvidables.

La realización de esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo en el que participaron de una forma u otra profesionales de la seguridad laboral, profesores e investigadores, cada uno de ellos de un área del conocimiento diferente. A ellos deseo manifestarles mi más sincero agradecimiento ya que sin su valioso apoyo no se habrían alcanzado cabalmente los objetivos trazados e, indudablemente, hubiese sido más compleja la culminación de este trabajo.

*Deseo hacer patente mi reconocimiento y agradecimiento al **Ing. Alberto Fernández Suárez** quien supo verter sus conocimientos con personalidad y exquisitez indelebles, en el contenido de esta tesis.*

A Gabriel.

Mi compañero de tesis con quien forme equipo en la elaboración de esta tesis.

A todos ustedes gracias.

Luz Aurora Campuzano Ortega.



AGRADACIMIENTOS

A mi abuelo Fray Rubén Maceda Flores.

Por ser el principio de mi historia, por demostrarme que la vida es un reto, por su esfuerzo, por su sabiduría, por su afecto, me siento orgulloso de él.

A mis padres Ernesto Rivas Elizalde y María Bacilisia Maceda Vidal.

Por darme la vida y enseñarme que “nada que valga la pena ha sido logrado sin el deseo de empezar, el entusiasmo de continuar y la persistencia para terminar. Me siento orgulloso por haber nacido de quien nació y en el lugar en el que me tocó, por transmitirme sus experiencias a través de su cariño y cuidado, por permitirme ser yo mismo, por enseñarme que en este mundo hay mucha basura la cual debe ser ignorada, por ayudarme a conseguir las metas que me propuse en la vida y por ser mi luz en tiempos de oscuridad.

A mi hermana Nallely Rivas Maceda (Zella).

Por ser el ejemplo a seguir. Por que sé que siempre estarás ahí cuando te necesite, porque nunca me sentiré solo ni asustado, porque contigo venceré las adversidades y porque sé que podré confiar hoy y siempre.

A mi hermana Aurea Marisol Rivas Maceda.

Por su apoyo incondicional durante tanto tiempo compartido en los estudios.

Mí tía Patí Rivas Elizalde.

Por su apoyo, cariño y por repetirme casi siempre esto: “el secreto de la sabiduría, del poder y del conocimiento es la humildad”.

Ikebana Rosales Navarro (Iki).

Quiero, de manera especial, agradecerle mucho su gran apoyo, ayuda, y sobre todo aquellas palabras tan acertadas que en aquellos momentos compartidos tanto me...

Ing. Alberto Fernández Suárez.

Esto es lo que aprendí de ti: No nos atrevemos a muchas cosas porque son difíciles, pero son difíciles porque no nos atrevemos a hacerlas.

Una persona como tú representa una perspectiva diferente de pensamiento y desenvolvimiento, tanto en el ámbito universitario y empresarial como en el trato humano - personal. Esto lo demuestras a tus alumnos -y futuros profesionistas- con un amplio compromiso en el desarrollo ético y profesional de las tesis y de tu docencia universitaria.

Tú eres la persona que muestras con el ejemplo; tú enseñas a tus alumnos que para tener carácter y personalidad propia –aunado esto a la capacidad técnica-, primero hay que saber pensar, razonar y actuar, usando el don propio y no actuando visceralmente como ciertos profesores del “clan minero”.



Como todo homo sapiens cometes errores, pero sabes reconocerlos; no estás ideando como joder al prójimo, sino que observas cómo actúa la gente que pretende hacer daño, sin que te puedas quedar con los brazos cruzados (¿no te cansas?).

Dentro de la plantilla de profesores del Departamento de Explotación de Minas y Metalurgia (sobresaltando el hecho de que no eres egresado de la U.N.A.M., ni siquiera mexicano, aunque sabemos quede corazón lo eres), demuestras una amplia y constante preocupación por esta carrera, por mejorarla, por ponerla al día. Todos sabemos que no se te permite aportar ideas. Todos sabemos que tus ideas no son admitidas, pero nadie da alternativas a ellas. Por todos es conocido que cierto grupito de ingenieros de la carrera (y compañeros tuyos), no permiten que esas ideas y mejoras contravengan sus intereses, en perjuicio de la calidad de la enseñanza. Todos sabemos (autoridades universitarias incluidas), pero nadie hacemos nada: ¿Qué se puede hacer con esta ideología mediocre, que no permite una evolución lógica, moderna y propia de la vida universitaria para que, de una vez por todas, deje aflorar nuevas generaciones de profesores que formen a alumnos de excelencia?

Como profesor te propones sólo una cosa: enseñar lo mejor posible. Inculcas a tus alumnos la responsabilidad necesaria que han de tener para que la calificación obtenida sea el resultado del esfuerzo, de la constancia y de la persistencia: ¡nunca regalaste nada y ahora muchos de nosotros te lo agradecemos! Eres la antítesis del profesor (demasiados por desgracia) que pertenece a ese círculo vicioso, para el que aprobar depende de un mísero pastelito (con café, por supuesto) o de una desgraciada botella de tequila: tú nunca permitiste que ningún alumno fuese la horma de tu zapato.

Durante todo el tiempo que duró el desarrollo de esta tesis (¡casi duró tanto como la propia carrera!) hemos reído y disfrutado (recordemos, entre otras, la estancia en la mina); nos hemos enfadado y enojado; hemos invertido incluso nuestro tiempo personal y dinero; hemos viajado y nos hemos reunido infinidad de veces; hemos conocido a gentes de todo tipo y condición y hemos aprendido. ¡Qué gran experiencia!

Nunca pierdas esa ideología: eres un gran tipazo. Los que te conocemos, porque quisimos aprender y acercarnos a alguien diferente, lo sabemos.

Lic. Marisela Rivera García.

Por su apoyo en mi carrera y por enseñarme que sí hay libertad de pensamiento.

Dra. Adela Monreal.

Por sus consejos para terminar mi tesis y por enseñarme que hay momentos en que la audacia es prudencia.

A mis cuates.

A Rodolfo, por tu constante apoyo durante este largo tiempo que duré haciendo la tesis y por haber compartido triunfos durante la carrera: la de él y la mía.

A Dr. Juanito, con el que compartí logros y fracasos, primero en la prepa (y fuera de ella) y después durante los largos años universitarios.

Sr. Nieto.

Por enseñarme cómo era la minería en Pachuca desde un punto de vista humano, de la gente que antaño vivió y sufrió la mina. Por alentarme, persistentemente, a terminar la carrera.



A mis amigos.

A todos aquellos que han sido, son y serán parte de mi vida, olvidarlos sería imperdonable (Jorge, Gonzalo, Claudia, Martha Gabriela y Cano). Cada uno de ellos sabe lo que para mí significa llamarlos amigos.

Para el Hogar Franciscano de Nuestra Señora del Perpetuo Socorro.

Donde he pasado inolvidables momentos de alegría; el lugar en el que, cada día transcurrido en él, crecía mi fortaleza por terminar mi carrera y mi definición humana.

“Todo lo que haga en vida, resonará en la eternidad”.

Reflexiones personales:

Y con dedicación especial y exclusiva a varias personas con las que no tuve otro remedio que encontrarme durante mi preparación universitaria (que, sin duda alguna, sabrán autoidentificarse):

- *“Lo único capaz de consolar a un hombre por las estupideces que hace, es el orgullo que le proporciona hacerlas”.*
- *“Hay dos cosas infinitas: el Universo y la estupidez humana”.*
- *“El primer paso de la ignorancia es presumir de saber”.*

Luz Aurora Campuzano Ortega.

Por su tiempo invertido en la tesis para terminarla.

A todos ustedes gracias.

Gabriel Rivas Maceda.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. Introducción a la Prevención de Riesgos Laborales (P.R.L.).	
1.1. Evolución histórica de la P.R.L.	6
1.1.1. Mundial.	6
1.1.2. En México.	7
1.2. Relación entre los conceptos de salud y trabajo.	11
1.3. Conceptos básicos.	13
1.3.1. De acuerdo con la legislación nacional.	13
1.3.2. De acuerdo al ámbito prevencionista.	13
1.4. Factores de riesgo laboral.	14
1.5. Incidencias sobre los factores de riesgo sobre la salud.	16
1.6. Accidente de trabajo.	16
1.7. Enfermedad profesional.	18
1.8. Justificación de la prevención.	20
1.8.1. Estadísticas de la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.) en México.	20
1.8.2. La minería de carbón en México vs. otros países productores de carbón.	22
1.9. Organismos nacionales e internacionales de la P.R.L.	23
CAPÍTULO 2. Fundamentos Legales de la Seguridad e Higiene Ocupacional en México.	
2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	25
2.2. Tratados Internacionales.	26
2.3. Ley Federal del Trabajo.	28
2.4. Ley del Seguro Social.	29
2.5. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.	29
2.6. Ley Minera.	30
2.7. Reglamento de la Ley Minera.	30
2.8. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.	30
2.9. Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas.	31
2.10. Normas Oficiales Mexicanas.	32
2.11. Realidad Legal Nacional en Materia de P.R.L. en Minas de Carbón.	38
CAPÍTULO 3. Estudio del fuego.	
Introducción a la prevención del riesgo de incendios.	40
3.1. Combustión.	41
3.2. Fuego.	43
3.2.1. El tetraedro del fuego y sus componentes.	44
3.2.1.1. Combustible.	45
3.2.1.2. Comburente.	47
3.2.1.3. Energía de activación.	48
3.2.1.4. Reacción en cadena.	48
3.2.2. Comportamiento de los materiales frente al fuego.	49
3.2.3. Clasificación del fuego.	51
3.2.4. Carga térmica y curvas de fuego.	51
3.2.5. Transmisión de calor.	53



3.2.6. Productos y manifestaciones de la combustión.	55
3.2.6.1. Gases de combustión.	56
3.2.6.2. Explosividad de los gases de incendio.	56
3.2.6.3. Determinación de la explosividad de los gases producidos por incendio.	58
3.3. Cadena de incendio.	66
3.3.1. Ignición.	66
3.3.2. Propagación.	67
3.3.3. Consecuencias.	67
3.4. Actuaciones preventivas sobre el tetraedro del fuego.	67
3.5. Agentes extintores.	68
3.5.1. Líquidos: agua y espuma.	68
3.5.2. Sólidos: polvos químicos secos.	68
3.5.3. Gaseosos: dióxido de carbono, derivados halogenados.	69
3.5.4. Otros agentes extintores.	70

CAPÍTULO 4. Teorías sobre la autoinflamación del carbón y estudio de los mecanismos de formación de las combustiones espontáneas.

Introducción al carbón como energético fósil.	72
4.1. El carbón.	73
4.1.1. Turba.	76
4.1.2. Lignito.	76
4.1.3. Hulla o carbón bituminoso.	76
4.1.4. Antracita.	77
4.1.5. Componentes inorgánicos.	78
4.1.6. Otros elementos que integran el carbón.	78
4.2. Fuegos en minas de carbón.	80
4.3. Problemas asociados a fuegos de mina.	80
4.4. Teorías sobre la autoinflamación del carbón.	81
4.5. El autocalentamiento del carbón.	82
4.6. Físico - química del autocalentamiento del carbón.	83
4.6.1. La oxidación del carbón a temperatura ambiente.	83
4.6.2. Pirólisis.	84
4.6.3. Combustión.	85
4.7. Mecanismos de la reacción.	86
4.8. Condiciones para la autoinflamación del carbón.	87

CAPÍTULO 5. Factores de autoinflamación del carbón.

Introducción.	90
5.1. Principales factores que influyen en la autoinflamación del carbón.	90
5.2. Análisis de los principales factores.	90
5.2.1. Factores derivados de las características genéticas y naturales del yacimiento.	90
5.2.1.1. Susceptibilidad.	90
5.2.1.2. Influencia de la piritita y del grado de humedad.	91
5.2.1.2.1. El contenido de azufre pírítico.	91
5.2.1.2.2. La fijación de la humedad.	91
5.2.1.3. Composición química y grado de metamorfismo.	92
5.2.1.4. Meteorización.	92
5.2.1.5. Textura y estado físico del carbón.	92
5.2.1.6. Constituyentes del carbón.	93
5.2.1.7. Contenido en volátiles.	93



5.2.1.8. Contenido en cenizas.	93
5.2.1.9. Tectónica y friabilidad.	93
5.2.1.10. Características geológicas del yacimiento.	94
5.2.1.11. Potencia de capa.	94
5.2.1.12. Pendiente de capa.	95
5.2.1.13. Propiedades de las rocas vecinas: Naturaleza de los hastiales.	95
5.2.1.14. Carboneros y capas del techo.	95
5.2.2. Factores derivados del método y condiciones de la explotación.	95
5.2.2.1. Influencia del sistema de explotación.	95
5.2.2.2. Ventilación.	96
5.2.2.3. Acción del agua.	96
5.2.2.4. Entorno minero.	97
5.2.2.5. Factores locales dinámicos que provocan el nacimiento de combustiones espontáneas.	97
5.2.2.5.1. Características, causas y efecto del desarrollo de la fisuración.	97
5.2.2.5.2. Características, causas y efectos de las variaciones de caudal de las infiltraciones de aire.	98

CAPÍTULO 6. Condiciones particulares de la Mina III – MIMOSA.

6.1. Localización geográfica y rutas de acceso.	101
6.2. Situación legal.	101
6.3. Plano general de la mina.	102
6.4. Tipo de carbón.	102
6.5. Geología.	103
6.5.1. Geología regional.	104
6.5.1.1. Fisiografía.	104
6.5.1.2. Orografía.	104
6.5.1.3. Hidrografía.	105
6.5.1.4. Estratigrafía.	105
6.5.1.5. Geología estructural.	106
6.5.1.6. Yacimientos minerales.	107
6.5.1.7. Geología histórica.	107
6.5.2. Geología local.	109
6.5.2.1. Localización.	109
6.5.2.2. Geología estructural.	109
6.5.2.3. Rasgos geológicos.	109
6.5.2.4. Calidades del manto de carbón.	110
6.5.2.5. Columna estratigráfica.	110
6.5.2.6. Reservas de carbón.	111
6.6. Método de explotación.	111
6.6.1. Frente Larga.	111
6.6.1.1. Características de la rozadora JOY 4LS.	112
6.6.1.2. Transportador blindado de la frente.	115
6.6.1.3. Soporte mecanizado (ademes caminantes).	116
6.6.1.4. Tren de control eléctrico.	118
6.7. Servicios y elementos de la mina.	119
6.7.1. Desgasamiento.	119
6.7.2. Ventilación.	122
6.7.3. Bombeo.	125
6.7.4. Aire comprimido.	126
6.7.5. Transporte.	127
6.7.6. Sistema eléctrico.	130



CAPÍTULO 7. Ensayos de caracterización de la susceptibilidad de las capas.

Introducción.	138
7.1. Examen en laboratorio de la susceptibilidad de una capa.	138
7.1.1. Principios.	138
7.1.2. Muestreo.	139
7.1.2.1. Investigación de la susceptibilidad de una zona limitada.	139
7.1.2.2. Investigación de la susceptibilidad de un panel.	139
7.1.3. Ensaye de reactividad de muestras.	139
7.1.4.- Conclusiones derivadas de los ensayos de un grupo de muestras.	140
7.1.5. Aplicación práctica.	140
7.2. Descripción de los principales ensayos de caracterización.	141
7.2.1. Método del agua oxigenada.	141
7.2.2. Medidas calorimétricas del calor de oxidación.	143
7.2.3. Cinemática de la fijación de oxígeno bajo presión constante de 15 cm. de Hg.	147
7.2.4. Técnicas analíticas.	151
7.2.4.1. Análisis orgánico elemental (CHONS).	151
7.2.4.2. Análisis próximo y poder calorífico.	152
7.2.4.3. Análisis termogravimétrico diferencial.	152
7.2.4.4. Análisis por espectroscopía infrarroja.	154
7.2.4.5. Análisis por difracción de rayos X.	157
7.2.4.6. Análisis por fluorescencia de rayos X.	158
7.2.4.7. Análisis minerográfico y petrográfico.	159

CAPÍTULO 8. Clasificación de labores respecto al riesgo de fuegos.

Introducción.	163
8.1. Cuadro auxiliar para valoración del riesgo de incendio.	163
8.1.1. Instrucciones para el uso del cuadro auxiliar.	163
8.1.2. Valoración cuantitativa del riesgo de fuegos.	164
8.2. Otros sistemas de clasificación de las labores en carbón respecto al riesgo de combustiones espontáneas.	166
8.2.1. Índices de riesgo.	166
8.2.2. El sistema de SES para la valoración del riesgo de la combustión espontánea.	168
8.2.2.1. Formalizando la estimación y categorización del riesgo de la combustión en el sistema SES.	170

CAPÍTULO 9. Prevención de Riesgos.

Introducción.	173
9.1. Medidas a adoptar en la planificación para los fuegos.	173
9.1.1. Generalidades.	173
9.1.2. Relativas al tipo de capa.	173
9.1.3. Relativas a las condiciones geológicas.	174
9.1.4. Sobre la clase o tipo de explotación.	174
9.1.5. A tener en cuenta al proyectar la ventilación.	174
9.1.6. A tener en cuenta en la planificación.	175
9.2. Medidas a aplicar para evitar los fuegos durante el servicio o vida útil de la mina.	176
9.2.1. Generalidades.	176
9.2.2. Impermeabilización.	176
9.2.2.1. Muestreo.	177
9.2.2.2. Análisis de laboratorio.	177
9.2.3. Atención a la ventilación durante la marcha de la explotación.	179
9.2.4. Atención a trastornos geológicos.	179



9.2.5. Tratamiento de pilares abandonados.	179
9.2.6. Cierres de labores abandonadas.	180
9.2.7. Vigilancia mediante datos técnicos.	180
9.2.7.1. Generalidades.	180
9.2.7.2. Maneras de vigilar.	180
9.2.7.3. Medidas extraordinarias de control.	180
9.2.8. Información e instrucción.	181

CAPÍTULO 10. Detección de fuegos.

Introducción.	183
10.1. Métodos de detección.	183
10.1.1. Observaciones de síntomas físicos u observaciones sensoriales.	183
10.1.2. Inspección térmica.	184
10.1.3. Análisis del aire en la mina.	184
10.1.3.1. Análisis de muestras tomadas a distancias.	185
10.2. Otros métodos para confirmar la alerta o localizar el calentamiento.	188

CAPÍTULO 11. Lucha contra fuegos e incendios.

Introducción.	191
11.1. Principios básicos en la lucha contra fuegos e incendios.	191
11.2. Métodos de lucha.	192
11.2.1. Ataque directo del fuego.	192
11.2.2. Estanqueificación superficial.	192
11.2.2.1. El gunitado.	193
11.2.3. Otros métodos de estanqueificación de los terrenos.	193
11.2.3.1. Las espumas.	193
11.2.3.2. El mortero.	193
11.2.3.3. La bentonita.	193
11.2.4. Reglas para abrir campos de fuegos e incendios.	194
11.2.5. Reglas para trabajar en atmósfera pobre en oxígeno.	194
11.2.6. La lucha contra el fuego por equilibrado de presiones.	195
11.2.6.1. Teoría del equilibrio de presiones.	195
11.2.6.1.1. Por qué equilibrar.	195
11.2.6.1.2. Cómo equilibrar las presiones.	196
11.2.6.1.3. Dónde se debe equilibrar.	199
11.2.7. La lucha contra fuegos mediante la construcción de tabiques de presión nula.	204
11.2.8. Seguridad en las intervenciones de lucha.	205
11.3. Consideraciones sobre los agentes extintores más frecuentemente utilizados en la lucha contra el fuego.	206
11.3.1. El agua.	206
11.3.2. Las espumas.	207
11.3.2.1. Espumas químicas.	207
11.3.2.2. Espumas físicas.	207

CAPÍTULO 12. Conclusiones y recomendaciones.

12.1. Conclusiones.	210
12.2. Recomendaciones.	211



ANEXOS

- ANEXO I** Neumoconiosis del minero.
 - ANEXO II** Fundamentos legales de la seguridad e higiene ocupacional en México.
 - ANEXO III** Rozadora JOY 4LS.
 - ANEXO IV** Fortificación.
 - ANEXO V** Ventilación.
 - ANEXO VI** Equipo de transporte.
 - ANEXO VII** Producción.
 - ANEXO VIII** Diagrama unifilar de la Mina III - MIMOSA.
 - ANEXO IX** Planos de la Mina III – MIMOSA.
 - ANEXO X** Gráficas y fotografías de las técnicas analíticas.
 - ANEXO XI** Incombustibilidad de la Mina III – MIMOSA.
 - ANEXO XII** Monitoreo de gases en el ambiente en las inmediaciones de la F.L. 5 Ote. de la Mina III – MIMOSA.
 - ANEXO XIII** Monitoreo de gases en zonas ya minadas de la Mina III – MIMOSA.
- GLOSARIO**



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Publicación de un accidente de trabajo.	17
Figura 3.1.	Energías de reacción.	42
Figura 3.2.	Tetraedro del fuego.	45
Figura 3.3.	Curva normalizada para ensayos de resistencia al fuego.	50
Figura 3.4.	Curvas de tiempo – temperatura reales comparadas con la curva normalizada.	52
Figura 3.5.	Curvas de fuego natural y de fuego lento.	53
Figura 3.6.	Triángulo de Coward para el CH ₄ , H ₂ y CO.	59
Figura 3.7.	Triángulo de Coward que representa la mezcla dada en el ejemplo.	61
Figura 3.8.	Diagrama de explosividad del Bureau de Minas.	62
Figura 3.9.	Espectro de Longitud de Onda de la Luz.	64
Figura 3.10.	Comparación de tamaño de partículas de polvo y humo.	65
Figura 3.11.	Tamaño de contaminantes transportados por el aire.	66
Figura 4.1.	Estructura probable de la materia carbonosa.	72
Figura 4.2.	Representación tridimensional de una molécula de carbón.	72
Figura 4.3.	Estructura molecular del lignito.	72
Figura 4.4.	Estructura molecular del carbón bituminoso ó hulla.	72
Figura 4.5.	Identificación de los diferentes tipos de carbón.	73
Figura 4.6.	Representación esquemática del proceso de carbonización.	74
Figura 4.7.	Clasificación de los carbones de acuerdo a las normas ASTM.	80
Figura 5.1.	Sin título.	96
Figura 6.1.	Croquis (planta) general de la Mina III - MIMOSA.	102
Figura 6.2.	Plano de localización de las cuencas carboníferas.	103
Figura 6.3.	Plano de localización de la cuenca Sabinas - Monclova.	104
Figura 6.4.	Columna geológica de la región carbonífera del estado de Coahuila.	106
Figura 6.5.	Columna estratigráfica de la Mina III - MIMOSA.	110
Figura 6.6.	Desgasamiento de capas carboníferas por el método de desgasamiento horizontal.	121
Figura 6.7.	Desgasamiento de capas carboníferas por el método de perforación en caídos.	121
Figura 7.1.	Sucesión de ensayos para determinar la susceptibilidad del carbón al autocalentamiento.	140
Figura 7.2.	Dispositivo utilizado para estudiar la reacción entre el agua oxigenada y el carbón.	141
(a y b)		
Figura 7.3.	Ensaye en agua oxigenada de una serie de muestras.	142
Figura 7.4.	Índices de reactividad al agua oxigenada.	143
Figura 7.5.	Principio de funcionamiento del calorímetro.	144
Figura 7.6.	Curvas de potencia térmica-tiempo en carbones franceses.	145
Figura 7.7.	Calores diferenciales de oxidación. Carbones de Lorena.	146
Figura 7.8.	Calores diferenciales de oxidación. Carbones del Norte y de Cévennes.	146
Figura 7.9.	Esquema del aparato volumétrico a presión constante.	147
Figura 7.10.	Fijación del oxígeno bajo 15 cm de Hg.	148
Figura 7.11.	Fijación del oxígeno bajo 15 cm de Hg. Coordenadas logarítmicas.	149
Figura 7.12.	Efecto de la granulometría sobre una muestra de Merlebach.	150
Figura 7.13.	Efecto de la granulometría sobre una muestra de Chuzins.	150
Figura 7.14.	Efecto de la granulometría sobre una muestra de Merlebach. Coordenadas logarítmicas.	150
Figura 7.15.	Variación de la cantidad de oxígeno fijada al cabo de 200 h en función del poder reflector.	151
Figura 7.16.	Variación de la cantidad de oxígeno fijada al cabo de 10 minutos en función de fusinita.	151



Figura 7.17.	Perfiles típicos DTG o combustión.	153
Figura 7.18.	Perfil DTG o combustión de la muestra de carbón.	154
Figura 7.19.	Perfil DTG o combustión de la muestra de carbón.	154
Figura 9.1.	Esquemas de ventilación.	157
Figura 10.1.	Monitoreo de gases en el ambiente.	185
Figura 11.1.	Dos ventiladores principales.	197
Figura 11.2.	Doble puerta.	198
Figura 11.3.	Puente de ventilación.	199
Figura 11.4.	Comunicación cuartel-antiguas labores.	200
Figura 11.5.	Comunicación entre cuarteles por antiguas labores.	200
Figura 11.6.	Comunicación entre tajos vecinos.	200
Figura 11.7.	Reducción de la pérdida de carga a lo largo de una galería.	202
Figura 11.8.	Acción bajo la presión en una galería.	203
Figura 11.9.	Igualación de cargas entre dos galerías.	204
Figura 11.10.	Tabique de presión nula.	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Características diferenciales accidentes de trabajo – enfermedades laborales.	19
Tabla 3.1.	Características de Inflamabilidad.	47
Tabla 3.2.	Límites máximos de exposición a los gases presentes en la mina.	56
Tabla 3.3.	Concentración de gases en una atmósfera minera en caso de un incendio.	57
Tabla 3.4.	Límites de explosividad de gases combustibles.	57
Tabla 3.5.	Coordenadas de los vértices de los triángulos de explosividad de Coward.	58
Tabla 3.6.	Volumen de nitrógeno (N ⁺) que debe ser adicionado para que los gases no sean explosivos.	60
Tabla 3.7.	Elección del agente extintor de acuerdo a la clase de fuego que se presenta.	70
Tabla 4.1.	Edades geológicas	75
Tabla 4.2.	Propiedades del carbón según su rango.	79
Tabla 6.1.	Propiedades físicas del carbón en la Mina III-MIMOSA.	103
Tabla 6.2.	Características de las subcuencas carboníferas de la cuenca Sabinas – Monclova.	107
Tabla 6.3.	Reservas in-situ del panel 5 Ote. Mina III - MIMOSA.	111
Tabla 6.4.	Cabeza motriz “stephanoise” para transportador de banda horizontal.	129
Tabla 6.5.	Datos de equipo de transporte.	130
Tabla 7.1.	Análisis orgánico elemental.	152
Tabla 7.2.	Análisis próximo y poder calorífico.	152
Tabla 7.3.	Clasificación de los macerales y sus características.	160
Tabla 9.1.	Determinación de la incombustibilidad en las galerías de la mina.	178
Tabla 10.1.	Lecturas promedio del monitoreo de gases en el ambiente en las inmediaciones de la Fte. 5 Ote.	186



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1. (a, b y c)	Situación de los trabajadores mineros durante la época colonial.	8
Fotografía 1.2.	Condiciones reales del medio laboral minero.	13
Fotografía 1.3.	Condiciones de trabajo: fatiga física.	15
Fotografía 1.4.	Condiciones de trabajo fatiga física y mental.	15
Fotografía 3.1.	Riesgo de autocalentamiento de un carbón en contacto directo con la atmósfera.	41
Fotografía 3.2.	Detalle donde se observa el combustible en fase sólida (carbón) en proceso de combustión originado por el oxidante.	41
Fotografía 3.3.	Carbón humeando sin llama.	42
Fotografía 3.4.	Carbón incandescente.	43
Fotografía 3.5.	Carbón en llama.	43
Fotografía 3.6.	Riesgo de incendio provocado por la dispersión de material combustible en el ambiente laboral.	44
Fotografía 3.7.	Riesgo de incendio por calentamiento, derivado del rozamiento entre los rodillos y la banda.	44
Fotografía 3.8. (a y b)	Riesgo de fuego derivado del funcionamiento anómalo o mal mantenimiento de las instalaciones eléctricas.	44
Fotografía 3.9.	En la Mina III - MIMOSA se tiene como potencial contribución a la propagación del fuego la existencia de troncos de madera seca (monos).	49
Fotografía 3.10.	Ejemplos de situación riesgosa en el cañón principal de la Mina III – MIMOSA: cables de media tensión deteriorados (a la izquierda) y de acto inseguro (a la derecha).	51
Fotografía 3.11.	Prácticas reales de uso de equipos de extinción (extintores).	69
Fotografía 4.1.	Material vegetal fosilizado en muestra carbonosa.	74
Fotografía 4.2.	Componentes del carbón.	77
Fotografía 5.1.	Falla geológica en la frente de investigación (F.L. 5 Ote.).	94
Fotografía 6.1.	Rozadora.	113
Fotografía 6.2.	Tambor de la rozadora de Mina III - MIMOSA.	113
Fotografía 6.3.	Rozadora Joy 4LS en el taller eléctrico de Mina III - MIMOSA.	114
Fotografía 6.4.	Rozadora trabajando Mina III - MIMOSA.	114
Fotografía 6.5. (a y b)	Transportador blindado.	115
Fotografía 6.6.	Detalle de la unión en el transportador blindado.	115
Fotografía 6.7.	Detalle de las rejetas del transportador blindado.	115
Fotografía 6.8. (a y b)	Ademes caminantes.	116
Fotografía 6.8. c)	Centro de mando.	117
Fotografía 6.9.	Sistema eléctrico (tren de controles eléctricos).	118
Fotografía 6.10.	Extractor Principal (en superficie).	122
Fotografía 6.11.	Extractor secundario (en superficie).	122
Fotografía 6.12.	Vista general con ambos extractores.	122
Fotografía 6.13.	Álabes no fijos.	123
Fotografía 6.14.	Álabes fijos.	123
Fotografía 6.15.	Motor diesel que alimenta al extractor secundario.	123
Fotografía 6.16.	Subestación eléctrica que alimenta al extractor principal.	123
Fotografía 6.17.	Acumulación de polvo de carbón y polvo inerte en los alrededores de las bandas transportadoras.	128



Fotografía 6.18.	Transferencia de material de una banda a otra.	128
Fotografía 6.19.	Semoviente utilizado para acarrear materiales. (a y b)	129
Fotografía 6.20.	Controles de la locomotora.	130
Fotografía 6.21.	Presentando un cable de alta tensión que está unido al tren de control eléctrico, y se observa que están los cables sin protección de plástico, lo cual presentará una chispa en el interior.	131
Fotografía 6.22.	Se muestra lo complicado de la instalación eléctrica en el interior de la mina.	131
Fotografía 6.23.	Material de protección.	131
Fotografía 6.24.	Teléfono.	132
Fotografía 6.25.	Cofre.	132
Fotografía 6.26.	Bultos de dolomita junto al tren de distribución eléctrica.	132
Fotografía 6.27.	Empalme de los cables.	133
Fotografía 6.28.	Transformador con protección.	133
Fotografía 6.29.	Fusibles del cofre.	134
Fotografía 6.30.	Transformador.	134
Fotografía 6.31.	Tornillo en un blindado.	135
Fotografía 6.32.	Palanca de corte eléctrico.	135
Fotografía 6.33.	Locomotora Goodman.	135
Fotografía 6.34.	Estación de Mina III - MIMOSA en el exterior.	136
Fotografía 6.35.	Transformador 315 KVA de 440 kilo voltios.	136
Fotografía 7.1.	Hulla – analizada (muestra de mano).	159
Fotografía 7.2.	Muestra carbón en lámina delgada.	161
Fotografía 7.3.	Muestra carbón montada en superficie pulida.	161
Fotografía 7.4.	Muestra carbón.	161
Fotografía 10.1.	Equipo para cuantificar la presencia de gases en la atmósfera minera.	185
Fotografía 10.2.	Equipo de monitoreo permanente de CH ₄ .	188

ÍNDICE DE DIBUJOS, DIAGRAMAS, CROQUIS, CUADROS Y ESQUEMAS

Esquema 1.1.	Relación "trabajo - salud – ambiente".	12
Esquema 1.2.	Daños derivados del trabajo.	16
Dibujo 3.1.	Forma de transmisión del calor por conducción.	54
Dibujo 3.2.	Forma de transmisión del calor por convección.	54
Dibujo 3.3.	Transmisión del calor por radiación.	55
Dibujo 3.4.	Transmisión del calor por contacto directo con las llamas.	55
Dibujo 3.5.	Distribución y dispersión del humo.	65
Croquis 6.1.	Localización de la Mina III - MIMOSA.	101
Diagrama 6.1.	Diagrama esquemático de la frente de estudio 5 Ote. (Frente larga).	112
Dibujo 6.1.	Representación del sistema de ventilación "Homotropical".	124
Dibujo 6.1.a.	Representación del sistema de ventilación "Homotropical".	125
Diagrama 7.1.	Plantilla de muestreo.	139
Cuadro 8.1.	Cuadro de valoración del riesgo de Incendios.	165
Cuadro 8.1.a.	Cuadro de valoración del riesgo de Incendios.	166



PRÓLOGO

La tesis que aquí se desarrolla trata un tema de gran importancia en México, y en especial en la zona carbonífera de Coahuila y éste es la seguridad en las minas de carbón, es de sobra conocido por los profesionistas del sector que los accidentes en las minas de carbón son más comunes que en las minas de otros materiales debido a las características intrínsecas del carbón. Uno de los problemas principales es la prevención de incendios o explosiones en dichas minas.

El gobierno Federal junto con el gobierno del estado de Coahuila han realizado grandes esfuerzos para prevenir la ocurrencia de accidentes en las minas de carbón; sin embargo, todavía hay mucho que hacer en lo que se refiere a la legislación en la materia.

Un tema de primordial importancia y que transgrede el ámbito de la seguridad *per se* es el gas contenido en las capas de carbón, el cuál es el parámetro principal a controlar para la explotación del carbón y la prevención de incendios. Este gas, por otro lado, una vez extraído de la mina y diluido ya por la ventilación, es desperdiciado tirándolo a la atmósfera aumentando así el efecto de invernadero, y violando el Protocolo de Kyoto al que nuestro país se ha adherido. Solo en las minas operadas por la empresa MIMOSA se tiran 4.2 millones de m³ al mes de gas metano que no puede ser utilizado debido a una legislación obsoleta y a un falso nacionalismo. El uso de este gas permitiría rebajar más eficientemente el contenido de gas en las capas de carbón antes de su explotación aumentando así la seguridad en las minas, reduciría la importación de energéticos en nuestro País y contribuiríamos en forma real a disminuir el efecto atmosférico invernadero que tanto afecta a nuestro país y al mundo.

Por otro lado el tema de la prevención de incendios en capas carboníferas que tratan los autores de esta tesis desde el punto de vista del estudio de los factores que afectan el autocalentamiento y la autoinflamación del carbón es novedoso en la literatura especializada en México.

La nueva norma NOM-023-STPS-2003 es un claro ejemplo de esto: su texto muestra una preocupación del Comité correspondiente por definir los criterios para la protección y combate contra incendios, más no se menciona nada acerca de la prevención por medio del estudio de los parámetros que inciden en su ocurrencia espontánea. Aunque se obliga a los patrones a hacer un análisis de riesgos. La probabilidad de ocurrencia la basan en la estadística histórica de accidentes ya ocurridos midiéndola en función de accidentes por unidad de tiempo, y no como lo sugieren los autores de esta tesis en un cálculo de probabilidad objetivo y numérico basado en estudios de las características geológicas de las capas de carbón, su contenido de gas, los posibles métodos de explotación y de ventilación, y las condiciones ambientales de la mina.



Esta tesis es un ejemplo del trabajo de las nuevas generaciones hacia una legislación más apagada a la realidad del mundo moderno en que vivimos y que indudablemente tendrán un impacto en la revisión, que por ley se establece, de la norma NOM-023 en su momento.

Dr. Francisco Querol Suñé, Asesor Especial.
Coordinación General de Minería.
Secretaría de Economía.



INTRODUCCIÓN

El fuego se define como un desprendimiento simultáneo de calor, luz y de llama producto de la combustión de ciertos cuerpos. Un incendio es un fuego en propagación que causa y hace destrozos (devastación). Según estas definiciones no hay entre fuego e incendio más que una diferencia de intensidad lumínica y calorífica.

El fuego en una mina de carbón es la combustión viva o lenta resultante de un calentamiento espontáneo del carbón, es decir, alimentada y desarrollada sin aporte exterior de calor, y constituye la última fase de una serie de procesos físico - químicos, en los que influyen los factores geológico - mineros de la capa, los derivados del método y condiciones de la explotación.

Los incendios representan una amenaza constante para la seguridad de los mineros y para la capacidad productiva de las explotaciones mineras del carbón y figuran tradicionalmente entre las catástrofes industriales más devastadoras, ya que pueden abarcar zonas muy amplias y extenderse aun más si no se les presta atención inmediata. Algunas de las consecuencias de un incendio declarado en una explotación subterránea son: Intoxicación (envenenamiento), asfixia (la respiración se suspende de por falta de oxígeno), quemaduras, etc.

Actualmente la creciente preocupación por minimizar el riesgo de fuego en las capas carboníferas, por parte de los países productores del carbón, han dirigido los esfuerzos de los investigadores a intentar clasificar las capas carboníferas de acuerdo a su predisposición natural al autocalentamiento, mediante el estudio del método de explotación, sistemas de ventilación, las características físico - químicas de la mineralización, etc.

El presente trabajo tiene por objeto, en el marco de la investigación, la evaluación, prevención y control del riesgo de fuego e incendio en una mina subterránea carbonífera, en una específica frente de trabajo, a través de la identificación, conocimiento, análisis y estudio de las condiciones geomedioambientales innatas de cara a una probable autoignición de la materia carbonosa.

Así pues el objetivo segundo de esta tesis, después de el de la determinación del grado de riesgo, es la evaluación del nivel de implementación de las técnicas preventivas frente a las del control del riesgo y la de protección frente a él. Tal y como se verá a lo largo de todos los capítulos la prevención queda relegada a un plano inferior en el riesgo de autoinflamación del carbón y por tanto en la generación de un potencial fuego (incendio).

Es, en realidad, la autoinflamación del carbón, el riesgo que ocupa la investigación de este trabajo, que ha de ser analizado meticulosamente a fin de comprender el cómo, cuándo, dónde y por qué su materialización puede causar grandes daños y lesiones, a la propiedad empresarial y a los recursos humanos que en ella trabajan; el estudio de los diferentes capítulos que conforman este trabajo permite, de manera ordenada y técnica, el análisis de los múltiples factores que propician este fenómeno.



Adelantando que, la autoinflamación del carbón va a depender de las características del yacimiento, del método de explotación y de otros factores de evolución (desarrollo de la fisuración y crecimiento de los caudales de fuga, así como de las propias características del carbón), se puede evidenciar un alto grado de complejidad en el estudio del riesgo en sí.

El presente trabajo de investigación se podrá comprender de una mejor forma si éste, en su conjunto, se divide en tres partes. La primera versa sobre la teoría introductiva a la aplicación y se encuentra comprendida en los primeros cinco capítulos, en donde se tratan los conceptos básicos de la P.R.L. (*Prevención de Riesgos Laborales*), los fundamentos legales de la seguridad e higiene ocupacional en México (enmarcado en el ámbito minero), el estudio y teorías del fuego, los fundamentos teóricos de la autoinflamación del carbón y los factores geomedioambientales que intervienen en la misma.

La segunda parte trata sobre la investigación y aplicación práctica del presente estudio, estando comprendida en los capítulos 6 al 8. En el capítulo 6 se describen las condiciones geomedioambientales de la Mina III - MIMOSA al momento del estudio, siempre desde el punto de vista de la seguridad integral laboral. En el capítulo 7 se describen una sucesión de ensayos de muestras en laboratorio, trabajo éste indispensable para determinar la susceptibilidad del carbón en estudio (hulla) al autocalentamiento.

El capítulo 8 reúne de manera organizada, toda la información recabada, investigada y contenida en los capítulos anteriores, consiguiendo realizar la valoración del riesgo de incendio en una labor determinada (F.L. 5 Ote.). Se hace pues, necesario exponer una serie de métodos que tienen como punto de partida los parámetros que tienen más influencia en la formación de combustiones espontáneas, para lo que se emplearon 3 métodos distintos:

- Cuadro auxiliar para valorar el riesgo de incendio.
- Índice de riesgo.
- Método S.E.S. (Sistema Especializado Sponcom).

Estos tres métodos coinciden, y con una aceptable semejanza, en dar un mismo resultado o valoración del riesgo de incendio en la frente en estudio (F.L. 5 Ote.).

La tercera parte analiza las técnicas de prevención y control del riesgo; están comprendidos en esta parte los capítulos 9 al 11. En el capítulo 9 se describen distintas técnicas para prevenir el riesgo de fuego desde una perspectiva teórica, que contribuyen a reducir los peligros debidos a la combustión espontánea del carbón. Estas técnicas deben ajustarse de acuerdo a las condiciones propias geomedioambientales que presenta la explotación de manera particular. El lector podrá encontrar aquí las herramientas disponibles aplicables en materia de prevención del riesgo, especificando que, y aún no siendo el objetivo principal de esta tesis, será de obligado análisis la evaluación de cuál o cuáles de ellas son de utilidad para caso de estudio específico.

En el capítulo 10 se describen las manifestaciones físicas que se pueden presentar en el interior de la mina y que permiten detectar oportunamente un fuego antes de que se propague.



Aún existiendo numerosos estudios e investigaciones, plasmados en variada y reconocida bibliografía, no se puede ignorar el hecho de que es, en verdad, sumamente complicado detectar precozmente un fuego por autoencendido; la elevación de la temperatura y el desprendimiento de los productos en un *proceso mixto de destilación-combustión*, son dos de las “características” ambientales más identificadoras de la materialización de este riesgo.

En el capítulo 11 se describen distintas técnicas para controlar y extinguir un calentamiento o un fuego. Cuando el fuego es visible o inaccesible se puede actuar a distancia mediante el aumento de la resistencia de los circuitos de fuga, reemplazamiento del aire que circula por un gas inerte o por agua, etc. En los casos más graves, puede ser necesario aislar el cuartel siniestrado mediante el tabicado o tapón de concreto del mismo (tapón de cierre).

El conocer la existencia de estas “*herramientas prevencionistas y de control*”, aunado –evidentemente– a la propia evaluación del riesgo, habrá de permitir la planeación, estructuración y ejecución de un plan de prevención integral del riesgo.

A buen seguro, el lector observará a lo largo de todo los capítulos que conforman esta tesis, una amplitud y variedad de temas (algunos de ellos tan dispares con respecto a los otros) que podría llegar a llamar especial atención. El por qué de esto responde, o tiene como fundamento, la creación de un texto base que permita la valoración –con posibilidad y flexibilidad de la comprobación del resultado– del riesgo de incendio en las minas subterráneas carboníferas; lo anterior pretendiendo ser un manual técnico –científico de uso práctico para la empresa minera carbonífera subterránea (y en particular para MIMOSA – GAN) y para futuros trabajos de investigación universitarios. La carencia, por una parte, de un texto específico, práctico, compilatorio y completo, que permita a los responsables técnicos y de mando de la empresa minera tomar decisiones acertadas, en tiempo y forma, en esta materia y, por otra, ofrecer una base teórico – práctica que permita un aprendizaje (con soporte en una experiencia real) más certero de aquellos empelados y alumnos que gusten de conocer más a fondo este tema de estudio y que pretendan ponerlo en práctica en el futuro en la actividad minería carbonífera, han permitido concluir este texto tal y como ahora se presenta.

Se extrae, pues, del párrafo anterior la posibilidad de continuar con futuras tesis de investigación en el área de la minería de carbón o de cualquier otro tipo de explotación minera, partiendo de este trabajo. La investigación que en este texto se muestra deberá dar pie a futuros estudios complementarios entre los que se citan: estudios de riesgo higiénico, de comportamiento de materiales, de tecnología mecánica, de organización del trabajo, etc. Es importante señalar la importancia que, para la ejecución de este trabajo, ha tenido la información proporcionada por MIMOSA, a través de la cual se partió hacia la investigación de nuevos datos y a la conclusión del trabajo. Así se resalta la veracidad y realidad de información técnica contenida en el texto, los planos, croquis y fotografías.

Siempre con el ánimo y el objetivo de crear y mantener (siempre que sea posible) una nueva y estrecha vinculación universidad – empresa, basada en la completa confianza y disponibilidad bilateral de dar y recibir, así como en el inequívoco saber del beneficio mutuo que se espera (tal y como ha sucedido a lo largo de todo el tiempo de desarrollo de esta tesis), concluimos esta introducción para dar paso al capítulo 1º de esta tesis.



PARTE I

TEORÍA INTRODUCTIVA DE APLICACIÓN

CAPÍTULO 1

Introducción a la Prevención de Riesgos Laborales (P.R.L.).

CAPÍTULO 2

**Fundamentos Legales de la Seguridad e Higiene
Ocupacional en México.**

CAPÍTULO 3

Estudio del Fuego.

CAPÍTULO 4

**Teorías sobre la autoinflamación del carbón y estudio de los
mecanismos de formación de las combustiones
espontáneas.**

CAPÍTULO 5

Factores de autoinflamación del carbón.



CAPÍTULO 1

Introducción a la Prevención de Riesgos Laborales (P.R.L.).

- 1.1. Evolución histórica de la P.R.L.
- 1.2. Relación entre los conceptos de salud y trabajo.
- 1.3. Conceptos básicos.
- 1.4. Factores de riesgo laboral.
- 1.5. Incidencias sobre los factores de riesgo sobre la salud.
- 1.6. Accidente de trabajo.
- 1.7. Enfermedad profesional.
- 1.8. Justificación de la prevención.
- 1.9. Organismos nacionales e internacionales de la P.R.L.



1.1. Evolución histórica de la P.R.L.

1.1.1. Mundial.

El concepto de seguridad e higiene en el trabajo ha ido evolucionando de la misma forma que se han producido cambios en las condiciones y circunstancias en que el trabajo se desarrolla; es decir, los progresos tecnológicos, las condiciones sociales, políticas, económicas, al influir de forma considerable en su concepción, han definido el objetivo de la seguridad e higiene en cada país y en cada momento determinado.

Durante mucho tiempo, el objetivo de la protección a los trabajadores en caso de accidente o enfermedad profesional, consistió en la reparación del daño causado y de aquí parte la relación histórica con la disciplina prevencionista, la Medicina del Trabajo, en la cual la Seguridad tiene su origen al señalar la necesidad ideal de prevención primaria de los accidentes de trabajo.

En la antigüedad, los esclavos efectuaban la mayor parte de los trabajos manuales, por lo que el primer control utilizado para evitar la incidencia de lesiones fue la aplicación de castigos, sin prestar atención al cómo ni porqué se habían producido las lesiones, ya que se creía que la incidencia de las lesiones sería controlada mediante el sistema de castigos.

Cuatro siglos antes de Cristo, Hipócrates menciona enfermedades entre los obreros mineros y metalúrgicos. Plinio el Viejo, describió las enfermedades pulmonares entre los mineros y los envenenamientos producidos por el manejo de compuestos de azufre y zinc. En el siglo II d.C., Galeno cita en varias ocasiones enfermedades ocupacionales entre los trabajadores de las islas del Mediterráneo.

En el siglo XVI existen textos de Georgius Agrícola y Felippus Paracelsus que describen en sus obras enfermedades profesionales y sistemas de protección y, posteriormente, Ramazzini publicó en 1700 su tratado "De Morbis Artificum Diatriba" sobre enfermedades de los artesanos de un elevado número de profesiones de la época y las condiciones higiénicas recomendables (ventilación, temperatura, prendas de protección, etc.), que le valió el ser considerado como el padre de la Medicina del Trabajo.

La Seguridad e Higiene del Trabajo nace como tal durante la Revolución Industrial iniciada en 1744 en Inglaterra con el rápido desarrollo del vapor como fuente de energía y su aplicación en las grandes industrias, lo que llevó a un aumento considerable en el número de accidentes sin que progresaran de igual forma las técnicas para evitarlos. En 1784 una epidemia de fiebre en las cercanías de Manchester, Inglaterra desarrolló la primera acción en pro de la seguridad por parte del gobierno. En 1795 se formó la Cámara de Salud de Manchester, y en 1802 fue aprobada una ley relativa a la salud y moral de los aprendices. En 1844 se promulgó la primera ley inglesa que regulaba las horas de trabajo de las mujeres adultas a 12 por día, y las leyes con medidas detalladas en pro de la salud y la seguridad de los trabajadores.

La ley de minas de 1842 determina las compensaciones por lesiones previsibles causadas por la maquinaria de las minas no protegida; así como la creación del cargo de inspectores de minas y se excluyó a las mujeres y menores de 10 años del trabajo subterráneo.



En 1850 se inició un programa gubernamental de inspección de la seguridad en las minas, viéndose seguido por la ley de 1855, en la que se especifican siete rubros en las necesidades de seguridad que debían ser evaluados por los inspectores: la ventilación, la protección a los túneles en desuso, la señalización, los manómetros y válvulas adecuadas para las calderas de vapor.

La ley de 1872 extendió las normas generales de seguridad, mejoró la metodología para formular reglas especiales de seguridad, impuso el empleo de gerentes competentes y titulados, y aumentó las inspecciones. Se hizo obligatorio el empleo de lámparas de seguridad y la fortificación de techos y tablas, se reguló el manejo de explosivos. El descuido deliberado en las medidas de seguridad por parte de los patrones o de los mineros sería objeto de prisión a trabajos forzados.

En 1884, Alemania con el Canciller Otto Von Bismarck a la cabeza, plasma el concepto jurídico de que el riesgo de trabajo es creado por el patrón y en consecuencia a éste le corresponde la reparación del daño sufrido por el obrero durante el desempeño de su trabajo.

En los Estados Unidos de Norteamérica, al igual que en Europa, las primeras leyes de fábricas no contemplaban disposiciones técnicas sobre el establecimiento de órganos especiales para su aplicación, ya que suponían que las demandas serían entabladas por los trabajadores accidentados; sin embargo, se comprobó que no presentaban quejas por el temor a ser despedidos.

En la década de 1860 a 1870 se comenzó por designar a supervisores como testigos; en el estado de Massachussets se estableció un organismo de inspección de fábricas en 1867. Wisconsin adoptó su legislación sobre la inspección de fábricas en 1885, y en Nueva York en 1886. Es así como la responsabilidad del empleador en los accidentes de trabajo comenzó a aparecer en la legislación de los diferentes estados de la Unión Americana, y las compañías de seguros fueron asumiendo gradualmente dicha responsabilidad. Estas últimas designaron inspectores para garantizar la observancia de las medidas de seguridad dentro de las empresas aseguradas.

Sin embargo, fue a principios del siglo XX cuando el concepto de Seguridad e Higiene comenzó a conseguir importancia especialmente motivado por la creación de la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.), en 1918, con su servicio de Seguridad y Prevención de Accidentes en 1921 y la gran aportación que supuso la denominada Escuela Americana de Seguridad del Trabajo con sus grandes representantes: Heinrich, Simonds, Grimaldi, Bird, etc.

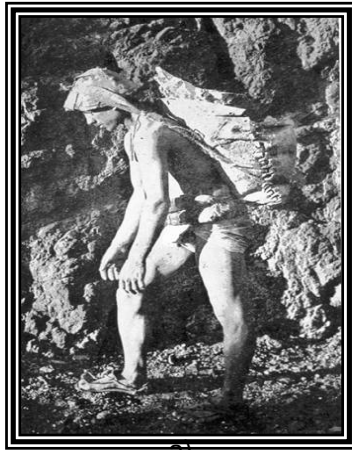
1.1.2. En México.

Remontándonos un poco dentro de la historia mexicana, encontramos en la época colonial a las Leyes de Indias como el primer intento por proteger a los trabajadores indígenas de los abusos sistemáticos de los españoles, con medidas preventivas de los riesgos de trabajo y vigentes en el año de 1680, aunque esta preocupación solamente quedó en una declaración de intenciones sin efecto práctico.

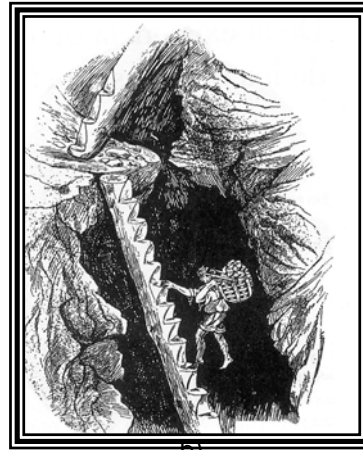


Entre las disposiciones de las Leyes de Indias relativas a la protección del trabajador indígena, destacan:

- a) Ley XIV. Título VII. Libro VI; expedida por Carlos V, el 12 de septiembre de 1533 “Ningún trabajador cargará bultos con un peso mayor de 2 arrobas (50 kilogramos aproximadamente)” y el 6 de febrero de 1538 “Se prohíbe que los menores de 18 años acarreen bultos” (ver fotografía 1.1a).
- b) Ley IX. Título XV. Libro IV; expedida por Felipe III el 25 de enero de 1609: “Que las minas no se labren por partes peligrosas, y se procure que los indios trabajen en ellas por su voluntad” (ver fotografía 1.1b).
- c) Ley III. Título VI. Hoja No.31, expedida por Felipe III: “Que los obreros trabajen 8 horas cada día, como convenga” (ver fotografía 1.1c).



a)



b)



c)

Fotografía 1.1. a), b) y c) Situación de los trabajadores mineros durante la época colonial.
(Fuente: Ruiz de Esparza, José. “México de oro y plata”. México, JGH Editora, 1995).

En la Constitución Política de 1857, la relación obrero patronal tiene el carácter de una relación del derecho civil: un individuo arrienda a otro para su servicio. El derecho civil mexicano se regía por el principio de la culpa, el cual estaba fundamentado en el artículo 1382 del Código Civil Francés que se basa en el principio de libre albedrío, y suponía que al aceptar un trabajador el prestar sus servicios, aceptaba implícitamente los riesgos de trabajo que ofrecía, por lo que sólo podía aspirar a la reparación del daños, sólo cuando comprobaba la culpabilidad o negligencia del patrón.



Durante el Porfiriato, las condiciones de vida de los obreros y jornaleros industriales, eran en extremo miserables ya que estaban sujetos a jornadas de 12 a 14 horas diarias de trabajo con salarios de 18 a 37 centavos al día. En el caso de los accidentes de trabajo, algunas empresas pagaban de 10 a 15 pesos por la pérdida de un brazo o de una pierna, más los gastos del hospital.

Antes de la revolución de 1910, sólo se contaba con dos leyes locales referentes a la protección en el trabajo, en las que se reconocía el accidente de trabajo y la indemnización del patrón al trabajador. La del gobernador del Estado de México, José Vicente Villada en 1904 y la del gobernador de Nuevo León Bernardo Reyes en 1906.

El gobernador del Estado de México, Vicente Villada en 1904, presentó un dictamen sobre adiciones al artículo 1787 del Código Civil de 1884, el cual en su artículo 30 decía que cuando con motivo del trabajo que se encargue a los trabajadores asalariados estos sufrieran alguna lesión o enfermedad que les impidiera trabajar, la empresa que reciba los servicios, estaría obligada a pagar sin perjuicio del salario. La relación de trabajo era considerada por el Código Civil de 1884, como un contrato de arrendamiento de trabajo, en donde el patrón tenía como obligación al trabajador, el ser atendido en el hospital del patrón o de pagarle los gastos médicos en el hospital de la localidad.

La Ley de Accidentes de Trabajo de Bernardo Reyes del 9 de noviembre de 1906, la cual fijaba la responsabilidad civil a los propietarios de empresas donde se utilizara una fuerza distinta de la del hombre, e incluía a las empresas de minas y canteras de construcción, funciones de carga y descarga, transportes y otras cuando en ellas ocurrieran accidentes a sus empleados y operarios en el desempeño de su trabajo.

En 1907, Rodolfo Reyes presentó al Ministerio de Fomento, un Proyecto de Ley Minera, en la que aparecían varias disposiciones tendientes a proteger al trabajador y a sus familias, planteándose por primera vez la posibilidad de convertir en materia federal el trabajo, pues hasta ese tiempo estaba reservada a entidades federativas y se regía por las disposiciones del derecho común.

Fue hasta la Revolución mexicana de 1910, cuando se retomó el asunto de la protección o seguridad e higiene en los lugares de trabajo, con el Programa y Manifiesto a la Nación Mexicana de la junta Organizadora del Partido Liberal Mexicano.

La Constitución de 1917 es de gran trascendencia dentro de la evolución laboral, al señalar en el artículo 123:

- La fijación de jornada máxima de ocho horas.
- La indemnización por despido injustificado.
- El derecho de asociación y de huelga por parte de los trabajadores.
- El establecimiento de normas en materia de previsión y seguridad social.

Dichos derechos sociales iniciaron la reglamentación en los Estados y la Ley Federal del Trabajo de 1931, la cual es revisada, modificada y puesta en vigor el 1º de mayo de 1970.



En 1932 se creó el Departamento del Trabajo como un organismo autónomo, con subordinación directa al titular del Poder Ejecutivo Federal. Entre las atribuciones del Departamento destacaron:

- Propuestas de iniciativas, aplicación y vigilancia de las Leyes Federales del Trabajo y su Reglamento.
- Promoción de congresos y reuniones nacionales e internacionales en materia laboral.
- Creación de comisiones mixtas y otros órganos preventivos y conciliadores de conflictos.

Diez años después, el Departamento del Trabajo, quedó obsoleto ante las características y complejidad de los problemas laborales; y por tal motivo, el 31 de diciembre de 1940, se reformó la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado para crear la S.T.P.S. (Secretaría del Trabajo y Previsión Social), cuya organización permitiría hacer frente a las nuevas condiciones que se habían presentado.

El 29 de diciembre de 1976 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, con lo cual se reformularon las atribuciones de la S.T.P.S., dando especial énfasis a los aspectos de promoción de las oportunidades de empleo, la organización, registro y vigilancia de toda clase de sociedades cooperativas, a la elevación de la productividad del trabajo y a la seguridad e higiene industrial, además de las funciones que tradicionalmente ha desarrollado para procurar el equilibrio de los factores de la producción y elevar los niveles de bienestar del trabajador y su familia bajo el principio de justicia en las relaciones laborales.

En enero de 1978 se reformaron las fracciones XII, XIII, XXXI del apartado A del artículo 123 Constitucional, en las que se establece que los patrones tienen la obligación de proporcionar capacitación y adiestramiento en el trabajo, y se federalizó la aplicación de las normas laborales en varias ramas industriales y la seguridad e higiene en el trabajo.

En abril de 1978, la Ley Federal del trabajo se modificó, destacando el artículo 538, que determina la creación de un órgano desconcentrado dependiente de la S.T.P.S., denominado Unidad Coordinadora de Empleo, Capacitación y Adiestramiento, cuya principal atribución es el servicio Nacional de empleo, Capacitación y Adiestramiento. El 5 de junio de 1978, se expidió un nuevo Reglamento Interior de la S.T.P.S. que incluye el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, ordenamiento que reúne las medidas preventivas de accidentes y de higiene en el trabajo y el reglamento de la Unidad Coordinadora de Empleo, Capacitación y Adiestramiento que determina la competencia, estructura y atribuciones de dicha unidad.

Cabe mencionar que entre las instituciones gubernamentales involucradas en materia de seguridad e higiene en el trabajo se encuentran el I.S.S.S.T.E., el I.M.S.S., la Secretaría de Salud, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. En México la serie ISO 9000 elaborada para la administración de la calidad, está contenida en las Normas Oficiales Mexicanas (N.O.M.).



1.2. Relación entre los conceptos de salud y trabajo.

El medio ambiente laboral de los trabajadores mineros por las características propias de las minas (en este caso subterráneas), está en constante transformación, es decir, trabajan en galerías estrechas con escasa luz, ventilación indirecta, con altos niveles de humedad, con la posibilidad de padecer incendios, en presencia de polvo, etc., que son algunos de los factores causantes de la existencia de riesgos laborales que podrán derivar en accidentes o enfermedades de trabajo, al ser la mina un centro laboral en continuo movimiento, es decir, que las condiciones físicas y geológicas del terreno y del trabajo en sí van cambiando cada día.

A pesar de los importantes esfuerzos realizados en muchos países, la tasa mundial de víctimas mortales, lesiones y enfermedades entre los mineros demuestra que, la minería sigue siendo uno de los trabajos más peligrosos en relación con el número total de trabajadores dedicados a esta actividad.

La minería, que sólo emplea al 1 % del total de trabajadores, es responsable de cerca del 8 % de los accidentes laborales mortales (15.000 al año aproximadamente). A pesar de no disponer de datos confiables sobre accidentes, resulta significativo su número así como el de trabajadores afectados por enfermedades profesionales (neumoconiosis, pérdida de audición y lesiones causadas por vibraciones), cuya incapacitación prematura e incluso fallecimiento son directamente atribuibles al trabajo.

En el punto 1.8., apartado 1.8.1. “Estadísticas de la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.) en México” se incluye información complementaria referente a lo analizado en los párrafos anteriores.

El *trabajo* es una de las cualidades distintivas del ser humano, ya que mediante él, el hombre satisface sus necesidades biológicas, personales y sociales. El trabajo tiene dos características fundamentales: la tecnificación y la organización. La primera hace referencia a la utilización de maquinaria y herramientas que facilitan al hombre la transformación del medio ambiente. Mediante la organización, se coordinan y planifican las tareas para realizarlas con el menor esfuerzo posible.

La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) define *salud* como “el estado completo de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de daño o enfermedad”.

Al integrar estos dos conceptos, la O.I.T. (Organización Internacional del Trabajo) y la O.M.S., definen a la *salud laboral* como una actividad que “tiene como finalidad fomentar y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social de los trabajadores de todas las profesiones, prevenir todo daño a la salud de estos por las condiciones de trabajo, protegerlos en su empleo contra los riesgos para la salud y colocar y mantener al trabajador en un empleo que convenga a sus aptitudes psicológicas y fisiológicas”.

La Seguridad Integral Laboral se basa en las consecuencias de la interacción entre el trabajo, como origen de riesgo, y la salud, como un bien preciado para el hombre que puede verse alterado por el trabajo. El equilibrio individual de la salud, depende del correcto funcionamiento de su estructura orgánica y psíquica, y de los factores ambientales, incluyendo las condiciones de trabajo.



Por ambiente o condiciones de trabajo no sólo se debe entender a los factores de naturaleza física, química o técnica que pueden existir en el puesto de trabajo, sino que también deberán considerarse aquellos otros factores de carácter psicológico o social que puedan afectar de forma orgánica, psíquica o social la salud del trabajador (esquema 1.1. Relación “trabajo – salud – ambiente”).

El ambiente de trabajo se subdivide en:

➤ *Ambiente físico.*

Se forma por los factores ambientales que pueden dañar la salud física y orgánica del trabajador, comprendiendo:

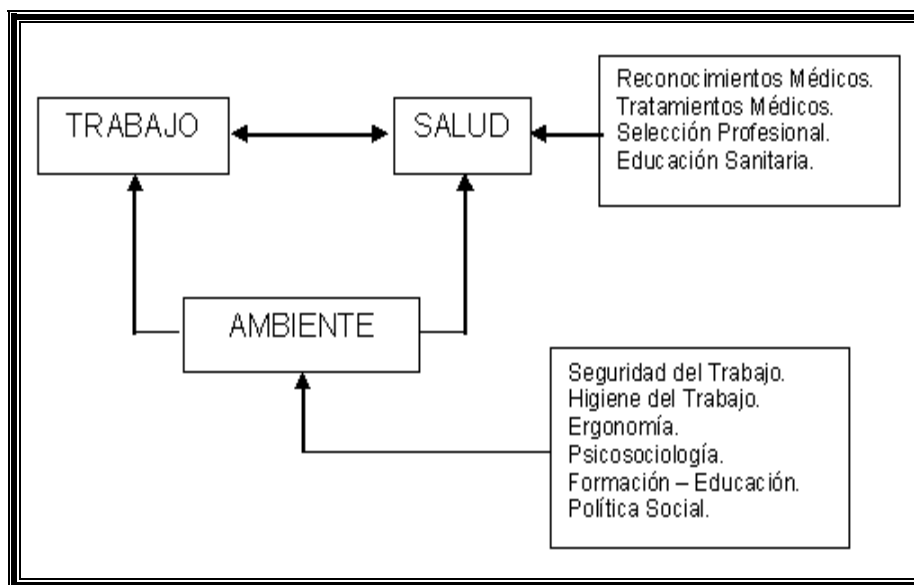
- Factores mecánicos: elementos móviles, cortantes, etc., de la maquinaria, herramientas, manipulación, etc.
- Factores físicos: condiciones termohigrométricas, ruido, vibraciones, presión atmosférica, radiaciones, iluminación, etc.
- Factores químicos: contaminantes sólidos, líquidos y gases presentes en el aire.
- Factores biológicos: protozoarios, virus, bacterias, etc.

➤ *Ambiente psicológico.*

Es consecuencia de factores que debido a los sistemas organizacionales del trabajo derivados del desarrollo tecnológico, crea en el trabajador problemas de inadaptación. Insatisfacción, estrés, etc.

➤ *Ambiente social.*

Es consecuencia de las relaciones sociales externas a la empresa, afectadas por los problemas generacionales, cambio en los esquemas de valores, etc., o internos a la empresa, como sistemas de mando, política de salarios, sistema de promoción y ascenso, etc.



Esquema 1.1. Relación “trabajo - salud – ambiente”.

(Fuente: Fernández, Alberto. “Apuntes de Seguridad integral”. Facultad de Ingeniería, UNAM).



La fotografía 1.2 ilustra el complejo ambiente de trabajo que impera en la mina de carbón III - MIMOSA en el área de la tolva: pasillo estrecho para tránsito de personal, material acumulado a los lados de la galería, vigas sobre puntales de madera (como medio de fortificación para conservar la sección de la galería), cables eléctricos, tuberías de agua, atmósfera pulverulenta y aire viciado.



Fotografía 1.2. Condiciones reales del medio laboral minero.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

1.3. Definiciones de conceptos básicos.

1.3.1. De acuerdo con la legislación nacional mexicana.

Accidente de trabajo.

Toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente. Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar de trabajo y de éste a aquel (*Art. 474 de la Ley Federal del Trabajo*).

Enfermedad de trabajo.

Es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios. (*Art. 475 de la Ley Federal del Trabajo*).

Riesgos de trabajo.

Son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo. (*Art. 473 de la Ley Federal del Trabajo*).

Fuente: Trueba Urbina, Alberto; Trueba Barrena, Jorge; "Ley Federal del Trabajo".

1.3.2. De acuerdo al ámbito prevencionista.

Daño.

Es la consecuencia producida por un peligro sobre la calidad de vida individual o colectiva de las personas.



Peligro.

Es todo aquello que puede producir un daño o un deterioro de la calidad de vida individual de las personas. Situación de riesgo inminente.

Prevención.

Técnica de actuación sobre los peligros con el fin de suprimirlos y evitar sus consecuencias perjudiciales. Suele englobar también a la protección.

Protección.

Técnica de actuación sobre las consecuencias perjudiciales que un peligro puede producir sobre un individuo, colectividad, o su entorno, provocando daños.

Riesgo.

La probabilidad de que ante un determinado peligro se produzca un cierto daño, pudiendo con ello cuantificarse.

Fuente: Cortes Díaz, José María. "Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos". México. Alfaomega; 2001.

1.4. Factores de riesgo laboral.

Los riesgos laborales son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo (*Art. 473 de la Ley Federal del Trabajo*). Esta definición no es correcta desde el punto de vista prevencionista ya que los riesgos no son accidentes, los accidentes y enfermedades son la materialización - consecuencia de los riesgos.

Los factores de riesgo laboral se clasifican en:

➤ *Factores o condiciones de seguridad.*

Las condiciones materiales que influyen sobre la accidentabilidad: pasillos, superficies de tránsito, equipo de elevación, vehículos de transporte, herramientas, maquinaria, espacios de trabajo, etc.

➤ *Factores de origen físico, químico, biológico o condiciones medioambientales.*

Los contaminantes físicos (condiciones termohigrométricas, ruido, vibraciones, presión atmosférica, radiaciones, iluminación, etc.); los contaminantes químicos (materiales inertes presentes en el aire como gases, vapores, nieblas, aerosoles, humos, polvos, etc.); contaminantes biológicos (protozoarios, virus, bacterias, etc.), causantes de las enfermedades profesionales.

➤ *Factores derivados de las características del trabajo.*

Las exigencias que una tarea impone al individuo que las realiza (esfuerzos, manipulación de cargas, posturas de trabajo, niveles de atención, etc.) asociadas a cada tipo de actividad y determinantes de la carga de trabajo, tanto física como mental, pudiendo dar lugar a la fatiga.

➤ *Factores derivados de la organización del trabajo.*

Los factores debidos a las Nuevas Formas de Organización en el Trabajo (N.F.O.T.) y a las nuevas tecnologías (N.T.), es decir, tareas que lo integran y su asignación a los trabajadores, horarios, velocidad de ejecución, etc.

Se consideran:

- a) Factores de organización temporal: jornada y ritmo de trabajo, etc.
- b) Factores dependientes de la tarea: automatización, comunicación y relaciones, monotonía, posibilidad de promoción, etc.

La fotografía 1.3 ejemplifica las condiciones de incomodidad a las que los trabajadores se ven sometidos, por ejemplo, en el acceso a la frente larga de la Mina III - MIMOSA (el personal tiene que entrar a gatas y desplazarse sobre la rezaga de carbón que se acumula en esa zona, debido a que el espacio es muy reducido, haciendo necesario que el trabajador pase por encima del blindado).

La fotografía 1.4 ejemplifica el cúmulo de riesgos a los que el trabajador está sometido al propiciar el paso o trabajo sobre una banda transportadora: el esfuerzo, manipulación de cargas, posturas de trabajo, así como el nivel de atención que tiene que poner a la tarea que desempeña e implican un grado superior de recursos físicos y mentales involucrados a los normalmente requeridos en condiciones laborables aceptables.



Fotografía 1.3. Condiciones de trabajo: fatiga física.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).



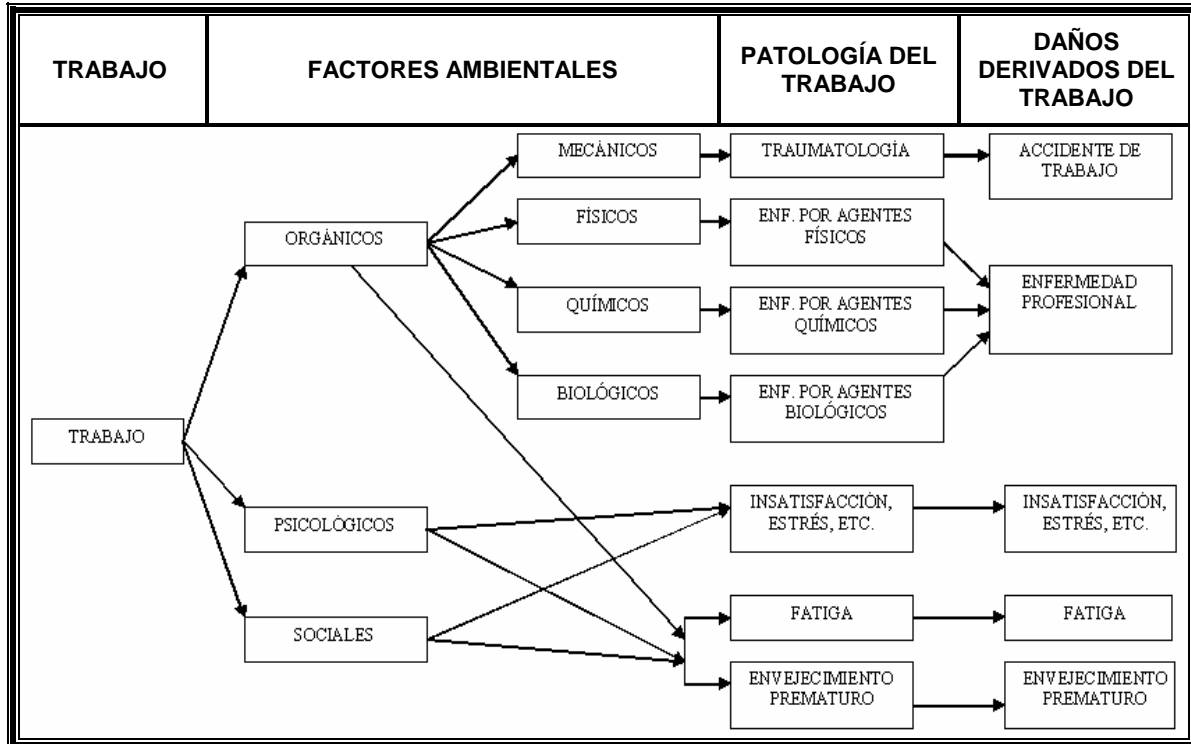
Fotografía 1.4. Condiciones de trabajo fatiga física y mental.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).



1.5. Incidencias sobre los factores de riesgo sobre la salud.

El trabajo por medio de las modificaciones ambientales o condiciones de trabajo, ejerce sobre el individuo una notable influencia, que puede dar lugar a la pérdida de la salud y originar la *patología del trabajo* o daños derivados del trabajo.

En el siguiente esquema se muestran los principales daños derivados del trabajo.



Esquema 1.2. Daños derivados del trabajo.

(Fuente: Cortes Díaz, José María; Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos; México, Alfaomega; 2001).

1.6. Accidente de trabajo.

Desde el punto de vista de la Seguridad se define *accidente* como la materialización de un riesgo, en un suceso imprevisto, que interrumpe o interfiere la continuidad del trabajo, que puede suponer un daño para las personas o a la propiedad. Por lo tanto, los sucesos que no producen daño a las personas, se les conoce como *accidentes blancos*. Desde el punto de vista médico, el accidente de trabajo es la patología traumática quirúrgica aguda provocada generalmente por factores mecánicos ambientales. La figura 1.1 muestra la publicación de un accidente de trabajo.

En el Art. 474 de la Ley Federal del Trabajo se define como accidente de trabajo “a toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente”. Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar de trabajo y de este a aquel.



Figura 1.1. Publicación de un accidente de trabajo.
(Fuente: El periódico de Piedras Negras "Zócalo", Domingo 30 de septiembre de 2001).

A continuación se presenta una transcripción de un informe de un accidente laboral ocurrido en la Mina III – MIMOSA. A fin de garantizar la privacidad de las personas involucradas, los nombres fueron sustituidos por las correspondientes iniciales y otros datos fueron eliminados.



NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:	Minerales Monclova S.A. de C.V. Unidad Saucedada del Naranja Mina III
REGISTRO PATRONAL EN EL IMSS:	
ACTIVIDAD:	Extracción de Carbón, Minado Mecanizado.
DOMICILIO O CALLE:	Carretera N.Rosita - M, Múzquiz Km. 19.5
COLONIA O FRACCIONAMIENTO	
POBLACIÓN ESTADO:	Palaú, Coahuila.
DATOS DEL TRABAJADOR.	
Apellido Paterno, Materno y Nombre: V.A.S.	Sexo: Masculino
NUMERO DE AFILIACIÓN:	
DOMICILIO O CALLE:	Nueva Rosita, Coahuila.
OCUPACIÓN QUE DESEMPEÑA AL ACCIDENTARCE:	01 OPERARIO MINERO
SALARIO DIARIO:	\$ 75.42 M.N.
HORARIO DE TRABAJO DEL DIA DEL ACCIDENTE:	7:00 – 15:00 PM
DIA DE DESCANSO PREVIO AL ACCIDENTE:	Domingo
FECHA Y HORA EN QUE OCURRIO:	10 de mayo 1999, 11:30 AM
CIRCUNSTANCIA EN QUE OCURRIO EL ACCIDENTE:	En la Empresa.
Descripción precisa de la forma y el sitio o área de trabajo en los que ocurrió el accidente, en caso de enfermedad describir los agentes contaminantes y el tiempo de exposición a los mismos.	
Se refiere al trabajador que se encontraba en el cañón 7 sur Xº 2, al momento de acomodar vigas para descargar una terminal de banda, en el momento de tratar de levantar una viga, sintió un dolor agudo en la cintura (Lumbalgia).	
PERSONAL DE LA EMPRESA QUE TOMO CONOCIMIENTO DEL ACCIDENTE:	Ing. J.A.A.H.
FECHA Y HORA:	10 de Mayo de 1999, 11:30 AM
NOMBRE DEL PATRON O SU REPRESENTANTE:	Minerales Monclova S.A. DE C.V.
LUGAR Y FECHA:	Palaú, Coahuila 12 de mayo de 1999.

1.7. Enfermedad profesional.

El hombre está expuesto a contraer enfermedades, mismas que son consecuencia directa de las modificaciones ambientales provocadas por el propio trabajo; a éstas se las conoce como *enfermedades laborales*.

El Art. 475 de la Ley Federal del Trabajo, establece que *enfermedad de trabajo* “es todo estado patológico, derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en el que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios”.



En tales disposiciones se establecerá el procedimiento que haya de observarse para la inclusión en dicho cuadro de las nuevas enfermedades profesionales que se estime deban ser incorporadas. De acuerdo a la Ley Federal del Trabajo y el cuadro de enfermedades profesionales, éstas se clasifican en los siguientes grupos:

- a) Enfermedades profesionales producidas por agentes químicos.
- b) Enfermedades profesionales de la piel causadas por sustancias y agentes no comprendidos en otros apartados.
- c) Enfermedades profesionales provocadas por la inhalación de sustancias y agentes no comprendidos en otros apartados.
- d) Enfermedades profesionales infecciosas y parasitarias.
- e) Enfermedades profesionales producidas por agentes físicos.
- f) Enfermedades sistemáticas.

Las agresiones derivadas del medio ambiente laboral, que producen enfermedades laborales o profesionales, las podemos considerar encuadradas en los siguientes grupos:

- Agresores químicos (polvo, humo, niebla, gases, etc.).
- Agresores físicos (ruido, vibraciones, radiaciones, etc.).
- Agresores biológicos (virus, bacterias, parásitos, etc.).
- Agresores psicológicos y sociales (promoción, salarios, horarios, etc.).
- Agresores ergonómicos (monotonía, fatiga física o mental, etc.).

Una de las enfermedades que suele presentarse con mucha frecuencia en los trabajadores que laboran en las minas de carbón es la neumoconiosis del minero. En el Anexo I se estudia esta enfermedad.

Tabla 1.1. Características Diferenciales Accidentes de Trabajo – Enfermedades Laborales.		
	Accidentes de Trabajo	Enfermedades Laborales
Iniciación	Súbita, brusca	Lenta, solapada
Presentación	Inesperada	Esperada
Motivación	Causas externas	Causas internas
Manifestación	Violenta	Solapada
Relación de causalidad	Fácil	Difícil
Tratamiento	Quirúrgico	Médico

(Fuente: Cortes Díaz, José María; Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos, México. Alfaomega, 2001).



1.8. Justificación de la prevención.

1.8.1. Estadísticas de la O.I.T. en México.

GRUPOS DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS CON MAYOR NÚMERO DE ENFERMEDADES DE TRABAJO, INCAPACIDADES PERMANENTES Y DEFUNCIONES 2002.								
Grupo de Actividad Económica		Trabaj. Bajo Seguro de Riesgo ⁽²⁾	Enfermedades de Trabajo		Incapacidades Permanentes por Enfermedades de Trabajo ⁽³⁾		Defunciones por Enfermedades de Trabajo	
			Casos	Por cada 10,000 Trabaj.	Casos	Por cada 1,000 Trabaj.	Casos	Por cada 10,000 Trabaj.
CLAVE	TOTAL NACIONAL	12 112 405	4 511	3.7	6 220	0.5	4	0
A	Construcción, reconstrucción y ensamble de equipo de transporte y sus partes.	388,879	653	16.8	715	1.8		0
B	Extracción y beneficio de minerales metálicos.	22,508	528	234.6	697	31	1	0.44
C	Transporte terrestre.	368,477	323	8.8	541	1.5		0
D	Extracción y beneficio de carbón mineral, grafito y minerales no metálicos; excepto sal.	34,080	299	87.7	498	14.6	1	0.29
E	Industria textil.	156,134	242	15.5	312	2		0
F	Industrias metálicas básicas.	69,555	225	32.3	875	12.6		0
G	Fabricación de productos de hule y plástico.	223,574	176	7.9	209	0.9		0
H	Servicios profesionales y técnicos.	1,039,937	172	1.7	237	0.2		0
I	Fabricación de productos de minerales no metálicos; excepto del petróleo y del carbón mineral.	135,071	169	12.5	234	1.7		0
J	Fabricación de productos metálicos; excepto maquinaria y equipo.	317,768	159	5	299	0.9	1	0.03
K	Construcciones de edificaciones y de obras de ingeniería civil.	738,359	121	1.6	185	0.3		0



GRUPOS DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS CON MAYOR NÚMERO DE ENFERMEDADES DE TRABAJO, INCAPACIDADES PERMANENTES Y DEFUNCIONES 2002 (continuación).

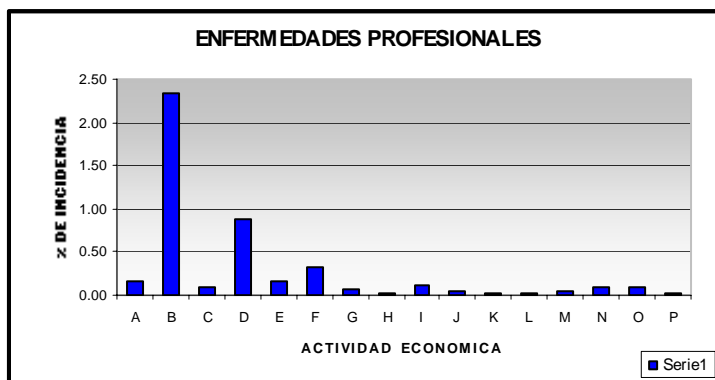
Grupo de Actividad Económica		Trabaj. Bajo Seguro de Riesgo ⁽²⁾	Enfermedades de Trabajo		Incapacidades Permanentes por Enfermedades de Trabajo ⁽³⁾		Defunciones por Enfermedades de Trabajo	
			Casos	Por cada 10,000 Trabaj.	Casos	Por cada 1,000 Trabaj.	Casos	Por cada 10,000 Trabaj.
CLAVE	TOTAL NACIONAL	12 112 405	4 511	3.7	6 220	0.5	4	0
L	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipos, aparatos, accesorios y artículos eléctricos, electrónicos y sus partes.	514,099	61	1.2	82	0.2		0
M	Industria química.	216,704	102	4.7	134	0.6	1	0.05
N	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.	108,903	105	9.6	131	1.2		0
O	Fabricación, ensamble y/o reparación de maquinaria, equipo y sus partes; excepto los eléctricos.	96,557	92	9.5	110	1.1		0
P	Demás grupos de actividades económicas.	7,681,800	1084	1.4	961	0.1		0

(1) Reglamento de la Ley del Seguro Social en Materia de Afiliación, Clasificación de Empresas, Recaudación y Fiscalización, 2002.

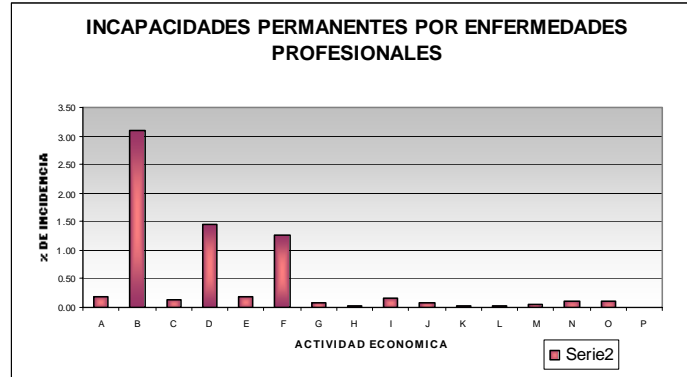
(2) Con base en el cuadro No. 17 del Informe Mensual de Población Derechohabiente, enero - diciembre del 2002.

(3) Puede incluir casos de incapacidad permanente por enfermedades de trabajo de años anteriores.

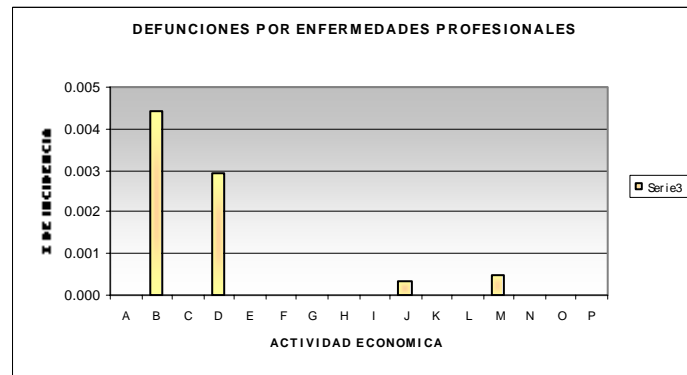
Fuente: Coordinación de Salud en el Trabajo. SUI55/ST-5.



(Fuente: Gráfico creado por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).



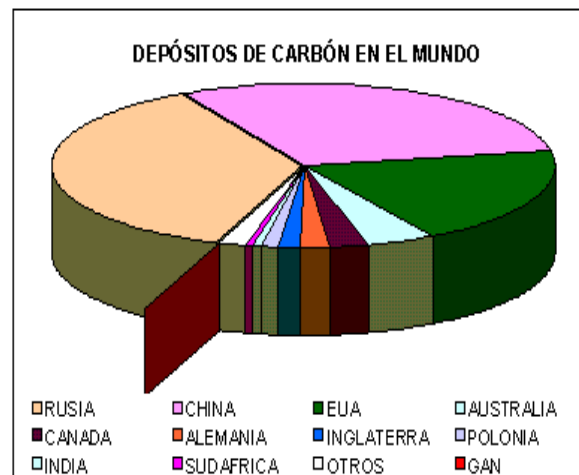
(Fuente: Gráfico creado por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).



(Fuente: Gráfico creado por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

1.8.2. La minería de carbón en México vs. otros países productores de carbón.

DEPÓSITOS DE CARBÓN EN EL MUNDO	
PAÍS	TONELADAS
RUSIA	4374 X 10 ⁹
CHINA	3600 X 10 ⁹
EUA	2313 X 10 ⁹
AUSTRALIA	540 X 10 ⁹
CANADA	291 X 10 ⁹
ALEMANIA	222 X 10 ⁹
INGLATERRA	171 X 10 ⁹
POLONIA	125 X 10 ⁹
INDIA	73 X 10 ⁹
SUDAFICA	65 X 10 ⁹
OTROS	206 X 10 ⁹
TOTAL	11980 X 10⁹



(Fuente: MIMOSA).

Dentro de otros: MICARE cuenta con reservas de 294 x 10⁶ ton y MIMOSA con 325 x 10⁶ ton.



1.9. Organismos Nacionales e Internacionales de la P.R.L.

Los organismos nacionales relacionados con la P.R.L. son:

- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (S.T.P.S.).
- La Secretaría de Salud (S.S.).
- El Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (I.S.S.S.T.E.).
- El Instituto Mexicano del Seguro Social (I.M.S.S.).

Los organismos internacionales relacionados con la P.R.L. son:

- La Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.).
- La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.).



CAPÍTULO 2

Fundamentos Legales de la Seguridad e Higiene Ocupacional en México.

- 2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- 2.2. Tratados Internacionales.
- 2.3. Ley Federal del Trabajo.
- 2.4. Ley del Seguro Social.
- 2.5. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.
- 2.6. Ley Minera.
- 2.7. Reglamento de la Ley Minera.
- 2.8. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.
- 2.9. Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas.
- 2.10. Normas Oficiales Mexicanas.
- 2.11. Realidad Legal Nacional en Materia de P.R.L. en Minas de Carbón.



La jerarquía del orden jurídico en el ámbito concreto de la legislación de la Seguridad e Higiene dentro de la Industria Minera, en el Derecho es la siguiente:

- 1) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- 2) Tratados Internacionales.
- 3) Ley Federal del Trabajo.
- 4) Ley del Seguro Social.
- 5) Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.
- 6) Ley Minera.
- 7) Reglamento de la Ley Minera.
- 8) Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.
- 9) Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas (Abrogado).
- 10) Normas Oficiales Mexicanas.

2.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En México el fundamento legal para la Seguridad e Higiene, se encuentra contenido en el artículo 123 Constitucional, el cual dice que “toda persona tiene el derecho al trabajo digno y socialmente útil”.

El artículo 123 Constitucional está dividido en dos apartados, el A y el B, y estipula que “el Congreso de la Unión deberá expedir leyes que rijan, en cuanto al A, los derechos y obligaciones del capital y los trabajadores; y el B, el trabajo de los empleados al servicio del Estado”.

Las fracciones XIII, XIV, XV y XXXI del apartado A establecen las condiciones de seguridad e higiene para los trabajadores, y son las siguientes:

Fracción XIII.- “Las empresas, cualquiera que sea su actividad, estarán obligadas a proporcionar a sus trabajadores, capacitación o adiestramiento para el trabajo. La ley reglamentaria determinara los sistemas, métodos y procedimientos conforme a los cuales los patrones deberán cumplir con dicha obligación;”

Fracción XIV.- “Los empresarios serán responsables de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que ejecuten; por lo tanto, los patronos deberán pagar la indemnización correspondiente, según que haya traído como consecuencia la muerte o simplemente incapacidad temporal o permanente para trabajar, de acuerdo con lo que las leyes determinen. Esta responsabilidad subsistirá aún en el caso de que el patrono contrate el trabajo por un intermediario;”

Fracción XV.- “El patrón estará obligado a observar, de acuerdo con la naturaleza de su negociación, los preceptos legales sobre higiene y seguridad en las instalaciones de su establecimiento, y a adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de las maquinas, instrumentos y materiales de trabajo, así como a organizar de tal manera este, que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de los trabajadores, y del producto de la concepción, cuando se trate de mujeres embarazadas. Las leyes contendrán, al efecto, las sanciones procedentes en cada caso;”



Fracción XXXI.- “La aplicación de las leyes del trabajo corresponde a las autoridades de los estados, en sus respectivas jurisdicciones, pero es de la competencia exclusiva de las autoridades federales en los asuntos relativos a:

a) Ramas industriales y servicios:

6.- Minera;

7.- Metalúrgica y siderúrgica, abarcando la explotación de los minerales básicos, el beneficio y la fundición de los mismos, así como la obtención de hierro metálico y acero a todas sus formas y ligas y los productos laminados de los mismos;”

2.2. Tratados Internacionales.

La legislación laboral, en material de Tratados Internacionales, encuentra su fundamento en el artículo 133 Constitucional y 6 de la Ley Federal del Trabajo. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.) se encuentran involucradas en el mejoramiento global de la higiene y seguridad en el trabajo.

La cooperación técnica también constituye una parte muy importante del trabajo de la O.M.S. cuyo principal objetivo es colaborar con las autoridades nacionales en pos del desarrollo y fortalecimiento de las capacidades nacionales relativas a higiene en el trabajo y/o programas de higiene ocupacional. La Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.) es la única organización trilateral dentro del sistema de las Naciones Unidas (donde participan gobiernos, industrias y trabajadores) que fija normas internacionales en un amplio espectro de cuestiones laborales y sociales, inclusive la minería. Se adjunta a la presente una lista de las convenciones y recomendaciones relevantes. La O.I.T. también tiene Códigos de Práctica que deben utilizarse como guías prácticas para las distintas ramas específicas de actividad como en la minería; y para riesgos determinados como el ruido.

Entre los tratados internacionales de mayor importancia relacionados con la seguridad e higiene laboral están los convenios 155, 161, 170 y 176 que se tienen con la O.I.T. (Organización Internacional del Trabajo), así como el Acuerdo de Cooperación Laboral de América del Norte firmado en 1993. Los convenios con la O.I.T. tratan:

- El Convenio 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo.
- El Convenio 161 sobre los servicios de salud en el trabajo.
- El Convenio 170 relativo a la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.
- El Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas.

El Convenio 176 sobre seguridad y salud en las minas, 1995; se aplica a toda la industria minera y tiene como objetivo fundamental el formular, aplicar y revisar periódicamente una política nacional coherente en materia de seguridad y salud en las minas. Las medidas destinadas a garantizar la aplicación del Convenio deberán establecerse por medio de la legislación nacional, que deberá completarse con normas técnicas, directrices o repertorios de recomendaciones prácticas, u otros medios de aplicación conformes con la práctica nacional, según lo establezca la autoridad competente.



Dicha legislación nacional deberá contener disposiciones como: la vigilancia de la seguridad y la salud en las minas; los procedimientos para la notificación y la investigación de los accidentes mortales o graves, los incidentes peligrosos y los desastres acaecidos en las minas, según se definan en la legislación nacional; la compilación y publicación de estadísticas sobre los accidentes, enfermedades profesionales y los incidentes peligrosos, según se definan en la legislación nacional; el establecimiento de procedimientos eficaces que garanticen el ejercicio de los derechos de los trabajadores y sus representantes a ser consultados acerca de las cuestiones y a participar en las medidas relativas a la seguridad y la salud en el lugar de trabajo.

La **R183 Recomendación sobre seguridad y salud en las minas, 1995**; completa al Convenio 176 y sus recomendaciones deberían aplicarse conjuntamente con las de éste. Esta Recomendación se aplica a todas las minas teniendo en cuenta las condiciones y la práctica nacionales, es decir, amplía las medidas de prevención y protección en la mina, como lo son los riesgos especiales que requieren un plan de explotación y procedimientos al respecto, como:

- a) los incendios y las explosiones en las minas;
- b) los desprendimientos instantáneos de gas;
- c) la irrupción de agua y materiales semisólidos;
- d) los desprendimientos de rocas;
- e) el riesgo de movimientos sísmicos en la zona;
- f) los riesgos relacionados con el trabajo efectuado a proximidad de aperturas peligrosas o en situaciones geológicas particularmente difíciles;
- g) el fallo de la ventilación.

La OIT también cuenta con una serie de repertorios de recomendaciones prácticas y guías, que en el caso de la minería de carbón son:

- Repertorio de recomendaciones prácticas sobre Seguridad e Higiene en las Minas de Carbón, Organización Internacional del Trabajo, 1986.
- Guía para la prevención y la supresión del polvo en las minas, los túneles y las canteras. Ginebra, 1965.
- Prevención de accidentes causados por explosiones durante las labores subterráneas en las minas de carbón. Ginebra, 1974.
- Prevención de los accidentes causados por los fuegos e incendios en las labores subterráneas de las minas de carbón. Ginebra, 1959.

El Repertorio de recomendaciones prácticas sobre *Seguridad e Higiene en las Minas de Carbón (O.I.T., 1986)*, tiene por objetivo el servir como guía a las autoridades, organismos públicos, a los comités de seguridad y a las empresas mineras, en la elaboración de disposiciones en materia de minería. Las circunstancias y posibilidades técnicas locales determinarán la medida en que será factible aplicar estas disposiciones; tales como en:

- Capítulo 9: Ventilación y lucha contra el grisú.
Establece las disposiciones para lograr una ventilación eficiente, evacuación del personal de una mina o parte de ella con un alto contenido de gas grisú (será determinado por cada país y no debe ser mayor al 2.5%), detectores del gas grisú, entre otros.
- Capítulo 10: Precauciones contra el polvo de carbón inflamable.
Establece las disposiciones para la neutralización del polvo inflamables en las galerías de las minas de carbón y las medidas para contener las explosiones por el polvo de carbón.



➤ **Capítulo 13: Lucha contra el fuego.**

Establece las disposiciones en el uso de materiales combustibles, el material de lucha contra incendios, las precauciones contra la combustión espontánea del carbón, entre otros.

El Repertorio de recomendaciones prácticas sobre *Prevención de los accidentes causados por los fuegos e incendios en las labores subterráneas de las minas de carbón, (Ginebra, 1959)*. Trata los riesgos, medidas técnicas de prevención, organización de la protección contra incendio en la mina, equipo contra incendios, procedimiento en caso de incendio, etc.

Esta serie de recomendaciones se encuentra conformada por:

Parte I: Disposiciones aplicables a todas las minas de carbón.

➤ **Sección 1: Precauciones de carácter general relacionadas con la explotación.**

Establece las disposiciones para los materiales combustibles e inflamables, la instalación de máquinas como rozadoras, transportadores, etc.

➤ **Sección 2: Organización de la prevención y detección de fuegos e incendios y de la lucha contra el fuego.**

Establece las disposiciones aparatos y material de extinción, detección de incendios, medidas en caso de incendio, salvamento, etc.

Parte II: Disposiciones complementarias aplicables a las minas expuestas a combustión espontánea. Dicta las precauciones de carácter general relacionadas con la explotación (arranque de carbón, fortificación, etc.), la detección y extinción de los incendios.

El Acuerdo de Cooperación Laboral de América del Norte, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 1993, entre los gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, de Estados Unidos de América y de Canadá, tiene por objetivo el mejorar las condiciones de trabajo y los niveles de vida en el termino de cada una de las partes; estimular la cooperación para promover la innovación y niveles de productividad y calidad; alentar la publicación y el intercambio de información, el desarrollo y la coordinación de estadísticas, así como promover la observancia y la aplicación efectiva de la legislación laboral de cada una de las partes y promover la transparencia en la administración de la legislación laboral.

2.3. Ley Federal del Trabajo.

Con base en el artículo 123 Constitucional en agosto de 1931 se promulgó la Ley Federal del Trabajo que fue abrogada el 1º de mayo de 1970, en que entro en vigor la que rige actualmente. Este es el instrumento jurídico que sirve para hacer respetar las prestaciones, tanto económicas como sociales, a las que tienen derecho los trabajadores.

Los fundamentos legales en los que se apoya la seguridad e higiene para su cumplimiento, están contenidos en:

➤ *Título Segundo: Relaciones Individuales de Trabajo.*

En el Capítulo IV: Rescisión de las Relaciones de Trabajo, y en concreto en los artículos 47 fracciones VII, XI, XII y XIII y 51 fracciones VII, VIII.

➤ *Título Tercero: Condiciones de Trabajo.*

En el Capítulo II: Jornada de Trabajo, en los artículos 60, 61 y 65.



- *Título Cuarto: Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y de los Patrones.*
En el Capítulo I Obligaciones de los Patrones, en los artículos 134 fracciones II, VIII, X, XI y XII; 135 fracciones I, IV y V. Capítulo III Bis de la Capacitación y Adiestramiento de los Trabajadores, en el artículo 153-F fracciones I, II, III, IV, V.
- *Título Noveno: Riesgos de Trabajo.*
En los artículos 472, 473, 474, 475, 477 fracciones I, II, III y IV, 478, 479, 480, 483, 484, 487 fracciones I, II, III, IV, V y VI, 488 fracciones I, II, III y IV, 489 fracciones I, II y III, 512-D.
- *Título Décimo Sexto: Responsabilidades y Sanciones.*
En el artículo 992.

El contenido de estos artículos se cita en el anexo II.

2.4. Ley del Seguro Social.

El fundamento legal de esta ley se encuentra contenido en el párrafo XXIX del artículo 123 Constitucional y también actúa como complemento de la Ley Federal del Trabajo, la cual tiene como finalidad el garantizar el derecho a la salud, asistencia médica, la protección de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo.

También establece la necesidad de aplicar normas preventivas para accidentes y enfermedades profesionales, que ayudaran a prevenir riesgos y ver resultados positivos en el bienestar general de los trabajadores que laboran en una empresa.

Esta ley señala en:

CAPITULO III: Del seguro de riesgos de trabajo.

- *Sección Primera: Generalidades.*
En los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 46 fracciones I, II, III, IV y V, 47 fracciones I y II, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 fracciones I, II, III y IV.
- *Sección Sexta: De la Prevención de Riesgos de Trabajo.*
En los artículos 80, 81, 82, 83 fracciones I, II y III.
- *Sección Sexta : De la Medicina Preventiva.*
En los artículos 110 y 111.

El contenido de estos artículos se cita en el anexo II.

2.5. Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

En materia de utilización de explosivos, la dependencia encargada de atender este tema, es la Secretaría de la Defensa Nacional (SE.DE.NA.), que a través de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, regula su uso en el país.

En esta ley se marcan los requisitos, para realizar el trámite de Permiso General para la Explotación Minera con o sin almacenamiento; entre los que se encuentran:

- Solicitud de permiso general, conforme a modelo oficial, indicando la cantidad de material explosivo, que consumirá o almacenará por mes en 5 rubros (alto explosivo, agente explosivo, cordón detonante, conductores e iniciadores).
- Referencias del lugar de consumo, conforme a modelo oficial.
- Planos señalados en los numerales 1 y 2 del artículo 46 del Reglamento de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.



- Plano de conjunto a 1,000 metros, alrededor del lugar donde se consumirán los explosivos a escala 1:4000 en el que figuren en su caso, instalaciones militares, vías de comunicación, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, obras de arte, zonas arqueológicas, gasoductos, oleoductos, construcciones para casas - habitación, instalaciones industriales y principales accidentes topográficos, con escala gráfica, simbología, cuadro de referencias, debidamente firmados por quien los elabora y por el titular o su representante legal.
 - Planos circunstanciados del proyecto de construcción de los polvorines a escala adecuada para la localización de sus instalaciones con sus especificaciones (únicamente si solicita el permiso con almacenamiento).
- Tipos y cantidades de material explosivo que utilizara en cada voladura.
 - Copia certificada del título de la concesión minera o bien de la cesión de derechos para la explotación.
 - Informe con el nombre del mineral que se pretende extraer.

2.6. Ley Minera.

Esta ley fue publicada en el diario oficial de la federación el 26 de junio de 1992, y actualizada con las modificaciones publicadas el 24 de diciembre de 1996. Misma que establece las medidas necesarias para la Seguridad e Higiene y están contenidos en los artículos 34, 43 y 57 en las fracciones III, IV, V, VI, VII Y XI.

El contenido de estos artículos se cita en el anexo II.

2.7. Reglamento de la Ley minera.

El **Reglamento de la Ley Minera** fue publicado en el diario oficial de la federación el 15 de febrero de 1999 y que abroga el publicado en el mismo diario el 29 de marzo de 1993. Este reglamento establece las medidas necesarias para la Seguridad e Higiene en el artículo 62, cuyo contenido se cita en el anexo II.

2.8. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

El **Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo**; trata en su totalidad sobre seguridad e higiene y se encuentra dividido en:

- Título Primero, Disposiciones Generales y Obligaciones de los Patrones y Trabajadores.
- Título Segundo, Condiciones de Seguridad.
- Título Tercero, Condiciones de Higiene.
- Título Cuarto, Organización de la Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Título Quinto, De la Protección del Trabajo de Menores y de las Mujeres en Periodo de Gestación y de Lactancia.
- Título Sexto, De la Vigilancia, Inspección y Sanciones Administrativas.



En este reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997, se han unificado y concretado los Reglamentos de labores peligrosas e insalubres para las mujeres y menores, el Reglamento para la Inspección de generadores de vapores y recipientes sujetos a presión, el Reglamento de Higiene en el trabajo, el Reglamento de Seguridad en los trabajos de las Minas, el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el trabajo, y el Reglamento de Medidas Preventivas de Accidentes de trabajo. Esta fusión se ha dado con el fin de actualizar la regulación jurídica y simplificarla administrativamente en el campo de la Seguridad e Higiene Industrial; buscando facilitar su aplicación y proporcionar las bases para que las empresas le den el seguimiento necesario.

Este reglamento establece las medidas necesarias para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo; y las medidas para que los procesos laborales se desarrollen en condiciones de seguridad, higiene y medio ambiente adecuados. Además se destaca la inclusión de disposiciones que regulan actividades en las áreas agrícola, forestal, aserraderos, portuaria, y de la construcción. También, se incluyen disposiciones para proteger el producto de la concepción de trabajadoras gestantes o en período de lactancia, regula los procedimientos sobre contaminantes biológicos y otros materiales peligrosos; y abarca también normas sobre ergonomía en las instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas.

El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo hace al patrón responsable de informar a los trabajadores respecto de los riesgos relacionados con la actividad que desempeñe, y de capacitarlos respecto a las medidas y programas que deben seguir para su prevención; de manera que la organización conserve dentro de los niveles permisibles sus condiciones ambientales de trabajo, es decir, el patrón debe reconocer, evaluar, y controlar los factores de riesgo presentes en su centro de trabajo.

El patrón debe reconocer, evaluar, y controlar los factores de riesgo presentes en su centro de trabajo. Otra disposición importante en el Reglamento es que la Secretaría del Trabajo y Previsión Social hará estudios e investigaciones en los centros de trabajo, para establecer las bases en la elaboración y actualización de los reglamentos internos. Las unidades de verificación y organismos de certificación harán dictámenes acerca de las condiciones que observen. Lo más importante para que todas las disposiciones se lleven a cabo es la concientización de los patrones, acerca de la importancia que tiene para la organización observar este Reglamento. Pero como podemos darnos cuenta, para que esto se lleve a cabo es necesario hacer esfuerzos conjuntos, tanto del marco jurídico, como de los patrones, pero sobre todo, de todos y cada uno de los trabajadores, ya que su seguridad y salud sigue siendo la premisa de este Reglamento.

2.9. Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas (Abrogado).

El fundamento legal para la aplicación y observancia de la Seguridad e Higiene dentro de la Industria Minero Metalúrgica se encuentra en la Ley Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia de Explotación y Aprovechamiento de Recursos Minerales. El Reglamento de Seguridad en los Trabajos de las Minas se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 13 de marzo de 1967 y fue abrogado 90 días después de la entrada en vigor del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 1997.



Su importancia radicó en que fue el único reglamento que señaló las normas o condiciones de seguridad e higiene dentro de la industria minero metalúrgica, y tuvo por objeto la protección personal de los trabajadores y estableció las condiciones en materia de seguridad e higiene tanto en la minería de superficie como en la subterránea; así como las condiciones que deben prevalecer en las plantas de beneficio, las condiciones que deben existir en los talleres, malacates, equipo de transporte y acarreo, ventilación, iluminación, prevención de incendios, explosivos, entre otros.

Es importante mencionar que ese reglamento señalaba las sanciones económicas que iban desde 500 a 100,000 pesos, por el incumplimiento o violación a las disposiciones y obligaciones que dicho reglamento establecía.

2.10. Normas Oficiales Mexicanas (N.O.M.).

En México la serie ISO 9000 elaborada para la administración de la calidad, se encuentra contenida en las Normas Oficiales Mexicanas (N.O.M.) del rubro de control de calidad, emitidas en 1990 y revisadas en 1995 por la SE.CO.FI.

En materia de Minería la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (S.T.P.S.), elaboró la NOM-121-STPS-1996, Seguridad e higiene para los trabajos que se realicen en las minas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de julio de 1997. Misma que tiene por objetivo el establecimiento de las condiciones de seguridad e higiene requeridas dentro de las minas o canteras para que los trabajadores que en ellas trabajan realicen sus actividades con un mínimo riesgo en su integridad física y con una adecuada protección a su salud; y es aplicable a todas las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficio de minerales.

En el punto 7.5.4 de esta norma se encuentran las disposiciones en materia de prevención y protección de incendios dentro de las minas de carbón y son:

7.5.4 Para la prevención y protección de incendios.

7.5.4.1 Se prohíbe introducir a las minas cerillos, cigarros, encendedores, lámparas descubiertas u otros artículos con los cuales se puedan producir incendios o explosiones.

7.5.4.2 Se debe tener un polveo sistemático con polvo inerte en cielo, piso, tablas de cañones generales y en los lugares que así lo requieran. Para esta finalidad, en los lugares en que se encuentre maquinaria eléctrica deben existir sacos de polvo inerte.

7.5.4.3 Después de un incendio o una explosión de metano, se deben acatar las disposiciones del plan de emergencia.

7.5.4.4 Los trabajos de calentamiento, corte o soldadura en el interior de las minas subterráneas de carbón, podrán realizarse únicamente cuando se cumpla con lo dispuesto en el apéndice C.

En la actualidad la NOM-121-STPS-1996, ha sido rebasada por el desarrollo tecnológico de la industria minera, por lo que se creó la **NOM-023-STPS-2003, Trabajos en minas - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo**, que fue publicada el día 02 de octubre de 2003, por lo que de acuerdo al capítulo de transitorios de la misma norma, entrará en vigor a los 180 días naturales siguientes a su publicación, por lo que su vigencia inició el día 31 de marzo de 2004; misma que sustituyó a la NOM-121-STPS-1996, Seguridad e higiene para los trabajos que se realicen en las minas.



La **NOM-023-STPS-2003, “Trabajos en minas - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo”**; establece en:

APÉNDICE E. “Prevención y Protección Contra Incendios”.

E.1 Condiciones de seguridad e higiene.

E.1.1 Los brocales, torres de extracción, estaciones o ventanillas de tiros, patios, galerías y frentes de extracción, se deben mantener libres de residuos inflamables.

E.1.2 El ademe y las torres de extracción de los tiros principales, se deben construir de materiales incombustibles. En los tiros existentes ademados con madera, se deben instalar sistemas de rociadores de agua o de otra sustancia no tóxica, ni asfixiante, que extinga el fuego y que puedan ser operados desde el exterior de la mina.

E.1.3 Se debe contar con respiradores de autosalvamento, que garanticen el traslado de todos los trabajadores hasta su salida de la mina.

E.1.4 Se debe contar con extintores apropiados, portátiles o móviles, botes de arena o de polvo inerte, según se determine, distribuidos estratégicamente en:

- a) los sitios donde se almacenen combustibles o materiales inflamables;
- b) los sistemas principales de distribución de energía eléctrica;
- c) los castillos o torres de extracción de los tiros y, en general, en los accesos a la mina;
- d) las instalaciones fijas.

E.1.5 El material de las bases y soportes de los motores eléctricos, de transformadores o de cualquier otro equipo eléctrico, así como los locales donde se instalen, deben ser de materiales incombustibles.

E.1.6 En los talleres, salas de máquinas y subestaciones eléctricas interiores de una mina, los aceites y grasas se deben almacenar en recipientes o alacenas a prueba de fuego y sólo en cantidades limitadas para consumo semanal; los residuos de estas grasas y aceites deben acumularse en recipientes cerrados y evacuarse de acuerdo al procedimiento establecido y que no exceda a una semana.

E.1.7 Se debe señalar la prohibición de fumar y de usar equipos o dispositivos de llama abierta, en lugares donde se almacene o se abastezca combustible.

E.2 Procedimientos de seguridad e higiene.

E.2.1 Deben existir procedimientos de seguridad e higiene para la revisión y mantenimiento de los sistemas y equipo contra incendio, de acuerdo con un programa que, para tal efecto, se desarrolle.

E.2.2 Deben existir procedimientos para verificar el buen estado de los respiradores de autosalvamento, de acuerdo con un programa de revisiones que, para tal efecto, se desarrolle.

APÉNDICE N. “Minas Subterráneas de Carbón”.

N.1 Para la prevención y protección de incendios se debe cumplir con:

- a) Señalar la prohibición de introducir a las minas: cerillos, cigarrillos, encendedores y equipo de llama abierta;
- b) Contar con un procedimiento para realizar polveo sistemático durante la operación de la maquinaria de corte de carbón, con polvo inerte en cielo, piso y paredes, que considere, al menos:
 - 1) El tipo de aspersores utilizado; y,
 - 2) el tipo de dispositivos de captación, supresión y prevención de polvos de carbón.



- c) Inhibir la combustión del polvo de carbón en los sitios donde se vayan a efectuar disparadas por medio de rociado de polvo inerte, ventilación o humidificación;
- d) Almacenar el polvo inerte en lugares secos y al menos, a 50 metros de cualquier túnel de acceso.

N.2 El contenido de metano en el ambiente de la mina no debe exceder de 1.5% en volumen.

N.3 Se debe aplicar un procedimiento de medición de gas metano en el ambiente que cumpla con lo siguiente:

- a) Realizarse en los siguientes lugares y periodicidades con el equipo indicado:
 - 1) Diaria, en todos los frentes de trabajo, con metanómetros portátiles; y,
 - 2) continua, en la maquinaria de diesel y de corte de carbón, mientras esté en operación, con metanómetros portátiles instalados y conectados a la maquinaria; y,
 - 3) continua, en las corrientes de ventilación de los regresos secundarios, generales y principales, con metanómetros estacionarios.

*nota: los metanómetros deben tener una exactitud y lectura de $\pm 0.2\%$, o menor.
- b) Usar en las evaluaciones diarias y en las evaluaciones continuas, metanómetros que cuenten con certificados anuales de calibración, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y que se les de mantenimiento mensual;
- c) Cumplir, en la medición con metanómetros portátiles, con:
 - 1) Revisar diariamente que la carga de la batería se encuentre en el rango de operación del equipo; y,
 - 2) ajustarlos diariamente a cero, en el exterior de la mina; y,
 - 3) tomar las mediciones a no más de 1 metro del frente, ni a más de 30 centímetros del techo; y,
 - 4) registrar todas las mediciones y puntos en que se realizaron, y los ajustes y actividades de mantenimiento al equipo; y,
 - 5) contar con el procedimiento escrito de operación del metanómetro, en idioma español y acorde a las instrucciones del fabricante; y,
 - 6) que sea realizada, de preferencia, por miembros de los Servicios Preventivos de Seguridad e Higiene en el Trabajo, capacitados para su operación.
- d) Evacuar a los trabajadores, trasladarlos a un circuito de aire limpio y dar cumplimiento al plan de atención de emergencias, cuando se detecten concentraciones de metano superiores a 1.5% en volumen.

N.4 La maquinaria de corte de carbón debe contar con:

- a) un dispositivo de interrupción automática de la energía eléctrica, cuando se detecten porcentajes de metano superiores al 1.5% en volumen;
- b) un sistema de irrigación de agua, en el avance de la maquinaria para el corte.

N.5 La maquinaria impulsada por motores diesel debe contar con una alarma audible al alcance del operador, que le avise para que suspenda la operación del equipo o que se desactive automáticamente, cuando se detecten porcentajes de metano superiores al 1.5% en volumen.

N.6 Las máquinas de excavación continua que descarguen sobre una banda transportadora, deben tener conectados sus controles con los del sistema de transporte, de manera que no puedan operar si se interrumpe el transporte del material.



N.7 Las estaciones de enganche o desenganche, con excepción de las de los frentes de arranque, deben tener una iluminación de, al menos, 200 luxes.

N.8 Los vehículos impulsados por motores de combustión diesel, cuando estén fuera de servicio, se deben estacionar fuera de la mina o en lugares que cuenten con dos salidas, que estén contruidos con materiales no inflamables y ventilados de manera que el aire viciado pase directamente a un regreso de aire.

N.9 Ventilación:

- a) se deben hacer mediciones con una frecuencia máxima por jornada, diaria o semanal, según se establezca en los procedimientos correspondientes, asentando los datos en un registro. Las mediciones constarán del volumen de aire de entrada y salida, temperatura o humedad relativa y porcentaje de metano en el aire, en cada distrito de ventilación;
- b) los ventiladores principales se deben instalar en el exterior de la mina y deben contar con, al menos, un ventilador secundario, accionado por una fuente de energía independiente de la que alimente al ventilador principal, los ventiladores únicamente se pueden instalar en el interior de las minas si es accionado por energía eléctrica, y cumple con:
 - 1) Que el motor sea a prueba de explosión; y,
 - 2) que la base y la tubería de ventilación sean de materiales incombustibles o retardantes a la flama; y,
 - 3) que se instale de manera que no exista recirculación de aire; y,
 - 4) que cuente con dispositivos de seguridad que interrumpan su funcionamiento al registrar un porcentaje de metano a partir del 1.5% en volumen, si es de tipo aspirante; y,
 - 5) que cuente con un manómetro de capacidad superior al límite de operación del ventilador y con un dispositivo automático de alarma que avise, en caso de paro del ventilador; y,
 - 6) que sus circuitos eléctricos sean independientes de otros circuitos.
- c) antes de poner a trabajar un ventilador auxiliar, o cuando exista una interrupción de la ventilación durante 5 minutos o más, debe determinarse la concentración de gas metano. Si la concentración es mayor o igual al 1.5 % en volumen, se debe reducir a un nivel inferior al 1.5 % mencionado, aplicando un procedimiento que cumpla con:
 - 1) Evacuación de los trabajadores del área; y,
 - 2) cierre del ducto de compuerta; y,
 - 3) apertura de las ventilas del ducto de las mismas; y,
 - 4) apertura gradual del ducto de compuerta; y,
 - 5) cierre gradual de las ventilas, al diluir el porcentaje de metano por debajo del 1.5%.
- d) para evitar que el aire de entrada y el de salida de un circuito se mezclen, las puertas deben ser instaladas de manera que cierren por sí solas;
- e) las cortinas, faldones, codos y taponos deben ser de materiales autoextinguibles o retardantes al fuego;
- f) en los casos en los que se desarrollen galerías de una sola obra, el ducto para la ventilación debe ser de capacidad suficiente y adecuado para asegurar que el aire llegue hasta el tope de la galería;
- g) la distancia máxima entre cruceros en el desarrollo de galerías debe ser determinada por:
 - 1) La capacidad de ventilación para mantener el porcentaje de metano dentro de los límites establecidos; y,
 - 2) la capacidad para el sostenimiento en el desarrollo de la galería; y,



- 3) la explotación de frentes largas.
- h) no se debe detener el funcionamiento de los ventiladores principales sin orden escrita de los Servicios Preventivos de Seguridad e Higiene en el Trabajo, y sin antes haber evacuado a los trabajadores. Si los ventiladores estuvieran sin movimiento, a ningún trabajador se le debe permitir entrar a la mina hasta después de que hayan sido accionados, y que los Servicios Preventivos de Seguridad e Higiene en el Trabajo necesarios, hayan sido aplicados para cerciorarse que la atmósfera de la mina no ofrece peligro;
 - i) el control del volumen de aire se debe hacer por medio de tapones, puertas y reguladores de área variable, dependiendo ésta del volumen que sea necesario distribuir, el que en todo caso será regulado por el personal encargado de la ventilación;
 - j) los puentes para conducción del aire se deben construir con materiales incombustibles;
 - k) las áreas que no estén en explotación se deben sellar con tapones a prueba de explosiones o incendios, de materiales incombustibles. En el área sellada, uno o más de los tapones, deben contar con dispositivos que permitan determinar la naturaleza de los gases y su presión, mediante los aparatos necesarios y debidamente calibrados;
 - l) cuando las emisiones de gas metano sean de tal magnitud que el aire en los circuitos de ventilación sea insuficiente para diluir las concentraciones a menos del 1.5%, se pueden utilizar sistemas alternos de control del gas, siempre que éstos reúnan los siguientes requisitos:
 - 1) El contenido de metano en las líneas conductoras no debe ser inferior al 30%; y,
 - 2) se debe contar con un monitoreo permanente de metano; y,
 - 3) al detectarse concentraciones inferiores al 30%, inmediatamente se debe suspender la operación del sistema de desgasificación hasta que se alcance este porcentaje; y,
 - 4) cuando en el sistema se utilice tubería secundaria conectada a una principal, se debe contar con puntos de medición y control de metano en cada una de ellas; y,
 - 5) el punto de descarga de gas metano en el exterior de la mina debe contar con protección perimetral conectada a tierra, y con un dispositivo de seguridad que impida el retroceso de flama.

N.10 Polvos de carbón. Se debe cumplir con lo siguiente:

- a) durante el corte se debe utilizar agua a presión;
- b) en el área de descarga de material, se debe contar con colectores de polvo u otras medidas para reducir la dispersión de polvo de carbón desde su origen;
- c) los motores eléctricos e interruptores deben ser construidos a prueba de explosión;
- d) los equipos se deben mantener libres de acumulación de polvos de carbón;
- e) realizar mediciones permanentes que permitan garantizar que no se rebasan los límites establecidos en la NOM-010-STPS-1999.

N.11 Para instalaciones eléctricas:

- a) sólo se debe permitir el uso de lámparas de seguridad con cerraduras;
- b) los conductores y el equipo eléctrico deben ser revisados mensualmente, y se debe elaborar un informe indicando las condiciones en que se encuentran;
- c) el equipo eléctrico que se instale en lugares expuestos a atmósferas explosivas debe ser a prueba de explosión, según lo establecido en la NOM-001-SEDE-1999;



- d) los equipos portátiles con alimentación eléctrica que excedan a 440 voltios, deben contar con un sistema de monitoreo continuo equipado con dispositivos de corte automático al presentarse una falla a tierra;
- e) los equipos, materiales y dispositivos de protección eléctrica deben ser específicos al voltaje que se utilice;
- f) la construcción de las subestaciones de transformadores se debe hacer con materiales incombustibles;
- g) los transformadores deben ser específicos para el interior de minas de carbón;
- h) las estaciones de carga de baterías deben ser de materiales incombustibles o a prueba de fuego y con un circuito de ventilación propio, para evitar que el aire de retorno pase por los lugares de trabajo;
- i) durante su carga, las baterías se deben mantener abiertas para permitir que el hidrógeno generado sea llevado por el aire en circulación;
- j) los conductores eléctricos, las uniones entre los mismos y otros accesorios, deben ser a prueba de explosión;
- k) el equipo eléctrico que se instale más allá del último cruce abierto, debe cumplir con las características para su instalación en lugares expuestos a atmósferas explosivas;
- l) los circuitos de teléfonos o de señales de bajo voltaje, no deben instalarse en el mismo lado (misma pared) en que estén colocados otros conductores de fuerza eléctrica. Cuando estos cables se introduzcan en la mina por un barreno, los cables de comunicaciones y los de fuerza deben estar separados y dentro de cubiertas metálicas conectadas a tierra;
- m) los cables eléctricos usados para conectar equipo portátil deben ser flexibles, de tipo resistente a las llamas, estar aislados y ser del calibre adecuado para prevenir daños por sobrecalentamiento; además, deben estar protegidos contra cortocircuito en el punto de conexión al circuito de fuerza.

N.12 En los desarrollos inactivos y las obras abandonadas, se debe contar con los planos correspondientes, incluyendo la localización de los tapones y de los dispositivos de control de gases.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (S.T.P.S.), emitió las siguientes N.O.M. en materia de seguridad e higiene en el trabajo, que apoyan la correcta aplicación de la NOM-121-STPS-1996 y a partir de 31 de marzo del 2004 apoyaran a la NOM-023-STPS-2003 en su correcto ejercicio.

- NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones eléctricas (utilización).
- NOM-001-STPS-1999 Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo – Condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-002-STPS-2000 Condiciones de seguridad - Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-004-STPS-1999 Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilicen en los centros de trabajo.
- NOM-006-STPS-2000 Manejo y almacenamiento de materiales - Condiciones y procedimientos de seguridad.
- NOM-010-STPS-1999 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- NOM-011-STPS-2001 Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.



- NOM-017-STPS-2001 Equipo de protección personal - Selección, uso y manejo en los centros de trabajo.
- NOM-019-STPS-1993 Constitución y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
- NOM-020-STPS-2002 Recipientes sujetos a presión y calderas - Funcionamiento- Condiciones de seguridad.
- NOM-021-STPS-1993 Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran, para integrar las estadísticas.
- NOM-022-STPS-1999 Electricidad estática en los centros de trabajo - Condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-025-STPS-1999 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-027-STPS-2000 Soldadura y corte - Condiciones de seguridad e higiene.

2.11. Realidad Legal Nacional en Materia de P.R.L. en Minas de Carbón.

El 31 de marzo del 2004 entró en vigor la **NOM-023-STPS-2003, Trabajos en minas - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo** que establece en su apéndice E lo relativo a las condiciones y procedimientos que deben de cumplir todas las minas en materia de prevención y protección contra incendios; en el apéndice N se establecen los requerimientos mínimos que deben de cumplir las minas de carbón en prevención y protección de incendios, el metano (CH₄), el polvo de carbón, la maquinaria de corte, el equipo eléctrico, la ventilación, etc.

Analizada en profundidad la anterior norma, se concluye que:

- 1º. Refleja graves y preocupantes carencias en el ámbito de la regulación integral de las labores mineras carboníferas; en específico, y por así ser el objeto del presente trabajo, en materia de la prevención del riesgo de incendio directamente en la(s) capa(s) de carbón, donde el tema es ignorado por completo.
- 2º. Los puntos tratados en la NOM-023-STPS-2003 carecen de una profundidad técnica acorde con las nuevas tecnologías empleadas hoy en día.
- 3º. No se advierte una secuencia lógica de prevención – protección - control del riesgo, en cada causa de riesgo tratada.



CAPÍTULO 3

Estudio del fuego.

Introducción a la prevención del riesgo de incendios.

3.1. Combustión.

3.2. Fuego.

3.2.1. El Tetraedro del fuego y sus componentes.

3.2.2. Comportamiento de los materiales frente al fuego.

3.2.3. Clasificación del fuego.

3.2.4. Carga térmica y curvas de fuego.

3.2.5. Transmisión de calor.

3.2.6. Productos y manifestaciones de la combustión.

3.3. Cadena de incendio.

3.3.1. Ignición.

3.3.2. Propagación.

3.3.3. Consecuencias.

3.4. Actuaciones preventivas sobre el tetraedro del fuego.

3.5. Agentes extintores.

3.5.1. Líquidos: agua y espuma.

3.5.2. Sólidos: polvos químicos secos.

3.5.3. Gaseosos: dióxido de carbono, derivados halogenados.

3.5.4. Otros agentes extintores.



Introducción a la prevención del riesgo de incendios.

La llama o fuego abierto es utilizada por el hombre en su beneficio (combustión directa), pero cuando se escapa de su control en determinadas y definidas características pasa a ser incendio y suele dar como resultado daños múltiples y cuantiosos. Así pues parece lógico poner en práctica técnicas de prevención a través del control de sus riesgos para evitar la ocurrencia de incendios y, en caso de que estos lleguen a ocurrir, limitar los daños producidos.

En el estudio que se realizó, y en el cual se basa este trabajo. (Mina III – MIMOSA), requirió tomar muestras in - situ para conocer los componentes del carbón, e investigar las posibles causas que originarían un fuego (identificación del riesgo y cuantificación) en el interior de la mina.

El carbón está constituido por sus componentes, los macerales, que son homogéneos desde el punto de vista petrográfico; ejemplo Vitrinita = 88.1, Exinita = 0.1, Resinita = 0.1. Esos macerales se formaron como consecuencia de la transformación de las plantas originarias bajo rigurosas condiciones externas de calor y presión, así como a partir de procesos bioquímicos.

En capítulos posteriores, la constitución química del carbón analizado se define completamente, partiendo de los resultados analíticos aleatorios disponibles en la Mina III - MIMOSA (Planta Lavadora I); ejemplo:

% humedad = NR, Materia volátil = 24.98 %, Cenizas secas = 10.36 %,

Carbón fijo = 64.66 %, Oxidación = 97.8%

Dado que existen tipos muy diferentes de carbones se comprende que la naturaleza, la composición y la estructura del carbón, así como toda una serie de condiciones o circunstancias particulares de la Mina III - MIMOSA van a influir de manera definitiva en la mayor o menor tendencia del carbón al autocalentamiento (fotografía 3.1).

Adelantándose a posteriores análisis y conclusiones, se puede afirmar que la autoignición y el comportamiento de un carbón frente a un incendio dependen, en primera instancia de su naturaleza o propiedades físicas y químicas, así como de las condiciones medioambientales, reinantes.

Comúnmente, un fuego es definido como un desprendimiento simultáneo de calor, luz y de llama producido por combustión de ciertos cuerpos. Un incendio es un fuego en propagación que causa y hace destrozos (devastación). Según estas definiciones no hay entre fuego e incendio más que una diferencia: la intensidad lumínica y calorífica.



Fotografía 3.1. Riesgo de autocalentamiento de un carbón en contacto directo con la atmósfera.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

3.1. Combustión.

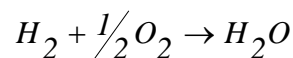
La *combustión* es una reacción de oxidación - reducción rápida y exotérmica. La sustancia reductora se llama combustible (ver fotografía 3.2), y la sustancia oxidante, comburente. El combustible y el comburente pueden encontrarse en fase sólida, líquida o gaseosa. La combustión puede desarrollarse en fase gaseosa (gas combustible y gas comburente).



Fotografía 3.2. Detalle donde se observa el combustible en fase sólida (carbón) en proceso de combustión originado por el oxidante.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

El calor de reacción se define como la energía que se gana o se pierde cuando tiene lugar una determinada reacción. Así, una reacción puede ser:

- Endotérmica: para que se produzca tiene que recibir una determinada cantidad de energía para que la reacción continúe.
- Exotérmica: son las que al producirse liberan calor. Por ejemplo:





En la figura 3.1 se representan las energías puestas en juego durante una reacción exotérmica.

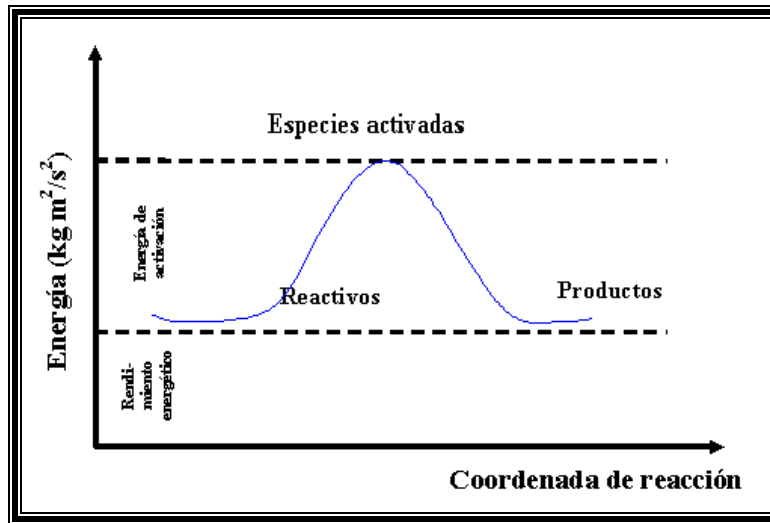


Figura 3.1. Energías de reacción.

(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, 1997).

En este tipo de reacción exotérmica se disipa parte de la energía al ambiente, provocando los efectos térmicos del incendio, y el resto calienta a los más reactivos, aportando la energía de activación necesaria para que el proceso continúe.

El desprendimiento de energía tiene lugar en forma térmica (calor) y luminosa (llamas o incandescencia visible o no visible). Según el tipo de emisión luminosa, las combustiones se clasifican en:

- *Combustiones con llama*: se desarrolla en la fase gaseosa (gas combustible – gas comburente). Por ejemplo: uso de carbón en hogares (ver fotografía 3.3 y 3.5).
- *Combustiones incandescentes (sin llama)*: es una combustión superficial de un sólido, que se desarrolla en fase mixta (sólido combustible – gas comburente). Ver fotografía 3.4.



Fotografía 3.3. Carbón humeando sin llama.

(Fuente: Fotografía tomada por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).



Fotografía 3.4. Carbón incandescente.



Fotografía 3.5. Carbón en llama.

(Fuente: Fotografía tomada por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

De acuerdo a la forma en que se desarrolla la combustión, ésta recibe el nombre de *combustión de aportación* o *combustión de mezcla preformada*:

- a) La *combustión de aportación* se inicia y mantiene mediante la aportación continua, por dosificación o aportación, de una cantidad limitada de combustible y comburente; en determinadas condiciones seguramente con la aparición de llama.
- b) La *combustión de mezcla preformada* se inicia y desarrolla en una mezcla de combustible y comburente formada previamente, y se desarrolla como una reacción de propagación. Es decir, que la ignición tiene lugar en un punto localizado de la mezcla y la combustión se propaga en un frente que separa los productos de la combustión de la mezcla a reaccionar. Si la velocidad de propagación es inferior a la del sonido (340 m/s), tiene lugar una *deflagración*; y si la velocidad es igual o mayor a la del sonido, tiene lugar una *detonación*.

Otras clases de combustiones, en función de diferentes circunstancias que afectan a su inicio y desarrollo, son:

- La *combustión espontánea*, que se inicia a temperatura ambiental sin un aporte de calor externo.
- La *combustión latente*, es una combustión de aportación, lenta y sin manifestaciones luminosas visibles.
- La *combustión súbita generalizada "flashover"*, incendio desencadenado por un aporte repentino de oxígeno en el interior de un espacio, en el que se verá una combustión latente incompleta, provocando que el incendio envuelva súbitamente a todos los combustibles presentes en el interior del espacio.

3.2. Fuego.

Es la consecuencia física de la combustión en forma de calor y luz. Una combustión viva es entendida generalmente como un incendio, cuya alimentación se inicia mediante el aporte externo de calor; el cual puede provenir:

- De un fuego desatado sobre materiales combustibles (fotografía 3.6).
- De una explosión de grisú.
- De una explosión de polvo de carbón.
- De rozamiento mecánico (fotografía 3.7).
- Del equipo eléctrico (fotografía 3.8).



Fotografía 3.6. Riesgo de incendio provocado por la dispersión de material combustible en el ambiente laboral.



Fotografía 3.7. Riesgo de incendio por calentamiento, derivado del rozamiento entre los rodillos y la banda.

(Fuente: Mina III - MIMOSA).



(a)



(b)

Fotografía 3.8 (a y b). Riesgo de fuego derivado del funcionamiento anómalo generado por un insuficiente mantenimiento de las instalaciones eléctricas.

(Fuente: Mina III - MIMOSA).

3.2.1. El Tetraedro del fuego y sus componentes.

Desfasada y ya superada la teoría representada por el triángulo del fuego, para explicar los complejos procesos de combustión, en la actualidad algunos de estos quedan simplificados y representados gráficamente mediante **el tetraedro del fuego**, que está conformado por los elementos esenciales del fuego: combustible, comburente, calor suficiente o energía de activación, y la inclusión de las reacciones en cadena como un cuarto elemento. Así, y considerando esta figura como un cuerpo geométrico, se entiende que si se elimina alguna de las caras de ese cuerpo (elemento esencial del fuego), el poliedro original desaparece como estructura y por lo tanto el fuego se suprime por carecer de, al menos, de uno de los cuatro elementos (ver figura 3.2).

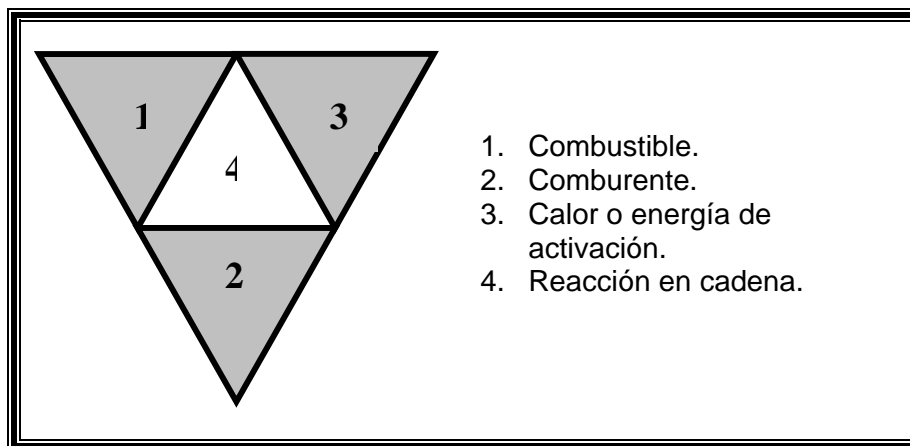
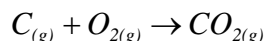
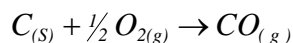


Figura 3.2. Tetraedro del fuego.

(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, 1997).

3.2.1.1. Combustible.

Se define como combustible a toda sustancia susceptible de combinarse con el oxígeno de forma rápida y exotérmica. Por ejemplo, monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro e inodoro que se forma frecuentemente de una combustión incompleta del carbón o de los compuestos que contienen carbono y el oxígeno.



a) Peligrosidad de un combustible respecto a su posible ignición.

Todos los combustibles arden o entran en combustión en fase gaseosa; cuando el combustible es sólido o líquido, es necesario un aporte previo de energía para llevarlo al estado gaseoso. La peligrosidad respecto a una posible ignición depende de varios factores:

- Concentración combustible - aire precisa.
- Temperatura mínima a la que el combustible emite suficientes vapores para alcanzar dicha concentración.
- Energía de activación que es necesario aportar a la mezcla para que se inicie el proceso y se desarrolle la reacción en cadena.

En el capítulo 7 se analizarán las anteriores variables físicas para el caso concreto del carbón objeto del estudio.

Estas variables se pueden analizar por medio de unas constantes físicas, propias de cada combustible, y las más importantes son:

- Límites de inflamabilidad.
- Temperatura o puntos de inflamabilidad.
- Temperatura de autoignición.



➤ *Límites de inflamabilidad.*

Los límites de inflamabilidad, son los límites extremos de concentración de un combustible en mezcla inflamable con un comburente. El límite superior de inflamabilidad es la máxima concentración de vapores de combustible en mezcla de un comburente (LSI). El límite inferior es la mínima concentración de vapores de combustible en mezcla de un comburente (LII). Es decir, por encima y debajo de estos límites, no se puede producir la combustión.

Estas concentraciones se expresan en porcentajes de volumen de vapores de combustible en mezcla de aire (tabla 3.1).

➤ *Temperatura o Puntos de inflamabilidad.*

Es la temperatura mínima a la cual una sustancia combustible desprende la suficiente cantidad de vapores para que, mezclados con el aire, se produzca la ignición mediante el aporte de una energía de activación. Esta temperatura se denomina punto inferior de inflamabilidad o punto de inflamación. También hay una temperatura máxima, y por encima de esta la emisión de vapor es demasiado alta, por lo que superará el LSI y la combustión no se produciría por defecto de oxígeno. Esta temperatura se llama punto máximo de inflamabilidad.

La temperatura de inflamación es un indicativo de la peligrosidad de un combustible. Cuando más bajo sea el punto de inflamación mas fácilmente desprenderá vapores un combustible (tabla 3.1).

➤ *Temperatura de autoignición.*

Es la mínima temperatura a la que debe calentarse un combustible en presencia de aire, para que se produzca una combustión espontánea, sin el aporte de una fuerza de activación externa o un foco de ignición.

La temperatura de autoignición de un combustible sólido está influida por los índices de circulación de aire de calentamiento o ventilación, y por las dimensiones y formas del sólido. Para combustibles como gases y líquidos, los factores que intervienen sobre la temperatura de autoinflamación son la concentración de la mezcla, la forma y tamaño del espacio donde se produce la ignición, régimen y duración del calentamiento, tipo y temperatura de la fuente de calor, catalizadores, efectos de otros materiales y concentración de oxígeno.

Esta temperatura hay que considerarla sólo como una referencia, ya que puede variar sustancialmente al cambiar las condiciones (tabla 3.1).



Tabla 3.1. Características de inflamabilidad.

Producto	Punto de inflamación en °C.	Temperatura de autoignición en °C.	Límites de inflamabilidad en % de volumen de aire.	
			Inferior	Superior
Acetileno	----	335	2.5	81
Benceno	-11	560	1.3	7.1
Butano	----	405	1.9	8.5
Gasolina 100 octanos	-38	456	1.4	7.4
Glicerina	160	392.8	-----	----
Keroseno fuel oil	38	210	0.7	5
Metano	----	540	5.3	14

(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, 1997).

b) *Peligrosidad de un combustible respecto a la energía y productos emitidos en su combustión.*

Los factores más importantes que contribuyen a la peligrosidad de un combustible una vez inflamado son:

➤ *Calor de combustión.*

Es la cantidad de calor que se puede emitir por unidad de masa combustible, durante un proceso de combustión completa. Se expresa en megajulios por kilogramo de combustible (MJ/kg).

➤ *Reactividad.*

Una especie química es más reactiva cuanto mayor sea su tendencia a combinarse con otra. En general, la reactividad puede asociarse con la liberación de calor, de modo que ésta es función de aquélla.

➤ *Toxicidad de los productos en combustión.*

Durante la combustión del carbón, se emiten humos y gases que por su gran toxicidad dificultan las condiciones de evacuación y extinción.

➤ *Velocidad de combustión.*

Es la cantidad de combustible consumida por unidad de tiempo en unas condiciones dadas. La velocidad aumenta a medida que disminuye la compactación del combustible, pudiendo ser en ocasiones explosiva.

➤ *Velocidad de propagación de la llama.*

Es la velocidad superficial de las llamas de un combustible, y nos refleja la capacidad de extensión y propagación de un incendio. Este parámetro sólo es aplicable a combustibles sólidos y en especial a los utilizados como revestimientos.

3.2.1.2. Comburente.

Se denomina comburente a toda mezcla de gases en la cual el oxígeno está en proporción suficiente para que en su seno se produzca la combustión. Debido a ello, el aire, que contiene aproximadamente el 20% en volumen de oxígeno es el comburente más común en todos los fuegos (en la Mina III - MIMOSA se midió un porcentaje de O₂ que se presentará en los capítulos posteriores).



El aire es la principal fuente de oxígeno, si bien existen materiales que tienen tal composición química que pueden aportar oxígeno en ausencia de aire. En una mina, la forma de aportar oxígeno es a través de la ventilación (en las áreas de explotación y desarrollo), fallas, fracturas, aguas subterráneas, etc.

La combustión puede ocurrir en una atmósfera minera, en concentración de CH₄, CO, CO₂, acumulación de polvo o lecho de polvo en la que se produce un calentamiento y de SO₂. En los capítulos siguientes se presentarán los gases que se monitorearon en la Mina III - MIMOSA.

3.2.1.3. Energía de activación.

Es la energía mínima necesaria para que se inicie la reacción exotérmica. Depende de la naturaleza del combustible y de las condiciones en las que éste se manipule (presión, temperatura, concentración, grado de subdivisión, etc.). La energía de activación es proporcionada por los focos de ignición.

Podemos decir que un foco puede provocar la ignición de un material combustible, si su energía, en intensidad y cantidad, es suficiente para aumentar la temperatura de una parte del combustible por encima de su punto de autoinflamación.

De acuerdo a su naturaleza los focos de ignición se clasifican en:

FOCO	TIPO DE RIESGO	EJEMPLO DE ÁREA DE RIESGO
Focos eléctricos	<ul style="list-style-type: none">➤ Cortocircuitos.➤ Arco eléctrico.➤ Cargas estáticas.➤ Otros.	<ul style="list-style-type: none">➤ Frente mecanizado de trabajo.➤ Materiales eléctricos.➤ Rozadora.
Focos químicos	<ul style="list-style-type: none">➤ Reacciones exotérmicas.➤ Sustancias reactivas.➤ Sustancias auto - oxidables.	<ul style="list-style-type: none">➤ Autocalentamiento del carbón.
Focos térmicos	<ul style="list-style-type: none">➤ Condiciones térmicas ambientales.➤ Procesos de soldadura.➤ Chispas de combustión.➤ Superficies calientes.➤ Otros.	<ul style="list-style-type: none">➤ Zonas ya minadas (abandonadas).
Focos mecánicos	<ul style="list-style-type: none">➤ Chispas de herramientas.➤ Roces mecánicos.	<ul style="list-style-type: none">➤ Martillo picador (pie).➤ Bandas transportadoras.

(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, 1997).

3.2.1.4. Reacción en cadena.

Es el proceso que permite la propagación del incendio, siempre que la energía de activación sea suficiente y produzca la mezcla combustible – comburente.



3.2.2. Comportamiento de los materiales frente al fuego.

El comportamiento frente al fuego de los materiales es la respuesta de un material o producto (reacción al fuego) o actuación de un elemento de fortificación, bandas transportadoras y equipos eléctricos dentro de una mina (resistencia al fuego) en condiciones de soporte, es decir, la reacción al fuego es la potencial resistencia de estos materiales en presencia de un incendio, y está determinada por la combustibilidad del material, el cual se define en los mismos parámetros: velocidad de propagación de la llama, velocidad de combustión, desprendimiento de calor, desprendimiento de humos, etc. (ver fotografía 3.9).



Fotografía 3.9. En la Mina III - MIMOSA se tiene como potencial contribución a la propagación del fuego la existencia de troncos de madera seca (monos).
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

La resistencia del fuego (RF) es la capacidad de un elemento de mantener su función portante bajo la acción del fuego durante un tiempo determinado; se mide mediante el parámetro de estabilidad al fuego. La clasificación viene dada en función del tiempo en minutos que, un elemento dado, mantiene dichas características bajo la acción del fuego.

Se define por su grado de combustibilidad, clasificándose en 5 grupos:

- M0: No combustible.
- M1: Dificilmente combustible.
- M2: Combustible.
- M3: Dificilmente inflamable.
- M4: Inflamable.

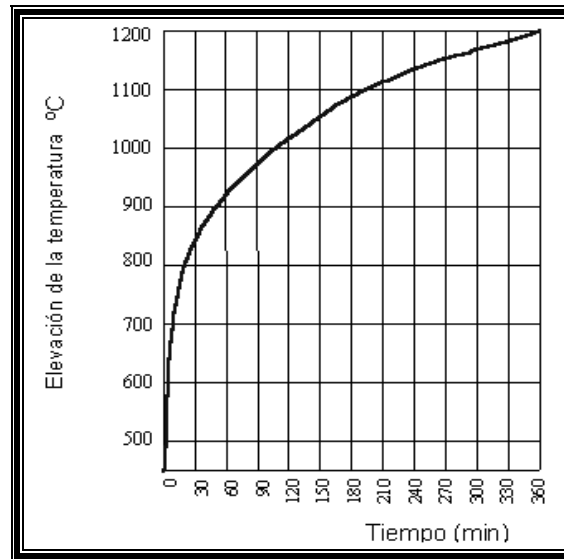


Figura 3.3. Curva normalizada para ensayos de resistencia al fuego.
(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, 1997).

Las siguientes características físicas aplicables a todos los materiales potencialmente involucrados en un incendio, que pueden modificar el inicio del fuego, su desarrollo, los daños originados o el diseño de la protección requerida.

- *Densidad relativa de vapor:* es la relación entre las masas de dos volúmenes, medidos en condiciones idénticas, de un gas puro y de aire seco. De modo que si el valor de este parámetro es inferior a la unidad, entonces el gas es más ligero que el aire, y más pesado en caso contrario. Es de gran importancia para los gases que puedan verse implicados, y en función de estos se diseñará la detección y la ventilación; también es importante tomar en cuenta el aumento de la flotabilidad de los gases al incrementarse la temperatura.
- *Calor específico:* o capacidad calorífica específica, es la cantidad de calor necesaria para elevar a una cierta temperatura una determinada masa de sustancia. Se expresa en $\left(\frac{J}{kg \cdot K}\right)$.
- *Conductividad calorífica:* es la capacidad que dicho material posee para transmitir el calor a través de su masa.
- *Dilatación:* es el aumento de volumen que experimenta un cuerpo, que suele ser proporcional al incremento de la temperatura. El factor de proporcionalidad se denomina coeficiente de dilatación, que es una magnitud tensorial que determina el aumento de longitud, área o volumen, experimentado por un cuerpo por unidad de temperatura. El efecto de la dilatación será el aumento de dimensiones y por consiguiente la disminución de la densidad, si el material afectado se encuentra libre de ligaduras, en caso contrario se dará origen a sobreposiciones en sí mismos o en elementos adyacentes al ser expuestos a las altas temperaturas de un incendio.
- *Resistencia mecánica de los sólidos:* esta resistencia varía frente a la presión, flexión, torsión, etc., con intervención de la temperatura.

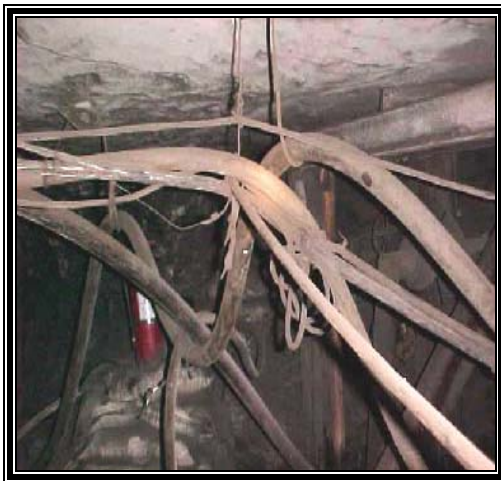


3.2.3. Clasificación del fuego.

Según el tipo de combustible, los fuegos se clasifican en cuatro clases, que se corresponden con las cuatro primeras letras del abecedario:

- *Fuegos de clase A:* Son los producidos o generados por combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja para uso de semoviente, etc. Retienen el oxígeno en su interior, formando brasas.
- *Fuegos de clase B:* Son los producidos o generados por combustibles líquidos, tales como gasolinas, aceites, pinturas, grasas, etc., o aquellos sólidos que a la temperatura de ignición se encuentran en estado líquido, como asfaltos, parafinas, etc. Solamente arden en su superficie, ya que está en contacto con el oxígeno del aire.
- *Fuegos de clase C:* Son los producidos o generados por sustancias gaseosas, tales como propano, metano, hexano, gas ciudad, butano, etc.
- *Fuegos de clase D:* Son los producidos o generados por metales combustibles, tales como magnesio, aluminio en polvo, sodio, circonio, etc.

Es frecuente que alguna de estas clases se desarrolle en presencia de energía eléctrica, como en el caso de incendios de equipos eléctricos de mina, cables eléctricos, etc. En estos casos, al peligro que representa el fuego, se añade el riesgo de electrocución, por lo que al intentar apagar el fuego debe ser considerado esto y tomar las oportunas medidas de prevención y protección (ver fotografía 3.10).



Fotografía 3.10. Ejemplos de situación riesgosa en el cañón principal de la Mina III – MIMOSA: cables de media tensión deteriorados (a la izquierda) y de acto inseguro (a la derecha).
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

3.2.4. Carga térmica y curvas de fuego.

Para medir la energía de combustión, se utiliza el término de carga térmica, que es la cantidad de calor por unidad de superficie que produciría la combustión total de los materiales combustibles. Se expresa en (kJ/m^2) o su equivalente en masa (kg/m^2) de madera; teniendo en cuenta que la combustión total de la madera libera $16.75 (MJ/cm^2)$.



Su cálculo se efectúa aplicando la fórmula:

$$Q_t = \frac{\sum (m_i \times p_i) + \sum (m_m \times p_m)}{s}$$

Donde:

Q_t = carga térmica (MJ/m^2).
 m = masa total de un material combustible (Kg).
 p = calor de combustión del combustible (MJ/kg).
 s = superficie total (m^2).

Si el subíndice es i , el parámetro se refiere al inmueble, y si es m al mobiliario.

La intensidad de un incendio es función de la duración del fuego y la temperatura alcanzada. La duración del fuego depende de la cantidad de material combustible presente, de su distribución espacial y de su velocidad de combustión. Las temperaturas alcanzadas dependen, del calor de combustión de los materiales presentes.

Las curvas tiempo – temperatura de la figura 3.4 muestran la velocidad de aumento de la temperatura dentro de una zona dada, según el tipo de uso o empleo que se dé al edificio involucrado, comparado con la curva normalizada.

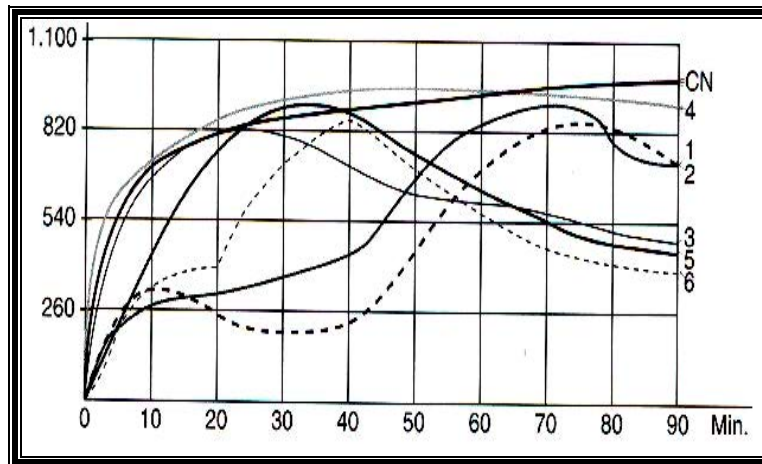


Figura 3.4: Curvas de tiempo – temperatura reales comparadas con la curva normalizada.
(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, Edición 1997).

CN: curva normalizada.

1, 2 y 3: edificios de oficinas; $14 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ de material combustible.

4: cámara de almacenamiento de documentos; $55 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ de material combustible.

5: almacén de mobiliario doméstico; $12 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ de material combustible.

6: vivienda unifamiliar; $8.5 \text{ (kg}/\text{m}^2)$ de material combustible.

Aunque la curva normalizada puede utilizarse como referencia útil para los ensayos de incendios en general, representa en realidad unas condiciones de intensa gravedad del fuego que sólo se dan en las etapas iniciales de los fuegos reales y cuando los materiales combustibles favorecen el rápido desarrollo del fuego a altas temperaturas.



En la figura 3.5 se compara la variación de la temperatura a lo largo del tiempo en función de que el fuego sea un fuego natural o un fuego lento.

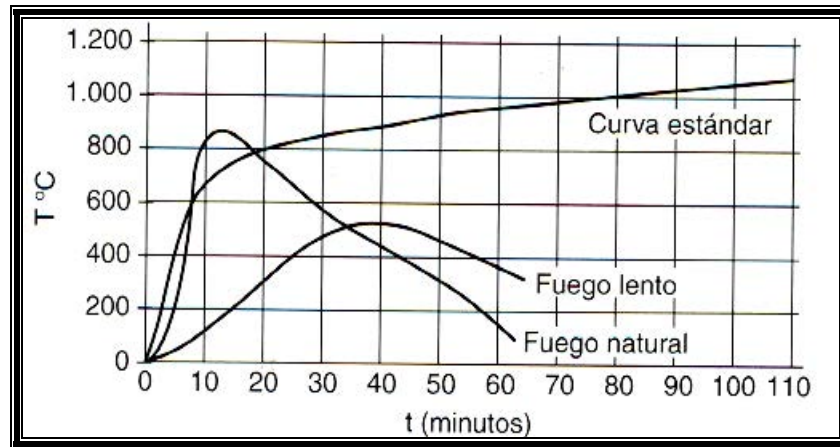


Figura 3.5: Curvas de fuego natural y de fuego lento.
(Fuente: Manual de Seguridad contra Incendios. Fundación MAPFRE, Edición 1997).

Es importante tener en cuenta que dos materiales con igual poder calorífico total pueden tener diferentes velocidades de combustión, por lo que no originan fuegos con la misma duración.

3.2.5. Transmisión de calor.

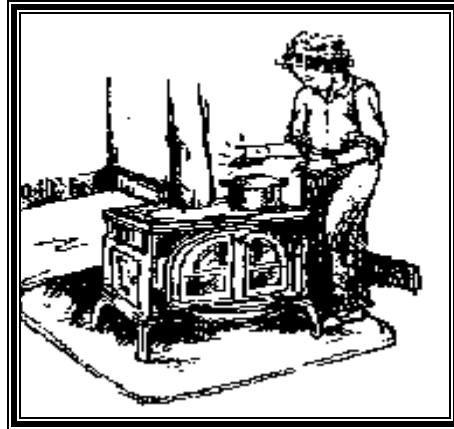
El calor se transmite por: conducción, convección, radiación y contacto directo de la llama.

➤ *Conducción.*

Es la transferencia de calor por contacto directo entre dos cuerpos. La conducción de calor tiene lugar únicamente cuando las distintas partes del cuerpo se encuentran a temperaturas diferentes y la dirección del flujo calórico es siempre de los puntos de mayor a los de menor temperatura (ver dibujo 3.1).

Podemos decir que la cantidad de calor que atraviesa una superficie es directamente proporcional a dicha superficie y a la diferencia de temperaturas, e inversamente proporcional al espesor. La constante de proporcionalidad es el coeficiente de conductividad térmica (K). A mayor conductividad térmica, mayor es la cantidad de calor que pasa por unidad de tiempo si los demás factores permanecen iguales.

Es la forma de transmisión del calor que interviene en el proceso físico-químico del autocalentamiento del carbón. Se tratará con mayor detenimiento en el capítulo 4, punto 4.7.

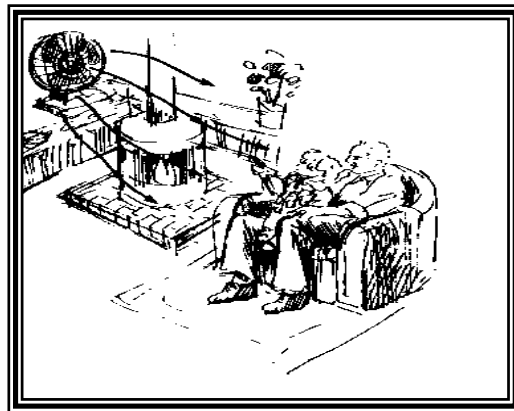


Dibujo 3.1. Forma de transmisión del calor por conducción. (A través de la moléculas de un cuerpo sólido sin el desplazamiento de estas).
(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

➤ *Convección.*

Es la transferencia de calor producida por el movimiento de aire. El calor que se produce en un fuego se transfiere al aire circundante por conducción, pero el calentamiento de los objetos que se encuentran en el edificio, se produce a través de la circulación del aire caliente que se expande y se eleva, por ello la transferencia de calor por convección ocurre regularmente en sentido ascendente aunque esta transferencia puede conseguirse en distintas direcciones (ver dibujo 3.2).

Podemos decir que este sistema de transmisión del calor es el que más influencia tiene en la propagación del fuego a través de un edificio.



Dibujo 3.2. Forma de transmisión del calor por convección. (Transferencia del calor producido por el movimiento de aire).
(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

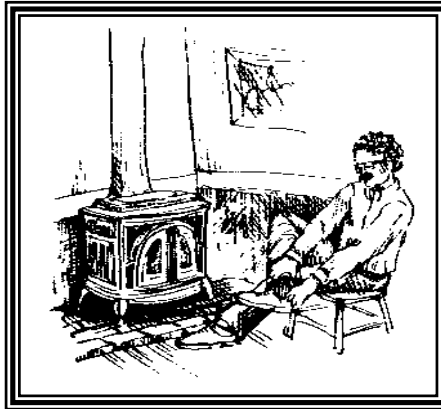
➤ *Radiación.*

Es la transferencia de calor producida por la emisión de ondas electromagnéticas, dichas ondas se mueven a través del espacio o de los materiales a la velocidad de la luz (300,000 km/s o 300'000,000 m/s), siendo absorbidas por los cuerpos que no son transparentes a ellas (cuerpo opacos).

La energía radiante emitida por una superficie, por unidad de tiempo y por unidad de área, depende de la naturaleza de la superficie y de su temperatura. A menor



temperatura, la radiación por unidad de tiempo es más pequeña. Cuando la temperatura aumenta, la radiación por segundo crece rápidamente, siendo proporcional a la cuarta potencia de la temperatura.

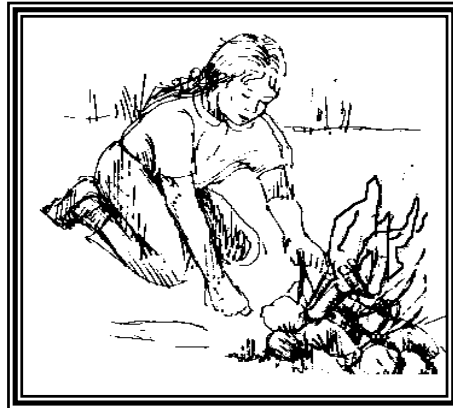


Dibujo 3.3. Transmisión del calor por radiación. (Es la transmisión del calor en forma de ondas debido a rayos emitidos por cuerpos calientes, en forma similar a la radiación solar).

(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

➤ *Contacto directo de la llama.*

Cuando una sustancia es calentada hasta el punto en que emite vapores inflamables. Estos vapores, al entrar en combustión, hacen que ardan las sustancias de su alrededor y así sucesivamente.



Dibujo 3.4. Transmisión del calor por contacto directo con las llamas.

(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

3.2.6. Productos y manifestaciones de la combustión.

La combustión origina productos químicamente modificados, dependiendo del combustible y comburente reaccionantes: gases de combustión, humos y restos de productos. También se produce la liberación de energía, en forma de llamas y calor.



3.2.6.1. Gases de combustión.

La mayoría de los materiales combustibles contienen carbono, que al quemarse forma anhídrido carbónico (CO_2), si la concentración de aire es suficiente y la combustión completa. Pero pueden producir monóxido de carbono (CO), si la concentración de aire es pobre.

El CO y CO_2 , unidos al vapor de agua, son los gases de combustión más abundantes en los incendios; estos suelen ir acompañados por el amoníaco (NH_3), anhídrido sulfuroso (H_2SO_3), ácido clorhídrico (HCl).

El tipo de gases que se forman dependen de la composición química del combustible, la cantidad de oxígeno disponible y la temperatura alcanzada.

Período de exposición	Gases					
	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)	ÓXIDOS DE NITRÓGENO ($\text{NO} + \text{NO}_2$)	SULFURO DE HIDRÓGENO (SH_2)	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)	HIDRÓGENO (H_2)
8 HORAS	50 ppm	5,000 ppm o 0.50 %	10 ppm	10 ppm	5 ppm	1,000 ppm o 0.10%
CORTO	100 ppm	12,500 ppm o 1.25%	25 ppm	50 ppm	10 ppm	10,000 ppm o 1%

(Fuente: Fernández, Alberto. "Apuntes de Seguridad integral". Facultad de Ingeniería. UNAM).

3.2.6.2. Explosividad de los Gases de Incendio.

Una explosión puede ser definida como un proceso en el cual las tasas de generación de calor son tales que ocasionan un aumento de temperatura y de la presión que, según sea la velocidad de la combustión a través de la mezcla, pueden llegar a ser muy grandes, si bien en parte pueden también ser mitigados por la expansión del aire.

Esto produce una onda explosiva que se propaga en todas las direcciones disponibles y que en una mina es comprimida por las paredes de las galerías, originando un incremento en la velocidad de la propagación.

Una explosión de gases producida por incendio puede ocurrir sólo bajo las siguientes condiciones cuando:

- Los gases explosivos forman una mezcla cuya concentración resulta peligrosa.
- El contenido de oxígeno en la atmósfera es el requerido por los gases explosivos presentes.
- La temperatura, la llama o la chispa son suficientes para encender la mezcla de gases.



Si no se presenta alguno de los tres factores mencionados, la explosión no ocurre. En la tabla 3.3 se presentan los gases que pueden aparecer en la atmósfera minera en caso de incendio.

Se deben considerar los límites de explosividad, tanto el límite inferior, o concentración mínima de un gas combustible que mezclada con el del aire puede ocasionar una explosión, como el superior, o concentración máxima de un gas combustible por encima de la cual éste no explota ya que el contenido de oxígeno es demasiado pequeño. Ambos límites varían con la presión y la temperatura (tabla 3.4).

Tabla 3.3. Concentración de gases en una atmósfera minera en caso de un incendio.		
Gas	Fórmula química	Cantidades promedio encontradas en las minas (%)
Oxígeno	O ₂	1.0 - 20
Metano	CH ₄	0.2 - 80
Monóxido de carbono	CO	0.001 - 7
Hidrógeno	H ₂	0 - 2
Hidrocarburos	C _x H _y	0 - 2
Dióxido de carbono	CO ₂	0.4 - 20
Nitrógeno	N ₂	0.2 - 7

Tabla 3.4. Límites de explosividad de gases combustibles.		
Gas	Límite de explosividad	
	Inferior (%)	Superior (%)
Metano	5.0	14.0
Monóxido de carbono	12.5	74.2
Hidrógeno	4.0	74.2
Sulfuro de hidrógeno	4.3	45.5
Etano	3.0	12.4
Etileno	2.7	36.0
Propano	2.1	9.5

(Tablas tomadas de: Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. "Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón". Medellín, Colombia, 2000).

Los gases cuya concentración está comprendida entre los límites de explosividad inferior y superior constituyen una mezcla explosiva.

Toda explosión viene acompañada de fenómenos específicos que representan una amenaza. Algunos de estos son:

- Una elevación temporal de la presión del aire originada por la onda y la temperatura de explosión, lo cual afecta al personal y deteriora las excavaciones mineras.
- El estrépito que acompaña a la explosión.
- Temperaturas muy altas que pueden ocasionar un incendio.



- d) La onda explosiva del aire, que puede causar deterioro al sostenimiento de las explotaciones, lesiones al personal y nubes de polvo de carbón con posibilidad de estallar, para originar una explosión secundaria de los gases causada por la llama de la explosión.
- e) La contaminación de la atmósfera con los gases desprendidos en la explosión.

3.2.6.3. Determinación de la explosividad de los gases producidos por incendio.

Para evaluar la explosividad de una mezcla de gases en una atmósfera minera, se han desarrollado varios métodos que permiten calcular el máximo contenido de oxígeno permisible y determinar la composición de la mezcla en un diagrama de explosividad.

a) Diagrama de Coward (Triángulo de Coward).

Cuando ocurre un incendio, las mezclas de los gases explosivos se pueden propagar lejos de las zonas inmediatas a éste, con un aumento en la concentración de los gases combustibles y una disminución en la concentración de oxígeno, hasta alcanzar un rango en que éste es explosivo. Pero también cuando se presenta una dilución de gases como consecuencia de la reapertura de un área antes incendiada y la mezcla de gases puede alcanzar un rango explosivo.

Por estas razones, es necesario que tales situaciones se prevean y controlen mediante análisis de los límites de explosividad de los gases y las mezclas gaseosas.

De acuerdo con las proporciones de los gases, una atmósfera puede resultar explosiva o no. En general, los gases contenidos en una muestra son gases combustibles (CH_4 , H_2 , CO), gases inertes (exceso de N_2 y exceso de CO_2) y aire.

En la figura 3.6 se muestran en forma individual los triángulos de explosividad de Coward para el CH_4 , el CO y el H_2 , gases más comunes desprendidos en los incendios, y en la tabla 3.5 se presentan las coordenadas de esos puntos.

Tabla 3.5. Coordenadas de los vértices de los triángulos de explosividad de Coward.				
Gas	Límites de explosividad		Valor estequiométrico	
	Inferior	Superior	Gas	Oxígeno
Metano	5.0	14.0	5.9	12.2
Monóxido de carbono	12.5	74.2	13.8	6.1
Hidrógeno	4.0	74.2	4.3	5.1

(Fuente: Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. "Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón". Medellín, Colombia, 2000).

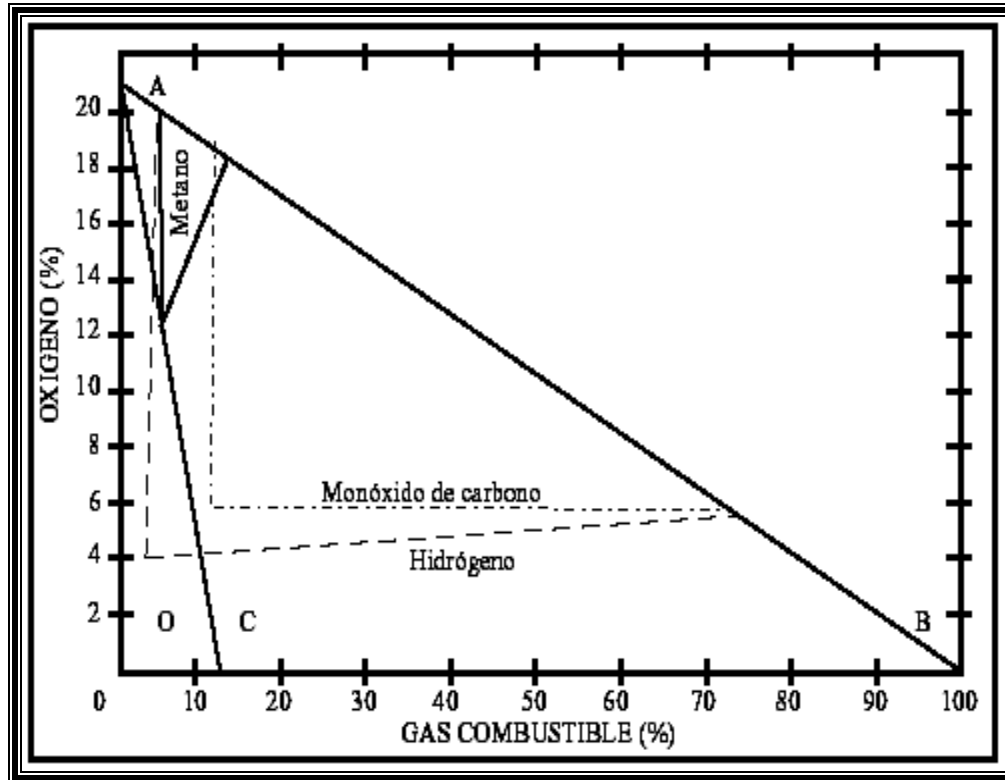


Figura 3.6. Triángulo de Coward para el CH₄, H₂ y CO.
(Fuente: McPherson, 1993).

Si se considera que los gases mencionados en la figura 3.6 tienen una concentración (en %) de p_1 , p_2 y p_3 , para el CH₄, el CO y el H₂, respectivamente, y que, además, ellos no reaccionan químicamente entre sí, se obtiene la concentración total de combustibles (p_t) mediante la suma de la concentración de cada uno de los gases, así:

$$p_t = p_1 + p_2 + p_3(\%) \quad (1)$$

Además, el principio de Le Chatelier permite determinar que a los límites de explosividad de los gases, L_1 , L_2 y L_3 (límites superior, inferior y cumbre), les corresponde un límite de explosividad de la mezcla (L_t), dado por:

$$\frac{p_t}{L_t} = \frac{p_1}{L_1} + \frac{p_2}{L_2} + \frac{p_3}{L_3} \quad (2)$$

En la figura 3.6 sobre la línea AB, están situados los límites de explosividad tanto superior como inferior de los respectivos gases. Sin embargo, el contenido mínimo de oxígeno para que la mezcla sea explosiva puede determinarse calculando el exceso de gases, como el nitrógeno, que tienen que adicionarse para alcanzar dicho valor. En el caso del CH₄, si se parte de algún punto situado sobre la línea AB y se adiciona N₂, el punto se moverá en línea recta hacia el origen (O). La mezcla resulta no explosiva cuando el punto cruza la línea AC. En este momento tendrá que adicionarse una cantidad determinada de N₂, la cual, cuando es expresada por unidad de volumen de CH₄, es una constante.



Al seleccionar el punto B sobre la línea AB y adicionar N_2 , el punto se moverá hacia el origen (O) y atravesará la línea no explosiva en el punto C, donde la concentración de CH_4 es del 14.14%; la parte restante ($100 - 14.14\%$) corresponde a un contenido de N_2 del 85.86%. Esto significa que se debe adicionar, $85.86/14.14 m^3$ de N_2 por cada metro cúbico de CH_4 . En forma similar, se calculan los respectivos valores para el CO y el H_2 (Tabla 3.6.).

Tabla 3.6. Volumen de nitrógeno (N^+) que debe ser adicionado para que los gases no sean explosivos.	
Gas combustible	$m^3(\text{nitrógeno}) / m^3(\text{gas combustible})$
Metano	6.07
Monóxido de carbono	4.13
Hidrógeno	16.59

(Fuente: Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. "Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón". Medellín, Colombia, 2000).

En el caso de una mezcla de gases combustibles, el exceso de N_2 requerido se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$N_{ex} = \frac{Lc}{pt} \cdot (N_1^+ p1 + N_2^+ p2 + N_3^+ p3) \% \quad (3)$$

Donde Lc es el porcentaje de mezcla combustible (calculado de la ec. 2) y pt es la concentración total de combustible (%).

El mínimo contenido de oxígeno se obtiene así:

$$O_2(\text{min}) = 0.2093 \cdot \{100 - N_2(ex) - Lc\} \% \quad (4)$$

Si se tiene una mezcla con un contenido de 9% CH_4 , un 6% de CO, un 4% de H_2 , un 7% de O_2 y un 74% de gases inertes, pt ($CH_4 + CO + H_2$) es igual a 19% y el Triángulo de Coward se construye de la siguiente manera:

De la ecuación 2, se calcula el límite de explosividad inferior (L_{inf}):

$$\frac{19}{L_{inf}} = \frac{9}{5} + \frac{6}{12.5} + \frac{4}{4}, \quad L_{inf} = 5.79\%(\text{combustible})$$

El valor límite superior (L_{sup}):

$$\frac{19}{L_{sup}} = \frac{9}{14.0} + \frac{6}{74.2} + \frac{4}{74.2}, \quad L_{sup} = 24.68\%(\text{combustible})$$



El límite de explosividad de la mezcla (Lm):

$$\frac{19}{Lm} = \frac{9}{5.9} + \frac{6}{13.8} + \frac{4}{4.3}, \quad Lm = 6.57\%(\text{combustible})$$

Los valores del lado derecho de la igualdad se toman de la tabla 3.4.

De la ecuación 3 y la tabla 3.6, se calcula el exceso de N_2 requerido para una atmósfera explosiva:

$$N_{ex} = \frac{6.57}{19} \cdot [(6.07 \times 9) + (4.13 \times 6) + (16.59 \times 4)] = 50.41\%$$

Ahora, el contenido mínimo de O_2 está dado por la ecuación 4:

$$O_2(\text{min}) = 0.2093 \cdot (100 - N_{2ex} - Lm)\% = 9\%$$

Una vez completamente definidos los tres vértices del Triángulo de explosividad se llevan al diagrama de Coward (figura 3.6). El punto que representa la muestra no es explosivo, pero puede llegar a serlo si se mezcla con aire. El *triángulo de Coward* es útil en el seguimiento de las mezclas de gases, aunque para esto se requiere graficar los análisis de cada una de las muestras, ya que cada vez el respectivo triángulo cambia de forma y de posición, lo mismo que el punto que representa la mezcla.

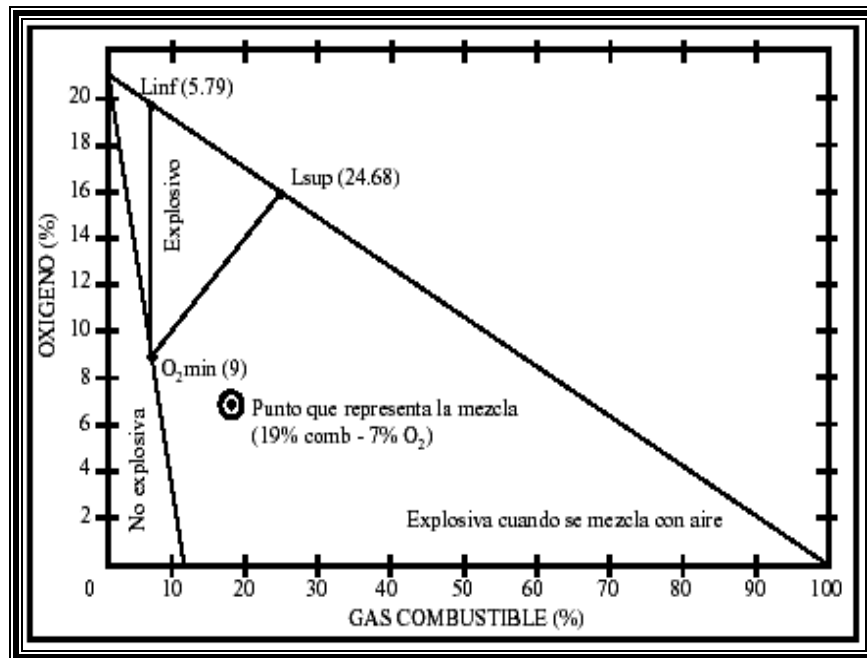


Figura 3.7. Triángulo de Coward que representa la mezcla dada en el ejemplo.
(Fuente: Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. "Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón". Medellín, Colombia, 2000).

El *Triángulo de Coward* no tiene aplicación en la mezcla de gases que se estudió en el presente trabajo, dado que no se tienen lecturas del gas H_2 , por lo que se sugiere tomar dichas lecturas.



b) Diagrama de explosividad del U.S. Bureau of Mines.

Este método requiere el cálculo de los contenidos de gases combustibles en un incendio. En el eje y del diagrama (figura 3.8) se ubican los “combustibles efectivos”, representados por los porcentajes volumétricos de los gases combustibles calculados de la siguiente ecuación:

$$\text{Eje } y: \left[\%CH_4 + 1.25(\%H_2) + 0.4(\%CO) \right] \% - vol \quad (5)$$

Sobre el eje x se expresa la combinación del exceso de N_2 con 1.5 veces la concentración de CO_2 , así:

$$x = N_2^+ + 1.5CO_2 \quad (6)$$

El N_2 requerido es el porcentaje de N_2 en exceso debido al oxígeno presente, y se encuentra expresado por:

$$N_2^+ = N_2(\text{actual}) - \left[(O_2) \times \frac{79.04}{20.93} \right] \quad (7)$$

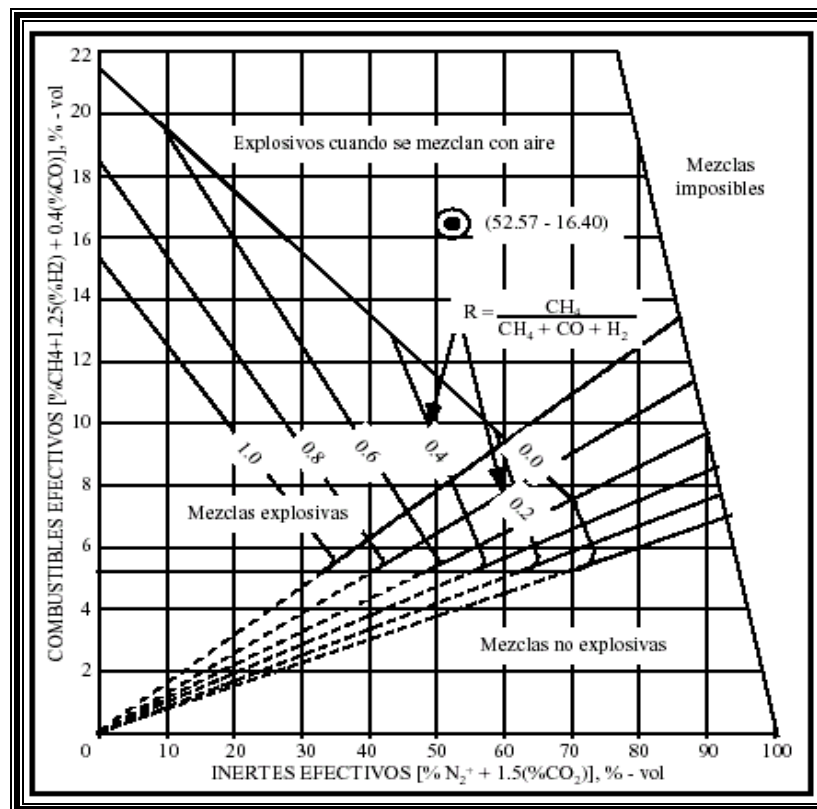


Figura 3.8. Diagrama de explosividad del Bureau de Minas.

(Fuente: Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. “Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón”. Medellín, Colombia, 2000).



Los triángulos explosivos representados en la figura 3.8 se basan en el CH_4 , pero son ajustados para adiciones combinadas de H_2 y CO . Si se parte de los resultados del análisis de la muestra anterior, se tiene un 9% de CH_4 , un 6% de CO , un 4% de H_2 , un 7% de O_2 , un 64% de N_2 y un 10% de CO_2 . El total de combustibles es: $pt = 9+6+4 = 19\%$. La relación (R) entre el metano CH_4 y el total de combustibles es:

$$R = \frac{[\text{CH}_4]}{pt} = \frac{9}{19} = 0.47\%$$

El exceso de nitrógeno es:

$$N_2^+ = 64 - \left(7 \times \left(\frac{79.04}{20.93} \right) \right) = 37.57\%$$

El porcentaje de gases inertes efectivos es:

$$X = 37.57 + (1.5 \times 10) = 52.57\%$$

El porcentaje de combustibles efectivos es:

$$Y = 9 + (1.25 \times 4) + (0.4 \times 6) = 16.40\%$$

Graficando este punto en la figura 3.8 se ve cómo éste está situado por fuera del triángulo $R = 0.47$, lo que corrobora lo calculado en el Diagrama de Coward, es decir, la muestra no es explosiva, pero puede llegar a serlo cuando se mezcla con el aire. El resultado obtenido es independiente del método gráfico empleado.

En general, se considera que si cualquier punto calculado y ubicado posteriormente en la figura 3.8 se sitúa dentro de un determinado triángulo, basado en el valor de R , la atmósfera del punto de muestreo es explosiva.

Además, la fórmula de combustibles efectivos (ec. 5) tiene en cuenta el hecho de que la contribución del H_2 a la combustibilidad es un 25% mayor que la del CH_4 y que la contribución del CO es un 60% menor que la del CH_4 . Para los gases inertes efectivos (ec. 6), la contribución del CO_2 a la combustibilidad es del 50% más que la del N_2 .

Los diagramas de explosividad son de gran utilidad en el momento de determinar la explosividad de una atmósfera, pero presentan ciertos inconvenientes:

1. Su conveniencia y precisión decrecen con el aumento de la dilución de las muestras.
2. Los límites de explosividad para uno o varios puntos específicos de muestreo pueden cambiar inicialmente en el área de incendio.
3. Las cantidades de gases combustibles que se estén produciendo pueden cambiar bruscamente.
4. Un diagrama de explosividad representa unas condiciones específicas, pero no una evolución del incendio a largo plazo.
5. Los valores graficados en los diferentes triángulos de explosividad están sujetos al muestreo y a los análisis de laboratorio de dichas muestras.



Cuando una primera muestra de gases cae fuera del triángulo de explosividad y las siguientes tienden a ubicarse dentro, se confirma un aumento en la concentración de O_2 que puede causar su explosividad.

En este caso, debe disminuirse la cantidad de aire que llega a la zona de incendio; cuando ello no es posible, lo más común es que se trate de una afluencia adicional de aire al incendio, bien sea a través de zonas de trabajos antiguos, galerías abandonadas o grietas del terreno que se comunican a superficie. Si, por el contrario, los puntos característicos de ciertas muestras de gases caen continuamente dentro del triángulo, en cuyo caso la mezcla es explosiva, el incendio se está desarrollando con un aumento de la cantidad de gases combustibles en presencia de un alto contenido de O_2 .

Es necesario, entonces, diluir los gases del incendio, bien sea inyectando gases inertes a la zona de incendio o bien sea frenando la generación de gases mediante la dilución de éstos con aire.

➤ **Llamas.**

Si los gases producidos durante la combustión también son combustibles pueden arder dando lugar a las llamas, que suelen ir acompañadas por radiación luminosa. La llama es una zona de gases incandescentes visibles situada alrededor de la superficie del material en combustión, es decir, la llama es un gas en combustión y, si el combustible que arde es sólido o líquido, la presencia de llamas denota la emisión de gases o vapores por efecto del calor. La combustión completa de materiales orgánicos da llamas prácticamente incoloras.

Se pueden producir combustiones sin llama, y la radiación luminosa emitida se conoce como incandescencia o ascuas. Esta radiación es de mayor longitud de onda, ya que se encuentra en la zona del rojo y del infrarrojo, y por tanto de menor energía.

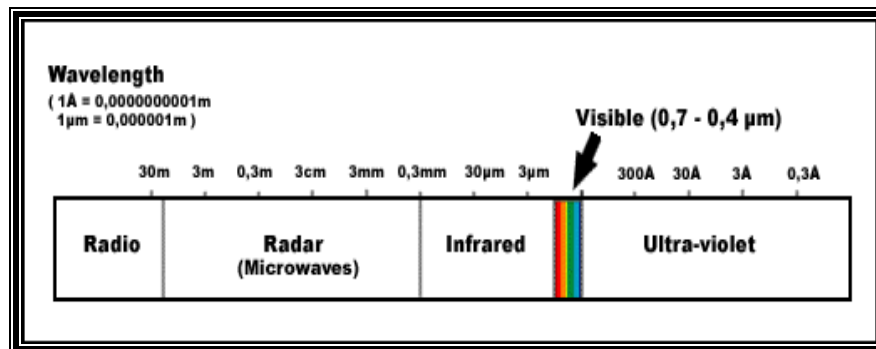


Figura 3.9. Espectro de Longitud de Onda de la Luz.
(Fuente: <http://www.eduspace.esa.int/eduspace>).

➤ **Calor.**

El calor es una forma de energía, consecuencia del movimiento constante de las moléculas, lo que produce una liberación de energía calorífica al chocar frecuentemente entre ellas.

El calor emitido durante un incendio produce daños tanto en las personas como en los bienes materiales. La exposición al aire caliente puede causar directamente deshidratación, agotamiento, bloqueo de las vías respiratorias, quemaduras entre otras.



Los elementos de construcción son afectados en sus propiedades mecánicas y en la composición química por efecto del calor.

$$Q = mc_v \Delta T$$

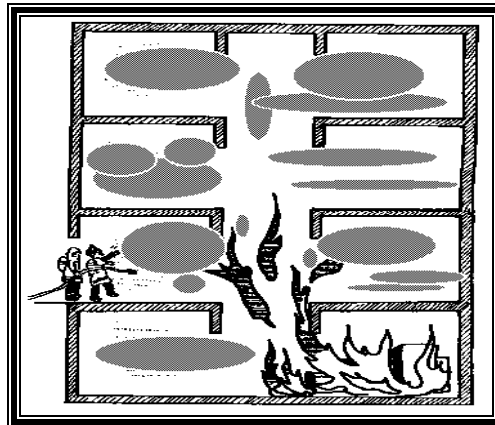
Donde:

- Q = calor.
- m = masa molecular del elemento.
- C_v = constante de los gases universales.
- ΔT = incremento de temperatura.
- Unidades = KJ.

➤ *Humo.*

Está formado por pequeñas partículas sólidas parcialmente quemadas y por vapor condensado, en suspensión en el aire y en los gases de combustión. El color, tamaño y cantidad de estas partículas determinan la densidad del humo; así como el vapor de agua. Cuando la proporción de humo, aire caliente y gases es elevada, la proporción de oxígeno es baja.

El principal riesgo del humo es que impide la visión y respiración (dibujo 3.5).



Dibujo 3.5. Distribución y dispersión del humo.
(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

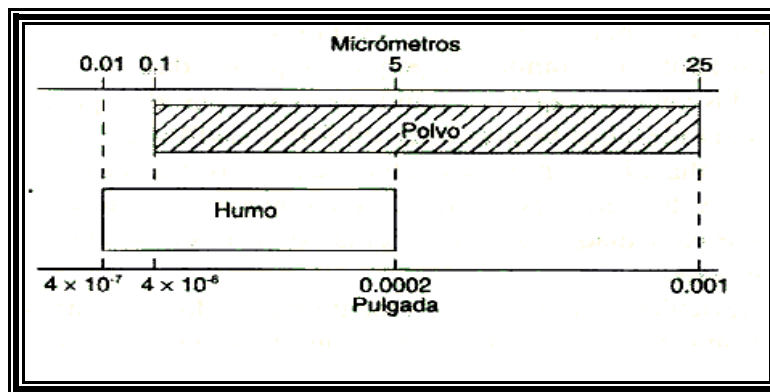


Figura 3.10. Comparación de tamaño de partículas de polvo y humo (sin escala).
(Fuente: Cortesía de Mine Safety Appliances Company).

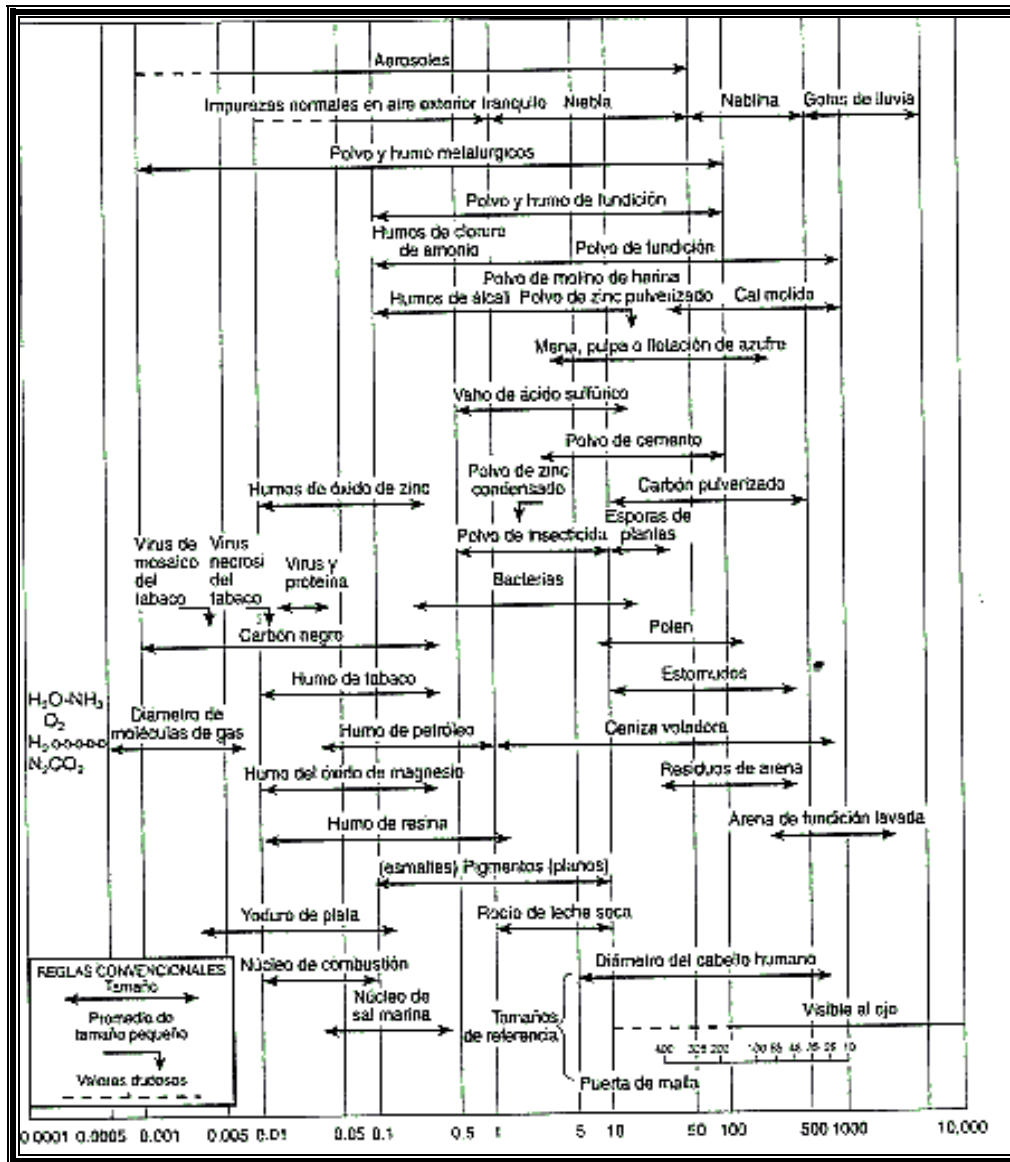


Figura 3.11. Tamaño de contaminantes transportados por el aire.
El tamaño de partículas es en micrómetros.
(Fuente: Cortesía de Mine Safety Appliances Company).

3.3. Cadena de incendio.

Todo incendio está dividido en tres fases: ignición, propagación y consecuencias.

3.3.1. Ignición.

Es la acción de los elementos que configuran el tetraedro de fuego para producir la inflamación del combustible. Estos tienen que cumplir las siguientes condiciones:

- i. La energía de activación necesaria que requiere el combustible.
- ii. Un foco de ignición que aporte la energía de activación requerida.



3.3.2. Propagación.

Es la evolución del incendio en el espacio y tiempo. La propagación se desarrolla en función del tiempo, dependiendo del tipo de combustible y del foco de ignición.

En función del espacio, la propagación se desarrolla utilizando los medios habituales de transmisión del calor (conducción, convección y radiación), pudiendo ser de dos formas:

- i. Propagación horizontal.
Es la que se produce en un mismo nivel, estando determinada por las condiciones estructurales del local, como por ejemplo, muros, puertas, etc.
- ii. Propagación vertical.
Se produce entre zonas a distinto nivel, estando determinada por las condiciones estructurales del local, como por ejemplo, tiros inclinados, tiros verticales, etc.

3.3.3. Consecuencias.

Los daños que se originan en un incendio pueden ser materiales y personales.

El aumento de la temperatura y la generación de humos y gases tóxicos dificultan la evacuación de la mina, siendo este último factor el más importante a la hora de analizar las consecuencias que afectan a las personas.

Los humos y gases que se generan en una combustión tienen efectos letales en un incendio, siendo ellos responsables de la mayoría de las víctimas que se producen en estos.

3.4. Actuaciones preventivas sobre el tetraedro del fuego.

La falta o eliminación de uno de los elementos que intervienen en la combustión, daría lugar a la extinción del fuego. Según el elemento que se elimine, aparecerán distintos mecanismos de extinción, estas son:

➤ *Dilución.*

Se actúa disminuyendo la concentración del combustible, con la finalidad de evitar el aporte suficiente para mantener la combustión.

➤ *Sofocación.*

Se actúa sobre el comburente, y se puede efectuar:

- Evitando la aportación de oxígeno sobre el combustible.
- En el caso minero, la sofocación será parcial y únicamente concerniente por la intervención de la corriente de ventilación.

➤ *Enfriamiento.*

Se actúa sobre la energía de activación, eliminándola; es decir, se detiene la reacción en cadena. Lo anterior se consigue mediante la aplicación de H₂O a través de barrenos que atraviesen a la mineralización de carbón o en un caso extremo, inundando la mina.



➤ *Eliminación.*

Se actúa sobre el combustible (carbón), consiguiéndose de las siguientes formas:

- a) En el caso particular de una mina la eliminación del combustible es imposible (con fines de prevención del riesgo de fuego).
- b) No obstante y a fin de evitar una potencial propagación de un fuego (incendio), esta técnica toma suma importancia a través del retiro de otros posibles combustibles (monos, mampostería, bandas transportadoras, etc.) de la proximidades del frente.

3.5. Agentes extintores.

Los productos destinados a apagar un fuego se llaman agentes extintores. Actúan sobre el fuego mediante los mecanismos descritos en el punto 3.4 vamos a enumerarlos describiendo sus características y propiedades más elementales.

3.5.1. Líquidos: Agua y espuma.

➤ *Agua.*

Es el agente extintor más antiguo. Apaga por enfriamiento, absorbiendo calor del fuego para evaporarse. La cantidad de calor que absorbe es muy grande. En general es más eficaz si se emplea pulverizada, ya que se evapora más rápidamente, con lo que absorbe más calor. El agua cuando se vaporiza aumenta su volumen 1600 veces.

Es especialmente eficaz para apagar fuegos de clase A (sólidos), ya que apaga y enfría las brasas.

No debe emplearse en fuegos de clase B, a no ser que esté debidamente pulverizada, pues al ser más densa que la mayoría de los combustibles líquidos, éstos sobrenadan. Es conductora de electricidad, por lo que no debe emplearse donde pueda haber corriente eléctrica, salvo que se emplee debidamente pulverizada, en tensiones bajas y respetando las debidas distancias.

➤ *Espuma.*

Es una emulsión de un producto espumógeno en agua. Básicamente apaga por sofocación, al aislar el combustible del ambiente que lo rodea, ejerciendo también una cierta acción refrigerante, debido al agua que contiene.

Se utiliza en fuegos de clase A y B (sólidos y líquidos). Es conductora de la electricidad, por lo que no debe emplearse en presencia de corriente eléctrica.

3.5.2. Sólidos: Polvos químicos secos.

➤ *Polvos químicos secos.*

Son polvos de sales químicas de diferente composición, capaces de combinarse con los productos de descomposición del combustible, paralizando la reacción en cadena. Pueden ser de dos clases: *Normal o Polivalente*. Los polvos químicos secos *normales* son sales de sodio o potasio, perfectamente secas, combinados con otros compuestos para darles fluidez y estabilidad. Son apropiados para fuegos de líquidos (clase B) y de gases (clase C).



Los polvos químicos secos *polivalentes* tienen como base fosfatos de amonio, con aditivos similares a los de los anteriores. Además de ser apropiados para fuegos de líquidos y de gases, lo son para los de sólidos, ya que funden recubriendo las brasas con una película que las sella, aislándolas del aire.

No son tóxicos ni conducen la electricidad a tensiones normales, por lo que pueden emplearse en fuegos en presencia de tensión eléctrica. Su composición química hace que contaminen los alimentos. Pueden dañar por abrasión mecanismos delicados.

3.5.3. Gaseosos: Dióxido de carbono, derivados halogenados.

➤ *Dióxido de carbono (CO₂).*

Es un gas inerte que se almacena en estado líquido a presión elevada. Al descargarse se solidifica parcialmente, en forma de copos blancos, por lo que a los extintores que lo contienen se les llama de *nieve carbónica*. Apaga principalmente por sofocación, desplazando al oxígeno del aire, aunque también produce un cierto enfriamiento. No conduce la electricidad.

Se emplea para apagar fuegos de sólidos (clase A, superficiales), de líquidos (clase B), y de gases (clase C). Al no ser conductor de la electricidad, es especialmente adecuado para apagar fuegos en los que haya presencia de corriente eléctrica.

Al ser asfixiante, los locales deben ventilarse después de su uso. Hay que tener especial cuidado con no utilizarlo en cantidades que puedan resultar peligrosas, en presencia de personas.



Fotografía 3.11. Prácticas reales de uso de equipos de extinción (extintores).
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

➤ *Derivados halogenados.*

Son productos químicos resultantes de la halogenación de hidrocarburos. Antiguamente se empleaban el tetracloruro de carbono y el bromuro de metilo, hoy prohibidos en todo el mundo debido a su gran toxicidad.

Partiendo de la idea de que un elemento de decisión fundamental para seleccionar el extintor adecuado para combatir determinada clase de fuego es el agente extintor que contiene, resumimos los anteriores comentarios en la siguiente tabla (ver tabla 3.7):



USOS			
	NO RECOMENDADO NO UTILIZAR	CONTROL	EXTINCIÓN (excluida inundación total)
FUEGO DE CLASE A			Polvo ABC, Agua, Espuma, Halón 1211, Halón 1301, agentes químicos "limpios" y CO ₂ .
FUEGO DE CLASE B	Agua a chorro.	Agua pulverizada.	Polvo ABC y BC, Halógenos y agentes químicos "limpios", gases inertes y CO ₂ .
FUEGO DE CLASE C		Agua pulverizada. Espuma.	Polvo ABC y BC, Halógenos y agentes químicos "limpios", gases inertes y CO ₂ .
FUEGO DE CLASE D	Agua. Espuma. CO ₂ .	En casos excepcionales arena seca.	Polvos especiales.

Tabla 3.7. Elección del agente extintor de acuerdo a la clase de fuego que se presenta.
(Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>).

3.5.4. Otros agentes extintores.

Se utilizan otros agentes extintores, pero su empleo se restringe a ciertas clases de fuego:

- Arena seca*: Proyectada con pala sobre líquidos que se derraman por el suelo, actúa por sofocación del fuego. Se utiliza igualmente para fuegos de magnesio. Es indispensable en los garajes donde se presenten manchas de gasolina, para impedir su inflamación.
- Mantas*: Son utilizadas para apagar fuegos que, por ejemplo, hayan prendido en los vestidos de una persona. Es necesario que estén fabricadas con fibras naturales (lana, etc.) y no con fibras sintéticas.
- Explosivos*: Sólo se utilizan en casos muy particulares: fuegos de pozos de petróleo, incendios de gran magnitud en ciudades. El efecto de explosión abate las llamas, pero es necesario luego actuar con rapidez para evitar que el fuego vuelva a prender.



CAPÍTULO 4

Teorías sobre la autoinflamación del carbón y estudio de los mecanismos de formación de las combustiones espontáneas.

Introducción al carbón como energético fósil.

4.1. El carbón.

4.1.1. Turba.

4.1.2. Lignito.

4.1.3. Hulla o carbón bituminoso.

4.1.4. Antracita.

4.1.5. Componentes inorgánicos.

4.1.6. Otros elementos que integran el carbón.

4.2. Fuegos en minas de carbón.

4.3. Problemas asociados a fuegos de mina.

4.4. Teorías sobre la autoinflamación del carbón.

4.5. El autocalentamiento del carbón.

4.6. Físico-química del autocalentamiento del carbón.

4.6.1. La oxidación del carbón a temperatura ambiente.

4.6.2. Pirólisis.

4.6.3. Combustión.

4.7. Mecanismos de la reacción.

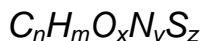
4.8. Condiciones para la autoinflamación del carbón.



Introducción al carbón como energético fósil.

Los carbones son unas rocas inorgánicas heterogéneas y estratificadas, con un contenido en carbono que puede variar desde menos del 50% peso (lignito) hasta el 96% peso (antracita). Los principales componentes y elementales del carbón son carbono (C), hidrógeno (H₂) y oxígeno (O₂).

La fórmula genérica empírica de carbón es:



donde:

- n= número de átomos de carbón.
- m= número de átomos de hidrógeno.
- x= número de átomos de oxígeno.
- y= número de átomos de nitrógeno.
- z= número de átomos de azufre.

La composición química de la materia carbonosa más probable sería la que se muestra en las figuras 4.1 y 4.2.

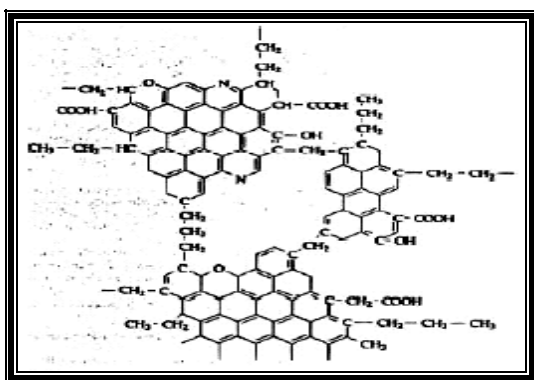


Figura 4.1. Estructura probable de la materia carbonosa.¹

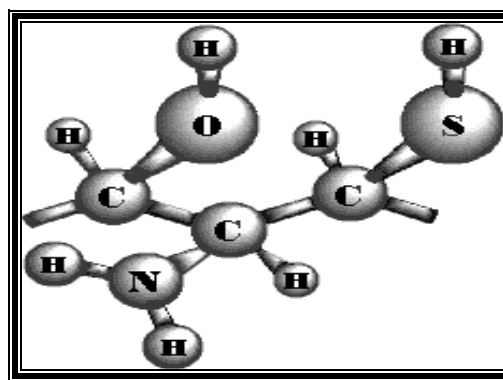


Figura 4.2. Representación tridimensional de una molécula de carbón.²

Representación física compacta de la estructura molecular del lignito (figura 4.3) del carbón bituminoso ó hulla (figura 4.4).

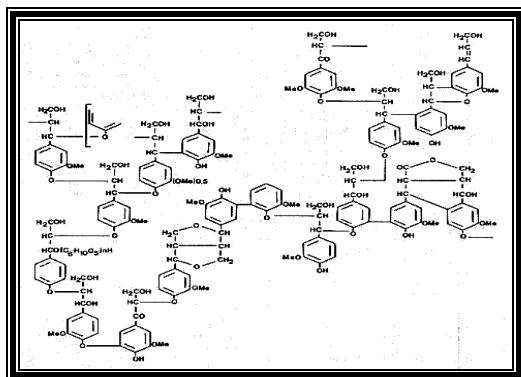


Figura 4.3.^a

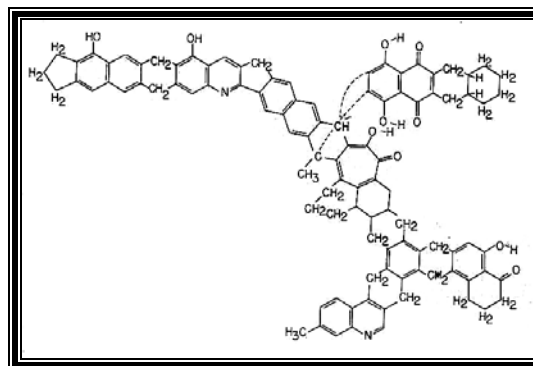


Figura 4.4.^b

Fuente: (1, a y b) Gorbaty, Martin L: "Coal science" Vol. 1 Academic Press USA 1982.
(2) <http://users.cybercity.dk/~kam1966/carbon.gif>.



De acuerdo a las presiones y temperaturas que los hayan formado se identifican distintos tipos de carbón: turba, lignito, hulla (carbón bituminoso) y antracita (ver figura 4.5). Entre más altas son las presiones y temperaturas, se origina un carbón más compacto y rico en carbono y con mayor poder calorífico.

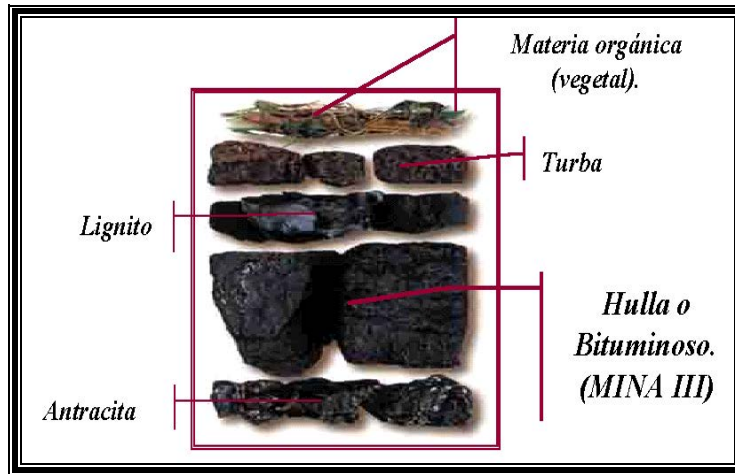


Figura 4.5. Identificación de los diferentes tipos de carbón.
(Fuente: http://www.coiim.es/enla/Historia%20Industria/combustibles_fosiles.htm).

El carbón es un polímero altamente poroso con una gran área superficial interna, especialmente en el caso de carbones de bajo rango; la porosidad es muy elevada en todos los tipos de carbones, independientemente de su grado de madurez, lo cual justifica que todos ellos sean capaces de absorber oxígeno y combinarse con él, produciéndose la oxidación del mismo en cuanto entra en contacto con la atmósfera: se trata de un proceso exotérmico que eleva la temperatura, lo cual favorece la reacción y el calentamiento que, al ir incrementándose, pueda llegar a la temperatura de inflamación (combustión espontánea).

El proceso de absorción (acumulación del O_2 de la atmósfera en la superficie porosa del carbón) está siempre asociado a la evolución del calor y, al menos en sus etapas iniciales, es rápido. Es este aspecto, el que una sustancia sea absorbida por un sólido va a depender de la naturaleza o propiedades físico – químicas de ambos.

Esto implica que todos los carbones son capaces de tomar oxígeno y combinarse químicamente con él, y que no todos se comportan del mismo modo frente al riesgo de combustión espontánea.

4.1. El carbón.

El origen del carbón se debe a una progresiva carbonización de las materias vegetales mediante procesos anaeróbicos bacteriales (en ausencia de oxígeno). Tras quedar sepultados los restos vegetales en cuencas lacustres, las bacterias anaerobias producen reacciones que transforman sus componentes en ácidos húmicos (es la oxidación suave de las hullas bituminosas solubles en álcalis, estos ácidos tienen una estructura cíclica condensada; algunos anillos están formados por carbono solamente y es probable que algunos tengan oxígeno, nitrógeno o azufre).



A los grupos carboxilo e hidroxilo se debe la solución en los álcalis); posteriormente se produce una compactación por presión en capas sucesivas, que junto con la temperatura culmina en la *carbonización*.

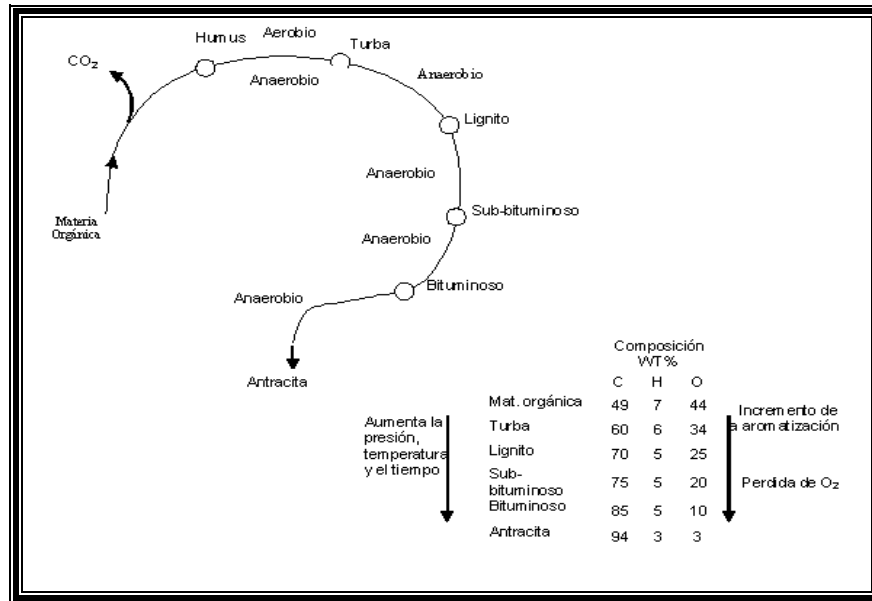
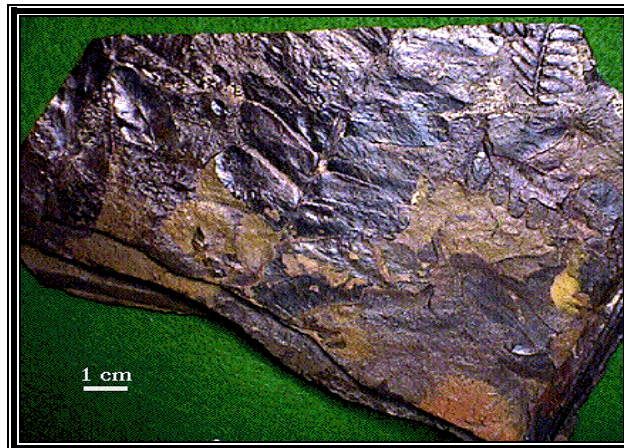


Figura 4.6. Representación esquemática del proceso de carbonización.
(Fuente: Gorbaty, Martin L "Coal science" Vol. 1 Academic Press USA 1982).

La forma de presentación del carbón es primordialmente en secuencias de capas horizontales, combinadas en forma alterna con otras rocas de origen sedimentario. Aunque en el periodo Cuaternario se materializaron yacimientos de carbón, en realidad su formación se remonta al Devoniano, consolidándose en abundancia durante el Carbonífero, durante el cual alcanzaron gran desarrollo los helechos y las primeras gimnospermas.



Fotografía 4.1. Material vegetal fosilizado en muestra carbonosa.
(Fuente: <http://paleo.cortland.edu/tutorial/Taphonomy&Pres/preservation.htm>).

En la siguiente tabla (4.1), se muestra la secuencia cronológica de edades geológicas, y en la que se puede verificar los dos períodos citados arriba dentro de la era determinada "Paleozoico".



Tabla 4.1. Edades Geológicas.

Eras	Períodos	Épocas	Millones de años	Principales eventos biológicos
Cenozoico	Cuaternario	Reciente	50.000	Desarrollo del hombre moderno.
		Pleistoceno	1.000.000	Glaciación. Aparición del hombre primitivo.
	Terciario	Plioceno	12.000.000	Desarrollo de las plantas modernas y animales.
		Mioceno	30.000.000	Óptimo desarrollo de los mamíferos gigantes. Formación de montañas (Alpes, Andes, etc.).
		Oligoceno	40.000.000	Desarrollo de los mamíferos superiores.
Eoceno y Paleoceno	60.000.000	Predominio de los mamíferos. Aparición del caballo ancestral y de los simios.		
Mesozoico	Cretácico		120.000.000	Extinción de los dinosaurios. Desarrollo de los mamíferos primarios y las plantas florales.
	Jurásico		155.000.000	Aparición de reptiles voladores y pájaros. Predominio de los dinosaurios. Aparición de los mamíferos. Abundancia de plantas coníferas.
	Triásico		190.000.000	Aparición de los dinosaurios. Predominio de los reptiles. Aparición de las palmeras.
Paleozoico	Pérmico		215.000.000	Desarrollo de los reptiles.
	Carbonífero		300.000.000	Formación de estratos de carbón. Aparición de helechos, coníferas y reptiles. Desarrollo de los anfibios. Abundancia de insectos.
	Devoniano		350.000.000	Abundancia de peces. Aparición de los anfibios primitivos.
	Siluriano		390.000.000	Aparición de los escorpiones y los primeros animales que viven en tierra firme. Desarrollo de extensos arrecifes.
	Ordoviciano		480.000.000	Inundaciones y recesiones de mares poco profundos. Abundancia de vida marina invertebrada.
	Cámbrico		550.000.000	Mares de poca profundidad en toda la Tierra. Formación de rocas sedimentarias. Desarrollo de la vida invertebrada.
Precámbrico	Protozooico		1.200.000.000	Formación de montañas y depósitos de mineral de hierro. Abundancia de algas que excretan cal. Aparición de las esponjas.
	Arqueozoico		2.000.000.000	Gran actividad volcánica. Formación de rocas ígneas. Aparición de algas microscópicas.

(Fuente: <http://www.matersalvatoris.org/petroleo/temas/origen/tabla.htm>).

A fin de lograr un punto de comparación y enmarcar el carbón objeto de estudio en este trabajo a continuación se hace una somera descripción de los cuatro grandes grupos en que un carbón puede ser clasificado. La forma de clasificación de los carbones más utilizada es la que atiende a su contenido de carbono. Así, de menor a mayor poder calorífico se distinguen: *Turba, Lignito, Hulla y Antracita*.



4.1.1. Turba.

Las *turbas* son depósitos de materias vegetales en descomposición; se trata del carbón más reciente (entre un 45 y 60% de carbono), y constituye un primer paso en la carbonización natural. El color es más o menos parduzco. Su estructura es porosa, lo que le permite conservar gran cantidad de agua (hasta un 90%); si se seca o pierde el agua se contrae, esto sucede si es expuesta al aire.

Las turbas se forman preferentemente en zonas donde predominan los *esfagnos*, unos musgos pertenecientes al género *Sphagnum*. Los esfagnos son propios de lugares húmedos y oligotróficos, y dada la forma de crecimiento en capas alrededor de zonas pantanosas, dan lugar a las llamadas *turberas*. En el proceso, las capas inferiores quedan en condiciones anaeróbicas (en ausencia de aire), esto significa que los organismos mueren y se van transformando progresivamente en *turba*, un carbón de baja calidad con una mínima potencia calorífica.

En México los yacimientos de turba son:

- Parras, Coah.
- Sayula, Jal.
- Chalco, Edo. de Méx.
- Tepic, Nay.
- Etc.

4.1.2. Lignito.

El *lignito* (de *lignu* o leño) es un carbón fósil de formación reciente (posterior a la hulla). Se trata de un combustible de calidad media (entre un 60 y 75% de carbono) como una turba fosilizada pero de calidad superior a ésta. Se localiza en terrenos secundarios y terciarios. El lignito de textura terrosa se denomina *tierra de sombra*; existe otra variedad compacta llamada *azabache* de color negro, que tiene utilidad en joyería por su capacidad para ser pulida.

En México los yacimientos de lignito son:

- El Paso, Chih.
- Dr. Arroyo, N. L.
- Etzatlán, Jal.
- Almería, Col.
- Tlaxiaco, Oax.
- Tlacotepec, Oax.
- Etc.

4.1.3. Hulla o carbón bituminoso.

Tiene un contenido aún mayor, por lo que su poder calorífico también es superior, según McKenzie - Taylor se formaría a partir de la turba en condiciones alcalinas y anaerobias.

La *hulla* es un carbón natural negro y brillante, que contiene entre un 80 y 90 % de carbono. También contiene entre 3 y 20% de oxígeno, y entre 1 y 5% de hidrógeno. Se han formado en el Carbonífero a partir de los vegetales típicos de esa era, tales como equisetos, licopodios y helechos arborescentes.



De ella se extrae por destilación seca alquitranes, amoniaco y productos volátiles como gases de alumbrado; en forma seca se utiliza como combustible.

En México los yacimientos de hulla o carbón bituminoso son:

- Cuenca Sabinas-Monclova, Coah.
- Cuenca Fuentes-Río Escondido, Coah.
- Cuenca Colombia-San Ignacio, Coah., N. L. y Tamps.
- Cuenca de la Mixteca, Oax. (va de bituminosa a semi - antracítico).
- Cuenca Cabullona, Son.
- Cuenca Ojinaga, Chih.
- Etc.

4.1.4. Antracita.

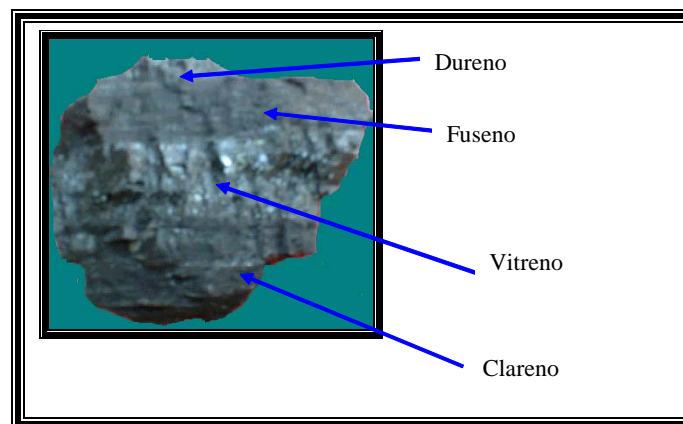
La *antracita* es un carbón natural de muy alto poder calorífico (posee un 95% de carbono). Arde con mucha dificultad pero desprende mucho calor. Es más brillante que la hulla y presenta una fractura concoidea. Su formación se remonta a los primeros periodos de la era Primaria.

En México los yacimientos de antracita son:

- Cuenca Barranca, Son.
- S. Marcial, Son.
- Cuencame, Dgo.
- Etc.

Al examinar un trozo de carbón se observa una masa heterogénea; algunas fajas de aspecto mate y otras brillantes, separadas a la vez por venas de estéril. Los componentes principales del carbón son: vitreno, clareno, dureno y fuseno (ver fotografía 4.2).

- *Vitreno*: Es la parte negra, brillante y quebradiza del carbón.
- *Clareno*: Es negro y brillante, pero en menor cantidad que el vitreno.
- *Dureno*: Es el componente mate, gris oscuro, duro y resistente.
- *Fuseno*: Es la parte negra, blanda y polvorosa que tiende a romperse. No es coquizable, por lo cual perjudica el poder aglomerante del carbón.



Fotografía 4.2. Componentes del carbón.
(Fuente: Fotografía tomada por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).



4.1.5. Componentes inorgánicos.

Estos componentes se pueden encontrar en varias formas:

- En venas de estéril, que separan el carbón en capas, por las que se rompe con facilidad.
- En masas de pirita formando nódulos, o bien como escamas brillantes.
- En tabiques blancos perpendiculares al plano de estratificación y que se componen de carbonatos de calcio y de magnesio.

El carbón recién extraído de la mina, se compone de una sustancia carbonosa unida a componentes inorgánicos y una cantidad variable de materias terrosas en estado libre. Es posible clasificar las impurezas en constituyentes y separables, las primeras son aquellas íntimamente mezcladas con el carbón, que pueden considerarse como formando parte de su composición, mientras que las segundas se pueden eliminar mecánicamente.

La distribución de componentes inorgánicos que no son visibles a simple vista, se localizan por medio de rayos X, pues el carbón como materia orgánica, resulta transparente a estos rayos, mientras la materia inorgánica (ceniza) resulta opaca.

4.1.6. Otros Elementos que integran el carbón.

Entre los múltiples componentes del carbón, están los siguientes:

➤ *Humedad.*

Es la cantidad de agua que contiene. De acuerdo a las condiciones de su fijación, se pueden distinguir:

- a) Humedad superficial: es el agua que se adhiere a la superficie y que se evapora en el almacenamiento al aire libre.
- b) Humedad higroscópica: es el agua ligada a la superficie interna del carbón; no se evapora en el almacenamiento al aire libre.
- c) Humedad total: la suma de la humedad superficial e higroscópica.

➤ *Cenizas.*

Es la materia mineral del carbón, y mide el residuo inorgánico que queda después de la combustión completa. Entre las materias minerales están las que existían en la sustancia vegetal originaria, las que fueron transportadas por las aguas en la formación e intercaladas entre la sustancia vegetal en descomposición y aquellas que provienen de los hastiales. La ceniza es la materia inerte del carbón, cuyo exceso rebaja el poder calorífico y disminuye, por tanto, su valor.

➤ *Oxígeno (O₂).*

La cantidad de oxígeno presente en el carbón afecta sus propiedades. El aumento de O₂ reduce el poder calorífico, y si se trata de carbones grasos disminuye su poder coquizante y conserva un porcentaje más elevado de humedad.

➤ *Nitrógeno (N₂).*

El contenido de nitrógeno en los carbones varía entre 1 y 2,5%. Si se destila o carboniza el carbón, alrededor del 15% de nitrógeno se transforma en amoníaco, y más del 50% queda retenido en el coque.



En otros tiempos, cuando el método de recuperación de amoníaco tuvo importancia económica, la proporción de nitrógeno del carbón era un dato estratégico, pero hoy, al obtener la mayor parte del amoníaco por síntesis, su contenido no es de gran importancia.

El nitrógeno del carbón, junto con el nitrógeno del aire durante la combustión, es el causante de las emisiones de los óxidos de nitrógeno (NO_x). Los NO_x térmicos formados por el nitrógeno del aire son una función de la temperatura de la llama. La formación de los NO_x del combustible es más compleja, pero parece ser menos sensible a las condiciones de combustión. El nitrógeno del combustible es un importante contribuyente a la producción total de NO_x . Las medidas requeridas para controlar los niveles de tales NO_x , como combustión por etapas, pueden ser muy costosas para implementarlas.

➤ *Azufre (S).*

Se encuentra en forma de pirita, como compuestos orgánicos y como sulfatos (CaSO_4). En algunos casos conviene distinguir y determinar la proporción de azufre fijo y volátil. Sin embargo el azufre total rara vez excede de 5% y, a menudo, es inferior al 0,5%. Si el carbón se destina a usos metalúrgicos, el azufre juega un papel importante, ya que se une al metal que se beneficia, afectando sus propiedades.

El azufre orgánico no se puede eliminar por procedimientos mecánicos, mientras que la pirita en láminas o escamas puede separarse, según sea el grado de trituración o del tamaño en que se encuentre el carbón. Si se trata de carbones con mucha pirita, se producen en los hogares escorias ferruginosas que se adhieren a las parrillas, perturban la buena combustión y desgastan los hogares. Cuando se destina el carbón para coque y se lleva al alto horno, se obtienen fundiciones sulfurosas, siendo el azufre difícil de eliminar en la fabricación de aceros.

➤ *Gases.*

El carbón absorbe cantidades considerables de gases, principalmente metano y otros hidrocarburos saturados. El porcentaje de gas contenido en el carbón y que se desprende a baja temperatura, constituye las materias volátiles, dato fundamental para caracterizar y clasificar un carbón.

➤ *Poder Calorífico.*

La energía específica del carbón también se conoce como poder calorífico o energía térmica. Representa la cantidad de calor que se libera en combustión completa por cada unidad de material quemado. El poder calorífico es una propiedad con grandes variantes entre los carbones, la cual puede influir en forma importante en los requisitos del equipo para manejo y pulverización, así como su almacenamiento.

Rango	Lignito	Hulla	Antracita
Densidad kg/m^3	1.1 - 1.3	1.2 - 1.5	1.4 - 1.8
Humedad (%)	20 - 50	3 - 25	3 - 5
% C	27 - 31	37 - 86	89 - 98
% Volátiles	25 - 55	25 - 50	2 - 14
P. Calorífico (cal/Kg)	2000 - 4000	3500 - 7500	7000 - 8350

(Fuente: <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/YM9.html#T09Carbon>).



El carbón que es objeto de estudio en el presente trabajo se encuentra englobado dentro de la hulla (ver tabla 4.2).

Las normas ASTM (American Society for Testing Materials) fijan un estándar en la clasificación de carbones, es decir, definen como carbones de bajo rango aquellos cuyo poder calorífico bruto, base húmeda sea menor a 6.390 (Kcal/Kg), en este rango están los carbones denominados sub - bituminosos y los lignitos. En los carbones de alto rango, con un poder calorífico mayor a 6.390 (Kcal/Kg), se incluyen los carbones bituminosos (hulla) y antracíticos. Ver figura 4.7.

De acuerdo con las características fisicoquímicas de los carbones de las Cuencas Sabinas y Saltillo, estos corresponden, en la clasificación de combustibles fósiles, a un carbón bituminoso, y según la A.S.T.M. como Alto Volátil Bituminoso A.

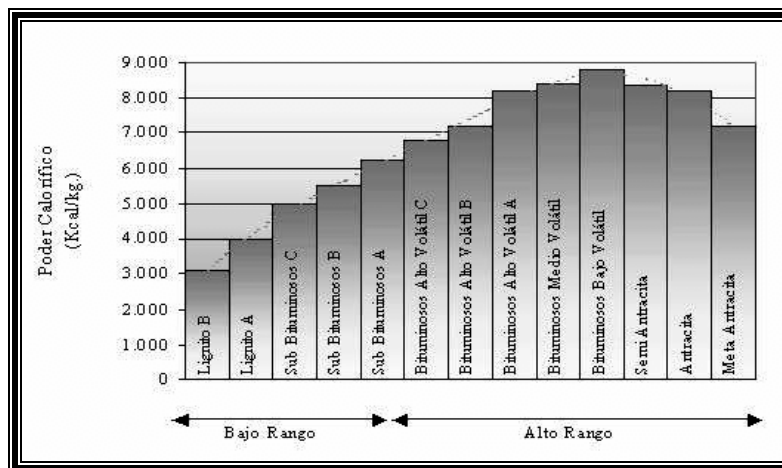


Figura 4.7. Clasificación de los carbones de acuerdo a las normas ASTM (American Society for Testing Materials).
(Fuente: <http://www.carbonifera.cl/carbon/clasific.htm>).

Una vez que se ha analizado el combustible principal (hulla) que interviene directamente en la secuencia de un hipotético fuego (incendio), es momento de definir ciertos conceptos básicos en el análisis del riesgo en sí.

4.2. Fuegos en minas de carbón.

Se entiende por fuego en una mina de carbón a la combustión viva o lenta resultante de un calentamiento espontáneo del carbón, es decir, alimentada y desarrollada sin aporte exterior de calor, y constituye la última fase de un serie de procesos físico - químicos, en los que influyen los factores geológico - mineros de la capa y los derivados del método y condiciones de la explotación.

4.3. Problemas asociados a fuegos de mina.

Los incendios de mina pueden abarcar zonas muy amplias y extenderse aun más sino se les presta atención inmediata. Cada situación particular debe estudiarse a conciencia teniendo presentes las circunstancias específicas de la explotación y el método de laboreo o minado.



Además de suponer pérdidas importantes de materia prima, los incendios de mina dificultan el ritmo de trabajo normal, por lo que hay una disminución de la producción, representan una amenaza para las estructuras, tanto interiores como exteriores y para las propiedades vecinas, originando problemas de contaminación ambiental.

Aunado a los anteriores problemas que surgen como consecuencia directa de los incendios como los humos emitidos durante la combustión indeseada del carbón, los cuales suponen una serie de riesgos higiénicos (asfixia, falta de visibilidad, etc.). Cabe señalar que algo que resulta tan obvio para minimizar o eliminar los riesgos derivados de la presencia ambiental del humo en el interior de la mina, como es el aumento del caudal y velocidad de la ventilación supone, por el contrario el aumento del riesgo de activación de la combustión del carbón o en su caso la propagación de dicha combustión. Los humos y los gases productos de la combustión se explicaron en el Capítulo 3.

Las consecuencias de un incendio declarado en una explotación subterránea son:

- Intoxicación (envenenamiento). Por ejemplo, por el monóxido de carbono (CO) y el sulfuro de hidrogeno (SH₂).
- Asfixia (suspensión de la respiración por falta de oxígeno). Por ejemplo, por el anhídrido carbónico (CO₂) y el hidrogeno (H₂).
- Quemaduras.
- Explosiones.
- Inversión del sentido de la ventilación debido al aumento de temperatura en los humos.

➤ *Polvo en suspensión.*

El polvo en suspensión es otro de los agentes contaminantes que deterioran la atmósfera respirable, el cual tiene por origen en su generación a:

- a) Material transportado por vía o en cinta transportadora.
- b) Corriente de ventilación demasiado fuerte.
- c) Arranque de carbón.
- d) Rellenos.
- e) Otros.

Con el polvo de carbón en suspensión existe el riesgo de explosión e incendio, ya que este polvo arde con facilidad y en las concentraciones y en determinadas condiciones, explota, ya sea por chispa o llama libre, con un efecto multiplicador, ya que la onda explosiva va levantando más polvo que posteriormente explota. Los productos, son: onda explosiva, llama y gases, sobre todo CO y CO₂.

4.4. Teorías sobre la autoinflamación del carbón.

Las principales teorías de autoinflamación del carbón son: pirítica, bacterial y del complejo carbono - oxígeno.

La *teoría pirítica*, en auge en la mitad del siglo pasado, dice que la autoinflamación del carbón por la presencia en éste de inclusiones de pirita, que bajo la acción del oxígeno del aire y del agua se transforma en sulfato de hierro con un importante desprendimiento de calor, calentando el carbón hasta la temperatura de inflamación. Pero esta teoría fue rechazada por una serie de científicos que han demostrado que el carbón puede inflamarse en completa ausencia de pirita, aunque la presencia de ésta si puede llegar a generar la autoinflamación del carbón.



La *teoría bacterial* admite como causa del calentamiento del carbón los procesos vitales de las bacterias, que ayudan a la oxidación de la sustancia orgánica contenida en los carbones pero, estudios posteriores han demostrado la inconsistencia de esta teoría, determinando que la influencia de las bacterias es insignificante.

En la actualidad, es más aceptada la *teoría del complejo carbono - oxígeno*. Según está, la autoinflamación del carbón se debe a que éste absorbe el oxígeno del aire, ya que además, al inicio, se forman compuestos inestables en la superficie del carbón (OH, COOH, CO), acompañados de desprendimiento de una pequeña cantidad de calor. A medida que se acumula más calor, aumenta también la velocidad de interacción entre el oxígeno y el carbono. Los átomos de oxígeno, al penetrar dentro de las moléculas, aumentan la complejidad de los compuestos químicos de carbono - oxígeno.

Los compuestos inestables formados anteriormente se descomponen con desprendimientos de humedad (H₂O), anhídrido carbónico (CO₂), óxido de carbono (CO), entre otros (productos de la combustión). El segundo periodo del proceso se acompaña por una intensa formación de calor producido por la oxidación del carbón.

El calor acumulado acelera el proceso de autoinflamación del carbón, aumentando, evidentemente, la temperatura que oscila entre 300 °C a 350 °C cuando el proceso pasa al estado de combustión.

4.5. El autocalentamiento del carbón.

El carbón comienza a oxidarse en cuanto entra en contacto con la atmósfera, iniciando un proceso exotérmico que eleva la temperatura, el paulatino incremento de esa temperatura puede llegar a alcanzar la temperatura de inflamación. Por debajo de los 80 °C la reacción se puede esquematizar de la siguiente forma:



A temperaturas superiores de los 80 °C estos complejos formados entre el carbón y el oxígeno pueden descomponerse, según la siguiente reacción:

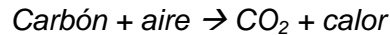


La propiedad que tiene el carbón de liberar calor cuando está en contacto con el oxígeno del aire, unida a su baja conductividad térmica, favorecen la acumulación de calor, lo que puede generar un continuo calentamiento.

La liberación de calor en el carbón debida a su interacción con el oxígeno no es suficiente; las condiciones físicas deben ser tales que se verifique una situación de acumulación de calor para la iniciación del fenómeno de calentamiento espontáneo. Así, se facilita el calentamiento espontáneo cuando la cantidad de carbón presente sea muy grande y cuando la ventilación no sea ni muy baja (se impide la interacción carbón - oxígeno) ni muy alta (disipa el calor generado en el proceso).



Por tanto, si no existe una adecuada disipación del calor liberado se puede alcanzar una auténtica combustión en el aire:



pudiendo limitarse que por cada 10 °C que aumente la temperatura, la velocidad de oxidación prácticamente se duplica.

El tiempo transcurrido entre el momento en el que el carbón es sometido a las condiciones favorables para su calentamiento espontáneo y el punto en que alcanza las condiciones de ignición se le denomina *período de incubación*.

Si por el contrario, las condiciones apropiadas de la mina o del método de laboreo no permiten la acumulación de calor, el calor liberado en la interacción entre el carbón y el oxígeno se disipará. La superficie del carbón afectado, alcanza un estado de saturación de forma que, a temperatura ambiente, ya no tiene lugar ninguna otra interacción con el oxígeno.

4.6. Físico - química del autocalentamiento del carbón.

Hay autocalentamiento si los fenómenos exotérmicos que se sitúan en la masa del carbón desprenden una cantidad de calor superior a la que es evacuada por conducción y sobre todo por la circulación de aire; la descripción del proceso puede distinguir 3 fases sucesivas: la oxidación a base de temperatura, la pirólisis y la combustión.

4.6.1. La oxidación del carbón a la temperatura ambiente.

El carbón fija el oxígeno a la temperatura normal de fondo; medida por la cantidad de oxígeno fijada por unidad de tiempo por unidad de masa del carbón, la velocidad de oxidación tiende a aumentar con la temperatura pero a disminuir con el tiempo; en ausencia de fenómenos aceleradores la autooxidación del carbón no parece susceptible de degenerar en fuego.

A baja temperatura puede intervenir la acción catalítica de la pirita y la fijación de humedad. La velocidad de oxidación del carbón aumenta considerablemente en medio húmedo en presencia de ciertas formas de pirita finamente divididas, por la acción catalítica del ión ferroso (Fe^{2+}): cristalizada en gruesos granos, la pirita, parece por el contrario, no tener efecto alguno.

La fijación del 1% de humedad en condiciones adiabáticas (presión constante y temperatura constante), eleva la temperatura del carbón más de 20 °C. Esto es posible cuando el carbón, poco más o menos saturado de humedad en el fondo, ha sido previamente desecado y después puesto en contacto con el aire húmedo, debido a las inversiones en el sentido de la ventilación, circulación de las infiltraciones de aire o de variaciones en la humedad atmosférica. El fenómeno es importante con carbones jóvenes y porosos, susceptibles de fijar hasta el 8 y 10% de humedad, mientras que los carbones más antiguos son saturados con el 1.5 a 3.5% de H_2O .

Cuando la temperatura se eleva, la humedad del carbón disminuye, la vaporización absorbe calor y la acción catalítica de la pirita decrece, pero la velocidad de oxidación es mas grande que en frío.



La elevación de temperatura provoca el desprendimiento de cantidades crecientes de ciertos gases:

- Gases absorbidos por el carbón: metano, etano y gas carbónico, que constituyen el grisú.
- Gases característicos de un calentamiento, que aparecen en cantidades notables al lado de ciertos umbrales, variables según la naturaleza del carbón, como:
 - El óxido de carbono se forma en frío, pero en cantidades rápidamente crecientes a temperaturas superiores a 75 °C para carbones de calidades medias, 125 °C o 150 °C para carbones de clases extremas.
 - Después aparecen sucesivamente hidrógeno (H₂), etileno (CH₂ = CH₂) y trazas de propileno (CH₃ - CH = CH₂).

La temperatura se eleva primero lentamente, pero el proceso se acelera y tiende a hacerse irreversible, próximo al umbral de 75 °C – 80 °C, al menos si la alimentación de oxígeno persiste en condiciones sensiblemente adiabáticas.

4.6.2. Pirólisis.

El conocimiento de la pirólisis es un proceso natural conocido por el hombre desde la antigüedad; por ejemplo, se usó en la transformación de madera en carbón.

Combinando este proceso natural con la tecnología moderna existente en el mercado el resultado es un proceso total, simple y efectivo. El uso de componentes probados garantiza un funcionamiento seguro y continuo. Las plantas pequeñas minimizan la polución de los componentes finales, eliminando el peligro del azar en el medio ambiente.

La tecnología de pirólisis.

En el aspecto técnico la pirólisis es un proceso que tiene lugar en ausencia de oxígeno y a temperatura altas y en el que se extrae el gas, tanto de las materias líquidas como sólidas, especialmente materias orgánicas (tales como plásticos, madera, carbón, papel).

El gas producido se puede convertir en energía. Esto es posible mediante motores de gas con un rendimiento efectivo del 33 % en producción de electricidad. Como residuo sólido, el llamado *coque de pirólisis*, puede ser usado tanto para fines de filtración o para la producción de bloques para la construcción como transformado en gas de síntesis y en un granulado vítreo.

El proceso PKA no genera ni aceite ni alquitrán. El exceso de agua del proceso puede ser liberado de una depuradora.

Etapas del proceso.

1. Desgasificación de las materias en ausencia de oxígeno a una temperatura entre 500 °C y 550 °C. Los constituyentes orgánicos se volatilizan y se extraen del tambor constituyendo el llamado *gas de pirólisis*. El residuo de la pirólisis (coque) se prepara (trituration y separación de metales) para una futura utilización.



2. Convertidor de gas (craqueo). El gas de pirólisis pasa a través de una zona en ignición en el convertidor de gas por encima de 1,000 °C durante 2 segundos. A parte de la destrucción térmica de los contaminantes orgánicos, el convertidor de gas realiza la función de eliminación de polvo con lo que el gas de craqueo queda homogenizado.
3. Gasificador. El coque preparado entra en el reactor de gasificación por un lateral. Con la ayuda de oxígeno técnico (> 93 % O₂) y a una temperatura de unos 1,500 °C, el carbón contenido en el coque de pirólisis es convertido en gas y los componentes minerales se convierte en un fino granulado vítreo.
4. Lavado del gas. El gas de craqueo se enfría rápidamente y seguidamente es sometido a un lavado en el que son eliminados los contaminantes ácidos inorgánicos. Tras el lavado, el gas es sometido a una secuencia de secado por filtración por etapas, con lo que se elimina, por ejemplo, cualquier contaminante orgánico así como el mercurio y el sulfuro de hidrógeno. El gas de craqueo limpio (gas limpio de pirólisis) tiene un valor calorífico de aproximadamente 4,000 KJ/Nm³. El lavado es muy económico debido al bajo volumen de gas combustible frío comparado con los gases de escape calientes. Con esta configuración base los residuos se separan en grupos reutilizables y el resto es convertido en “coque” y gas limpio de síntesis. Tanto el gas como el coque son llevados a una central de energía. Esta es una solución económica que ahorra costes de inversión. Tanto el coque como el gas limpio pueden ser llevados a la planta sin peligro de emisiones perjudiciales.

La descomposición térmica del carbón se manifiesta entre 450 °C y 850 °C, desprendiéndose alquitranes, gases en cantidades crecientes (esencialmente H₂, CH₄, CO, CO₂) y carburos aromáticos delatados por un olor fino persistente, es decir, muy agradables de respirar.

Se llaman hidrocarburos aromáticos a todos aquéllos que tienen que ver con el benceno; entre los hidrocarburos aromáticos se encuentran el benceno (C₆H₆), el tolueno o metilbenceno (C₇H₈), naftaleno (C₁₀H₈) y antraceno (C₁₄H₁₀).

Nota:

Los estudios científicos que se relacionan con la pirólisis: Termogravimétrico diferencial, análisis orgánico elemental, análisis próximo y poder calorífico se aplican y analizan en el capítulo 7 de este trabajo.

4.6.3. Combustión.

Se puede considerar que comienza a los 800 °C, pudiendo la temperatura alcanzar 1200 °C – 1250 °C, momento en que el carbón se torna incandescente y las llamas aparecen si la alimentación de oxígeno es suficiente, el contenido en CO₂ es siempre superior al contenido de CO, lo que provoca un característico y desagradable olor.



4.7. Mecanismos de la reacción.

En general, la tendencia del carbón al autocalentamiento disminuye a medida que el rango del carbón aumenta, es decir, es mayor en un lignito que en una antracita. La facilidad para el calentamiento espontáneo aumenta al reducirse el tamaño de las partículas, pues hay una mayor área superficial disponible y, además, se mejora la transferencia de calor entre granos. Sin embargo, existe un tamaño crítico por debajo del cual la velocidad de oxidación permanece prácticamente constante.

La oxidación del carbón y, por tanto, su calentamiento, es un proceso que tiene lugar en su superficie. Las fuerzas de atracción entre el oxígeno y la superficie del carbón pueden variar enormemente, de manera que a bajas temperaturas se tiene absorción física, mientras que a mayores temperaturas el proceso se debe a la absorción química, seguida de las reacciones que dan lugar a productos tales como el CO , CO_2 , H_2O , etc.

Las reacciones químicas que dan lugar a esos gases no son sencillas. El proceso se describe mediante una serie de reacciones consecutivas, cuya cinética viene marcada por la aparición de un compuesto intermedio que regula la velocidad global del proceso. A su vez, la formación y descomposición de ese complejo intermedio depende de la temperatura del sistema.

El complejo intermedio se describe como un compuesto formado por el carbón más el oxígeno, al que denominamos oxicompuerto.

Midiendo las concentraciones de los gases producidos a diferentes temperaturas, se ha llegado a la conclusión de que el punto crítico a partir del cual la velocidad de descomposición del oxicompuerto se hace mayor a la de su formación, se sitúa en torno a los $70\text{ }^\circ\text{C} - 80\text{ }^\circ\text{C}$.

Durante el proceso de oxidación del carbón se produce una serie de cambios en su estructura. Una vez superada la temperatura crítica, la reacción progresa y la estructura del carbón comienza a romperse. Por debajo de $220\text{ }^\circ\text{C}$ se produce fundamentalmente la oxidación de la estructura no aromática del carbón, permaneciendo prácticamente inafectados los anillos aromáticos hasta temperaturas superiores.

Los compuestos alifáticos o no aromáticos consisten, generalmente, de un esqueleto de átomos de carbono y otros átomos unidos a éste - generalmente hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y otros haluros.

Cuando la reacción, se acelera y la temperatura comienza a elevarse es probable que se produzca una pirólisis del carbón con la consiguiente liberación de volátiles. A partir de entonces habrá reacción tanto en fase homogénea como en fase heterogénea, dependiendo su superioridad de la velocidad de calentamiento y del tamaño de las partículas.



4.8. Condiciones para la autoinflamación del carbón.

Las condiciones básicas para la autoinflamación del carbón son: tendencia a la oxidación, mala transmisión del calor y afluencia de aire. Al faltar una sola de estas condiciones la autoinflamación no se produce.

Se considera que cada incendio pasa por cinco fases o estados:

- Período de incubación.
- Autocalentamiento.
- Autoinflamación.
- Combustión.
- Extinción.

Durante el período de incubación, el carbón en contacto con el aire comienza a oxidarse lentamente a baja temperatura y a activarse por sí solo. El calor producido en el proceso alcanza a disiparse.

En la fase del autocalentamiento debido a la oxidación acelerada, la cantidad de calor que se forma es mayor a la que se disipa. Se produce un aumento visible en la cantidad del anhídrido carbónico y del óxido de carbono, así como la licuación del vapor de agua (exudaciones) en las paredes de las labores, madera (monos), estructuras ferrosas, etc. Al final de la fase, la temperatura del carbón alcanza 70 °C.

Al llegar el carbón a la temperatura crítica, la velocidad de oxidación aumenta y se produce la inflamación. En esta tercera fase, aumenta la destilación seca, con separación de los gases combustibles (H_2 , CH_4 y otros hidrocarburos gaseosos) y de cantidades mayores de óxido de carbono. También aparece un olor característico, se observa el aumento de la temperatura del aire en la mina y de las rocas y hace su aparición el humo. La duración de esta fase va desde algunas horas hasta algunas semanas.

Si no se ha alcanzado la temperatura crítica, o si a raíz de un cambio en las condiciones anteriores aumenta la eliminación del calor, se produce el enfriamiento. Después, el carbón se meteoriza y se hace inerte.

La cuarta fase, combustión, se caracteriza por la formación de importantes cantidades de anhídrido carbónico, y frecuentemente de óxido de carbono, una fuerte disminución de la cantidad de oxígeno en el aire, la formación de humo y en ocasiones la aparición del fuego abierto. La temperatura, en el foco del incendio, puede alcanzar 1,000 °C o más.

La fase de extinción, se caracteriza por el enriquecimiento del aire en anhídrido carbónico y la disminución consiguiente del contenido de oxígeno. También disminuye la concentración de gases combustibles y del óxido de carbono, y con el tiempo la temperatura del aire se torna normal.

Sólo se puede autoinflamar el carbón fracturado durante la explotación (frente de trabajo abandonado con carbón), por el aplastamiento de los pilares o su destrucción en lugares de perturbación tectónica de los mantos; los tres casos anteriores coinciden en la facilidad que tiene el O_2 para llegar masivamente al carbón.



En general los carbones son más susceptibles a la autoinflamación cuanto menor sea su rango, aunque pueden existir carbones de bajo rango poco susceptibles, por ejemplo, la turba por contener una gran cantidad de humedad.



CAPÍTULO 5

Factores de autoinflamación del carbón.

Introducción.

5.1. Principales factores que influyen en la autoinflamación del carbón.

5.2. Análisis de los principales factores.

5.2.1. Factores derivados de las características genéticas y naturales del yacimiento.

5.2.2. Factores derivados del método y condiciones de la explotación.



Introducción.

Es en realidad, la autoinflamación del carbón, el riesgo que ocupa la investigación de este trabajo. Es por tanto el tema crítico que apegado en todo al estudio de los temas anteriores, ha de ser analizado cuidadosamente a fin de comprender el como, cuando, donde y por qué su materialización puede causar grandes daños y lesiones; más adelante, se analizan los múltiples factores que propician este fenómeno. Así, la autoinflamación del carbón va a depender de las características del yacimiento, del método de explotación y ciertos factores de evolución: desarrollo de la fisuración y crecimiento de los caudales de fuga, así como de las propias características del carbón.

5.1. Principales factores que influyen en la autoinflamación del carbón.

La autoinflamación del carbón es el origen de los incendios y depende esencialmente de los siguientes factores: características genéticas propias del carbón y naturales del yacimiento o mineralización (espesor de la capa, pendiente, composición del carbón, estructuras geológicas y actividades químicas), conjuntamente con las derivadas del método y condiciones de la explotación (avance y retirada, relleno o hundimiento, esquema de ventilación, ritmo de los trabajos de laboreo y efectos de la alteración del hueco).

La formación de una combustión espontánea de carbón necesita de la conjugación de una serie de factores, cuya existencia es favorecida por las características generales del yacimiento y de la explotación, por lo que las características geológicas del yacimiento y la modalidad de la técnica minera empleada son los factores decisivos en la formación de combustiones espontáneas.

5.2. Análisis de los principales factores.

Los principales factores que intervienen en la autoinflamación del carbón pueden dividirse para su análisis en dos grupos:

- Factores derivados de las características genéticas y naturales del yacimiento, o factores internos.
- Factores derivados del método y condiciones de explotación, o factores externos.

5.2.1. Factores derivados de las características genéticas y naturales del yacimiento.

5.2.1.1. Susceptibilidad.

Los carbones de toda clase pueden ser objeto de calentamiento y por tanto de generar incendios en capas de pendientes variables y a distintas profundidades, por lo que se califica como carbón susceptible, a aquel carbón que es capaz de calentarse espontáneamente.

La susceptibilidad de una capa esta ligada a características muy locales como son: humedad, presencia de ciertas formas de pirita y quizá otros factores que todavía no han sido puestos en evidencia, ni suficientemente estudiados.



5.2.1.2. Influencia de la pirita y del grado de humedad.

5.2.1.2.1. El contenido de azufre pirítico.

La susceptibilidad del carbón está ligada al contenido de FeS_2 (pirita o marcasita) y a la existencia de condiciones que permitan a la FeS_2 transformarse en $FeSO_4$ (sulfato ferroso), habiéndose comprobado la influencia y el papel del Fe^{2+} (ión ferroso), en el proceso de oxidación del carbón a baja temperatura.

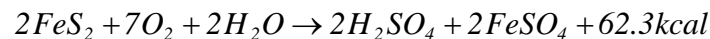
Para contribuir a la susceptibilidad, la FeS_2 debe estar finamente dividida y el contenido de azufre pirítico debe sobrepasar el 2%.

La ausencia de condiciones que permitan transformarse a la FeS_2 rápidamente en $FeSO_4$ puede explicar que algunas vetas muy piritosas no sean susceptibles. Aunque ciertas vetas muy poco o nada piritosas pueden ser sensibles a autoinflamarse (siendo este caso el de los carbones muy porosos), es posible que su calentamiento sea el resultado de la fijación de la humedad, aportada por el aire en forma de vapor de agua.

La reacción de oxidación de la pirita en aire húmedo puede representarse mediante la siguiente reacción:



o también:



Ambas reacciones muestran el efecto exotérmico, pero también se puede verificar que los productos de la reacción (H_2SO_4 y $FeSO_4$) tienen un volumen mucho mayor que el de la FeS_2 inicial. En consecuencia los gases (H_2SO_4 , $FeSO_4$ y H_2O) producidos pueden originar la rotura del carbón en el que estén embebidos, produciendo así un aumento de la superficie del carbón en contacto con el aire que le rodea.

El calentamiento procedente de la oxidación de las piritas es un hecho bien conocido en la minería de carbón (el carbón puede llegar a contener hasta un 12% de pirita). La pirita puede favorecer la oxidación de la materia carbonosa del carbón al producirse la rotura de éste en trozos de menor tamaño que ofrecen una mayor superficie al aire, a la vez que produce una elevación de la temperatura debido al calor liberado en su propia oxidación.

Sólo cuando la pirita se encuentra en grandes proporciones y en un estado de fina división puede ser la causa del calentamiento de carbón. Si la pirita está en forma de vetas o agregados de gran tamaño contribuye muy poco al calentamiento inicial.

5.2.1.2.2. La fijación de la humedad.

El carbón que esté más seco de lo que corresponde en condiciones habituales (en la capa) manifestará su carácter higroscópico y tenderá a reabsorber humedad siempre que esté en un ambiente de elevada humedad. Este proceso de humidificación es exotérmico y generará calor, llegando a ser el calor generado incluso mayor que el debido a la oxidación anteriormente descrito.



La fijación del 1% de humedad en condiciones adiabáticas (es la temperatura y presión constantes) eleva la temperatura del carbón más de 20 °C. Esto es posible cuando el carbón, normalmente poco más o menos saturado de humedad en el fondo, han sido previamente desecado y después puesto en contacto en el aire húmedo, por causa de inversiones del sentido de circulación de las infiltraciones de aire o de variaciones notables de humedad de la atmósfera.

El fenómeno es importante con carbones jóvenes y porosos dado que la carbonización esta en un proceso de poca presión y temperatura (turba y lignito) y que además pueden fijar hasta 8 y 10 % de humedad, mientras que los carbones más antiguos, como es el caso particular de la hulla y antracita que son saturados con 1.5 a 3.5 % de agua.

Cuando la temperatura se eleva, la humedad del carbón disminuye, la vaporización absorbe calor y la acción catalítica de la pirita decrece, pero la velocidad de oxidación es más grande que en frío.

La oxidación de la pirita y la fijación de la humedad son dos procesos que favorecen la generación de calor, y aunque el principal responsable de la iniciación de la combustión espontánea sea siempre la oxidación de la materia carbonosa, en ausencia de estos fenómenos aceleradores que actúan a temperatura ambiente, la autooxidación del carbón no parece susceptible de degenerar en un fuego.

5.2.1.3. Composición química y grado de metamorfismo.

Con el aumento del grado de metamorfosis del carbón hasta hacerlo inerte, su tendencia a la autoinflamación disminuye. Los carbones pardos son más autoinflamables que los negros, y dentro de los últimos, son más peligrosos a la autoinflamación los carbones de llamas largas y los carbones de gas. Más raramente se inflaman las antracitas.

En la Mina III - MIMOSA no se presenta el grado de metamorfismo en la frente larga en investigación (5 oriente).

5.2.1.4. Meteorización.

El carbón meteorizado no es propenso a la autoinflamación, pues la meteorización del carbón presenta el proceso de su oxidación lenta, bajo condiciones de disipación constante y eliminación del calor y de los productos de oxidación que se forman.

En la Mina III - MIMOSA se deja una costra de carbón en el cielo de las galerías, con la finalidad de proteger a la roca encajonante de una meteorización y también es rociada con dolomita para evitar la oxidación del carbón.

5.2.1.5. Textura y estado físico del carbón.

El grado de autoinflamación del carbón depende del grado de trituración, quebradez del carbón, su humedad, temperatura, gases absorbidos en el carbón (CH₄ y otros hidrocarburos) y de la afluencia de oxígeno.



Los carbones quebradizos son más accesibles al oxígeno del aire y por esto más activos con respecto a la autoinflamación. También la humedad facilita la fracturación del carbón, y además, esa humedad (O_2 disuelto en agua) propicia una mayor actividad del carbón frente a su autoinflamación.

5.2.1.6. Constituyentes del carbón.

Los componentes petrográficos del carbón tienen diferente inclinación a la oxidación. A bajas temperaturas, la fusinita (su origen es que ha resultado de la alteración química debida a la oxidación, la putrefacción y la deshidratación de la turba cerca de la superficie de los pantanos) absorbe más activamente el oxígeno, ya que es fibrosa y constituye la parte más blanda del carbón. A temperaturas mayores, absorben más intensamente el oxígeno la vitrinita y el clareno (son descomposición de materia vegetal). La durinita es más estable porque contiene partículas de arcilla procedentes de dentritos, que acompaña a las cenizas propias de las plantas tienen su origen en gran parte en los depósitos de aguas filtradas.

Desde el punto de vista petrográfico se puede establecer una clasificación de los carbones según sus constituyentes (macerales). Estos pueden tener su origen en los tejidos corticales o leñosos (vitrinita, fusinita), en otras partes de las plantas (esporinita, cutinita), o en lodos húmicos (micrinita). Algunos de estos macerales tienen una mayor tendencia a reaccionar con el oxígeno, pero para establecer una clasificación práctica de los carbones en cuando a su susceptibilidad relativa a la combustión espontánea es necesario considerarlos como un todo, pues de otra forma habría que tener la distribución de los macerales en cada carbón.

Se clasifican los carbones de acuerdo a su rango o grado de madurez; y de esta forma la susceptibilidad relativa del carbón a la combustión espontánea disminuye al aumentar el rango del carbón. Para el carbón de Mina III - MIMOSA podemos decir, entonces, que es bituminoso (hulla).

5.2.1.7. Contenido en volátiles.

Si bien el contenido en volátiles es un factor importante, no se presentan diferencias notables en su contenido entre capas más susceptibles. El contenido en volátiles se reparte en un abanico bastante amplio, en cuanto la susceptibilidad de la capa. El carbón en estudio tiene el 18.88 % en materia volátil.

5.2.1.8. Contenido en cenizas.

No se ha encontrado ninguna relación entre la susceptibilidad y las cenizas. El carbón en estudio tiene el 35.72 % en cenizas.

5.2.1.9. Tectónica y friabilidad.

Las irregularidades tectónicas facilitan el desarrollo de los incendios. Se ha podido probar que la proximidad de una falla tiene una incidencia neta sobre los puntos de combustión espontánea.



Una falla aporta a menudo al contacto del carbón y del agua elementos minerales catalizadores de las reacciones de oxidación; también aumenta la friabilidad y porosidad del carbón y por consiguiente su permeabilidad al aire y su reactividad.



Fotografía 5.1. Falla geológica en la frente de investigación (F.L. 5 Ote.).
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

5.2.1.10. Características geológicas del yacimiento.

Las características geológicas de la zona presentan una influencia directa propiciando un menor o mayor riesgo de ignición. Si el carbón aparece en capas finas y distribuidas en lugar de una capa única de mayor potencia, es frecuente que aparezcan grietas o fisuras y el carbón sea, normalmente, más friable o desmenuzable. En consecuencia, la conductividad térmica del carbón será menor y el riesgo de autocalentamiento aumentará.

La profundidad de la capa es también importante, pues si ésta tiene una gran carga es más probable que aparezcan fisuras debido a las grandes presiones, lo que aumenta el riesgo. Si, por el contrario, el recubrimiento es excesivamente pequeño (menor de 50 m), entonces el aire exterior puede tener un acceso más fácil a la capa, lo que favorecerá cualquier proceso de combustión espontánea.

Todo lo anterior va a depender del grado de compactación del terreno. Cuanto más consolidado sea, más dificultad tendrá el aire para llegar a la zona de autocalentamiento y mayor será la conductividad térmica, lo que evitará la acumulación del calor. Finalmente, cuando la capa es de mucha potencia también aumenta el riesgo de fuego espontáneo, especialmente si baja el grado de extracción.

Conviene por tanto analizar separadamente los principales caracteres geológicos y ver su influencia en la formación de combustión espontánea.

5.2.1.11. Potencia de capa.

Toda la literatura existente sobre los incendios coincide en señalar que las capas potentes son más peligrosas con respecto a los fuegos que las poco potentes; sin embargo esto no es rigurosamente cierto, ya que hay capas delgadas o medianas donde se producen los incendios con más frecuencia que en capas gruesas.



Desde este punto de vista hay que analizar la influencia de este factor, que las capas potentes son más difíciles de explotar íntegramente y que el riesgo de dejar carbón en la hundida y de formación de corrientes parásitas es mayor, con lo cual aumenta la posibilidad de creación de focos potenciales de incendios. En la Mina III - MIMOSA la potencia de explotación de la frente de investigación 5 Ote. es de 2.20 m.

5.2.1.12. Pendiente de capa.

La importancia de la pendiente de la capa en la formación de incendios reside en el hecho de la mayor dificultad que entraña la explotación de capas muy inclinadas. La pendiente de la frente de investigación (5 Ote.) es de 1°.

5.2.1.13. Propiedades de las rocas vecinas: Naturaleza de los hastiales.

El carácter de los hastiales es importante de cara a la autoinflamación del carbón pues de él depende el valor de la presión de los terrenos y, en consecuencia, la destrucción del carbón y su agrietamiento.

Los bancos rígidos en el techo retardan el hundimiento y el desplome de los terrenos que después caen en gruesos bloques lo que facilita la circulación de corrientes parásitas. Si en estos bloques se encuentra algo de carbón, el riesgo de incendio es grande.

5.2.1.14. Carboneros y capas del techo.

El carbón de capas de techo no explotable y a distancia tal que caiga con la hundida constituye un riesgo mayor y a veces es un factor decisivo en la formación de incendios. En la Mina III - MIMOSA no se presenta el caso de capas de techo que caigan con la hundida.

5.2.2. Factores derivados del método y condiciones de la explotación.

5.2.2.1. Influencia del sistema de explotación.

La explotación en retirada es menos peligrosa que la de avance. La explotación en retirada, es considerada por los expertos como el procedimiento más seguro frente a los incendios espontáneos en el hundimiento, pero no impide la creación de corrientes parásitas en algunos casos. Sin embargo, sí que es evidente que el riesgo es menor que en las explotaciones en avance con largas corrientes de capa, por la gran depresión entre base y cabeza del minado o zona explotada.

Esto señala la importancia que tiene el elegir un sistema de explotación u otro de cara a evitar la formación de incendios. En general cuando más rápidamente se haga el arranque, cuando más completo sea éste (sin dejar carbón) y cuanto antes se tabiquen o aislen de la ventilación las zonas explotadas, menor será el riesgo de autoinflamación.

El método de extracción puede contener riesgos adicionales, tales como: los huecos dejados y el dejar carbón sin extraer. Es frecuente la aparición de calentamiento en los pilares o incendios en el techo, especialmente si el carbón es muy friable. Todo ello se puede evitar en gran medida empleando un relleno adecuado (figura 5.1).



En la Mina III – MIMOSA se utiliza la explotación en retirada y su relleno es por hundimiento, pero no impide corrientes piratas, cuando se termina de explotar; se taponean las zonas ya explotadas y se mantiene un monitoreo de gases.

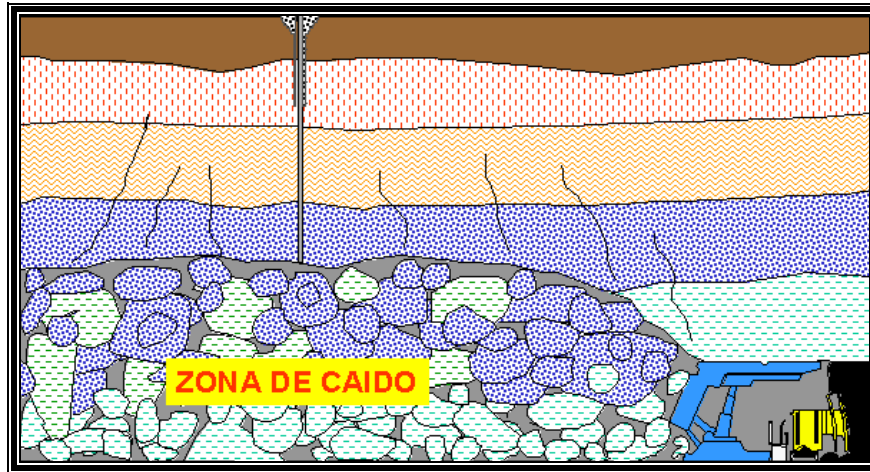


Figura 5.1.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

5.2.2.2. Ventilación.

Además de la corriente útil de ventilación, la disminución de presión origina corrientes piratas; éstas, al llevar oxígeno a los restos de carbón que quedan en la zona ya explotada, aumenta el riesgo de autoinflamación. El riesgo es tanto más grande cuanto menos calor disipan esas corrientes piratas y cuanto más oxígeno entregan. El volumen crítico de las mismas es el que al mismo tiempo que da suficiente oxígeno para el foco de oxidación, no retira el calor producido en la medida necesaria para evitar que la temperatura aumente hasta el punto de inflamación del carbón.

La ventilación juega por tanto un papel muy importante. En consecuencia, si ésta es muy baja no puede tener lugar la oxidación por falta de aire, y si es lo suficientemente elevada se impide la acumulación del calor producido en la oxidación. El riesgo aumenta para velocidades del aire intermedias, afirmando algunos autores rusos que el mayor peligro se encuentra para velocidades comprendidas entre 0.1 (m/min) y 0.9 (m/min). En la Mina III - MIMOSA la velocidad promedio del aire es de 3.5 (m/s).

5.2.2.3. Acción del agua.

Muchas combustiones espontáneas son consecuencia de la evacuación de una inundación prolongada del macizo o de la galería.

Cuando tiene lugar una inundación del macizo se puede pensar que esto supone que las nuevas superficies formadas bajo el agua están preservadas de la oxidación o que las superficies oxidadas después de la inundación están parcialmente desoxigenadas; sin embargo, esto no es así, ya que un reemplazamiento rápido del agua por un flujo de aire pone en contacto gran número de superficies iguales de un carbón húmedo en curso de fisuración rápida.



Esto es de vital importancia cuando, por ejemplo, se vacía una inundación provocada para sofocar un incendio minero, ya que fue la solución para eliminar el problema, ahora se puede transformar en la causa que origine un nuevo riesgo de combustión (incendio).

5.2.2.4. Entorno minero.

Cuanto mayor es la acumulación de carbón, especialmente si este es de tamaño reducido (polvo), mayor es el riesgo de autocalentamiento.

Si existe una elevación de la temperatura, bien sea por el gradiente geotérmico, por la presencia de manantiales termales o por la existencia de incendios previos, mayor será el riesgo.

Los contenidos elevados en humedad suelen facilitar el calentamiento espontáneo, aunque si se llega a valores suficientemente altos de humedad el riesgo disminuye.

Las velocidades elevadas de emisión de gases traen como consecuencias una reducción del contenido en oxígeno del aire, lo que dificulta la oxidación del carbón, reduciendo el riesgo.

En general, puede afirmarse que las siguientes características aumentan el riesgo de combustión espontánea del carbón:

- Espacio suficiente para la liberación de la humedad del carbón.
- Largos periodos de exposición de la superficie del carbón.
- Incremento del área superficial.
- Suministro de aire a la superficie del carbón.

5.2.2.5. Factores locales dinámicos que provocan el nacimiento de combustiones espontáneas.

Existen dos factores dinámicos, cuya conjugación sobre los lugares de combustión espontánea nos autoriza a pesar que han jugado un papel determinante en su nacimiento; un desarrollo de fisuración de carbón y, en el curso de este desarrollo, de una variación bastante rápida del caudal de filtración de aire. En algunos casos, estos dos factores han sido reemplazados por una inundación del macizo, seguida de un achique o retirada del agua.

5.2.2.5.1. Características, causas y efecto del desarrollo de la fisuración.

El un desarrollo rápido de la densidad de fisuración, debido no sólo a la friabilidad del carbón, sino frecuentemente a la formación de obstáculos rápidos e intensos. Los incidentes no se producen generalmente tras la primera fisuración al abrir las labores, excepto cuando se producen por derrumbes o golpe de carga.

Entre las causas de desarrollo de la fisuración están:

- Para los macizos y paramentos: las respuestas en sección de la galería, los hundimientos de galería, derrumbes, aproximación de talleres vecinos.
- Para las zonas posteriores al tajo y antiguas labores: el abatimiento mismo, los hundimientos y movimientos de terreno tras el tajo, la aproximación de talleres vecinos.



- El efecto de la extensión de la fisura ha sido provocar la formación rápida de una gran densidad de superficies frescas, muy reactivas.

5.2.2.5.2. Características, causas y efectos de las variaciones de caudal de las infiltraciones de aire.

Este fenómeno se produce rápidamente durante el desarrollo de la fisuración. Se trata tanto de aumentos como de disminuciones de aire. Las condiciones más peligrosas son, bien una alternancia de aumentos y disminuciones, o una inversión del sentido de circulación de las infiltraciones.

Aunque el volumen elemental del macizo pueda desprender el máximo de calor para flujos de aire elementales, la variación de las infiltraciones puede llevar volúmenes elementales contiguos a tener estos desprendimientos de calor en instantes muy próximos, lo que provoca una acumulación local de calor.



PARTE II

INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN PRÁCTICA

CAPÍTULO 6

Condiciones particulares de la Mina III – MIMOSA.

CAPÍTULO 7

Ensayos de caracterización de la susceptibilidad de las capas.

CAPÍTULO 8

Clasificación de labores respecto al riesgo de fuego.



CAPÍTULO 6

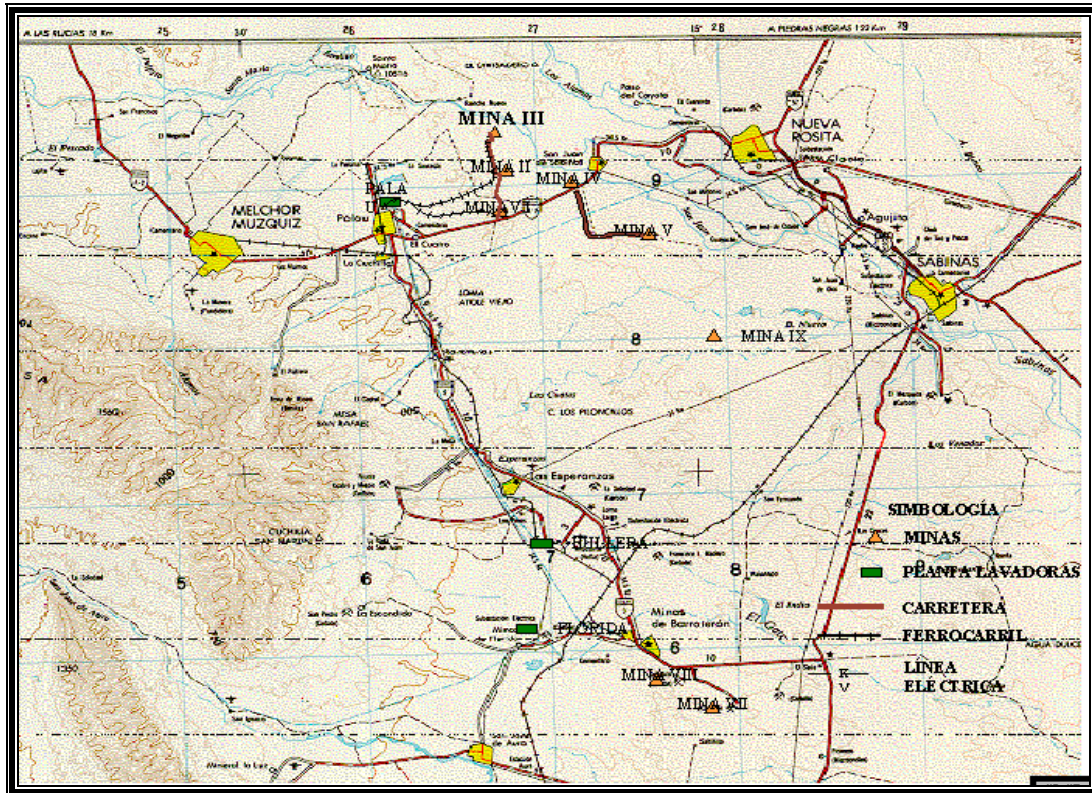
Condiciones particulares de la Mina III – MIMOSA.

- 6.1. Localización geográfica y rutas de acceso.
- 6.2. Situación legal.
- 6.3. Plano general de la mina.
- 6.4. Tipo de carbón.
- 6.5 Geología.
 - 6.5.1. Geología regional.
 - 6.5.2. Geología local.
- 6.6. Método de explotación.
 - 6.6.1. Frente larga.
- 6.7. Servicios y elementos de la mina.



6.1. Localización geográfica y rutas de acceso.

Minerales Monclova S.A. de C.V. unidad Saucedo del Naranjo Mina III con domicilio en km 19.5 carretera Rosita - Múzquiz, Melchor Múzquiz Coahuila, con teléfono 01 (864) 611 6600 y código postal. 26350.



Croquis 6.1. Localización de la Mina III-MIMOSA.
(Fuente: MIMOSA).

6.2. Situación legal.

En el municipio de Melchor Múzquiz, en el estado de Coahuila, siendo las nueve horas del día quince del mes de octubre del año dos mil dos, con fundamentos en los artículos 123 apartado "A", fracción XXXI de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 132 fracción XVI, XVII, XVIII y XXIV 512-D, 523 fracción VI; 527, 540, 542, 543, 541, 543, 550 y demás relativos de la Ley Federal del Trabajo; 3, 8, 9, 16, 28, 30, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 81, 82 y demás relativos de la Ley Federal de Procedimiento Administrativos; 1,8 fracción I, II, IV, XI y XII, 9, 12, 13, fracción II, 17, 18, 19, 20, 22, 23 y 27 del Reglamento General para la Inspección de Sanciones por violación a la legislación laboral; 1, 3, 5, 13, 17, 161, 162 y demás relativos del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo así como el artículo 28, 29 y 30 del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y en ejercicio de la facultad que le confiere el acuerdo delegatorio de facultades suscrito por el C. Secretario del Trabajo y Previsión Social publicado en el diario oficial de la federación el día 21 de diciembre de 2001 los que actúan c.c. Rolando Alberto Rodríguez Guijarro y Jorge Luis Morales Sífuentes inspectores federales del trabajo adscritos a la oficina federal del trabajo en la



ciudad de Sabinas, Coahuila, se constituyeron en el centro de trabajo denominado Minerales Monclova S.A. de C.V. Unidad Saucedo del Naranjo Mina III con domicilio en km 19.5 carr. Rosita - Múzquiz., Melchor Múzquiz Coahuila, con teléfono 01 (864) 611 6600 y código postal. 26350 y cerciorados del domicilio de referencia y razón social mediante la observación de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público de la empresa y por manifestaciones de quien recibe la visita a fin de dar debido cumplimiento a la orden de inspección con el número de oficio que al rubro se cita de fecha 01 de Julio de 2002 suscrita y firmada por el C. Lic. Luis Raúl Sarmiento Villegas en su carácter de director de inspección de la delegación federal del trabajo en Saltillo Coahuila, la cual fue recibido por los sucritos el día 4 de Octubre de 2002, en que se ordena practicar inspección de condiciones generales de Seguridad e Higiene, lo anterior a fin de constatar el cumplimiento de las disposiciones laborales y seguridad e higiene, contenidas en el artículo 123 apartado "A" de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la Ley Federal del Trabajo, en el Reglamento Federal de Seguridad Higiene y Medio Ambiente de Trabajo y en las Normas Oficiales Mexicanas, así como de los demás reglamentos, convenios, acuerdos y contratos de trabajo aplicables.

6.3. Croquis general de la Mina III - MIMOSA.

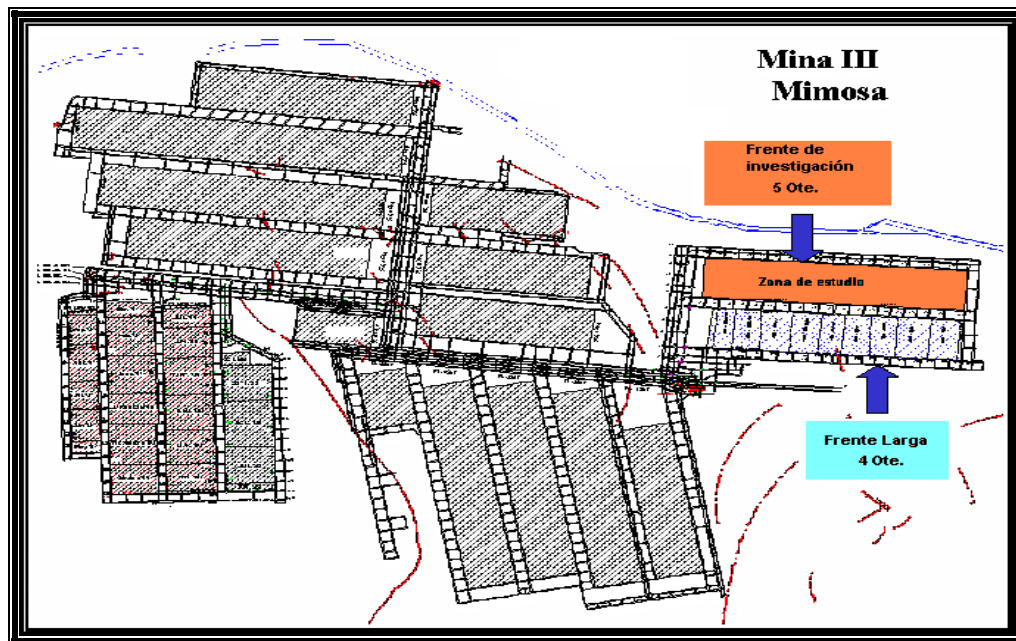


Figura 6.1. Croquis (planta) general de la Mina III - MIMOSA.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

6.4. Tipo de carbón.

Basados en la clasificación de carbones por rangos establecida por la A.S.T.M. (American Society for Testing Materials) en 1981, el carbón de la región carbonífera Sabinas – Monclova se clasifica como bituminoso de volatilidad media a baja. En la Mina III – MIMOSA y concretamente en la frente larga 5 Ote., se presentan los siguientes valores promedio (ver tabla 6.1):



Propiedad	% (**)
Materia volátil.	24.98
Carbón fijo.	64.66
Ceniza.	10.36
Humedad.	No registrado
Azufre.	0.83

(**) Valores proporcionados por MIMOSA.

Tabla 6.1. Propiedades físicas del carbón en la Mina III - MIMOSA.

6.5. Geología.

En el estado de Coahuila, se han definido tres zonas o “cuencas” donde se tiene determinada la presencia de carbón mineral y que se conocen con los nombres de: Sabinas – Monclova, Fuentes – Río Escondido y Cuenca Terciaria del Golfo; localizadas en la región NE, extendiéndose la primera hasta el estado de Nuevo León y la tercera hacia Nuevo León y Tamaulipas.

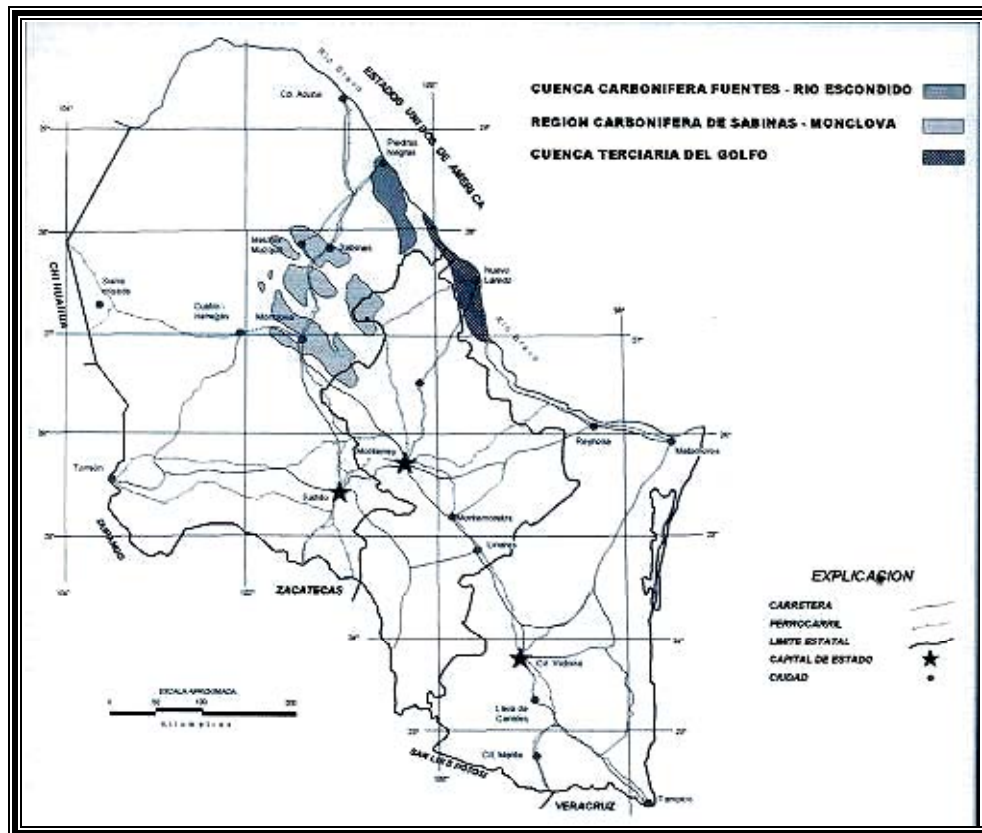


Figura 6.2. Plano de localización de las cuencas carboníferas. (Fuente: “Boletín Técnico COREMI” Año IX, Num. 54 mayo – junio 2003. CRM).



6.5.1. Geología regional.

Cuenca Sabinas – Monclova.

Se localiza en la región central oriente del estado en las cercanías de las ciudades de Múzquiz, Sabinas y Monclova; cubre una superficie del orden de 6,877 km², ubicada en los municipios de Sabinas, San Juan Sabinas, Múzquiz, Progreso, Juárez, San Buenaventura, Escobedo y Abasolo. Geográficamente queda comprendida en las coordenadas 100°30' a 101°45' de longitud W y 26°45' de latitud N.

En esta cuenca se han delimitado ocho pequeñas subcuencas que son: Sabinas (1,034 km²), Esperanzas (184 km²), Saltillo - Lampacitos (1,145 km²), Adjuntas (2,262 km²), San Patricio (2,106 km²), Monclova (120 km²), San Salvador (11 km²) y Gavilán (9 km²).

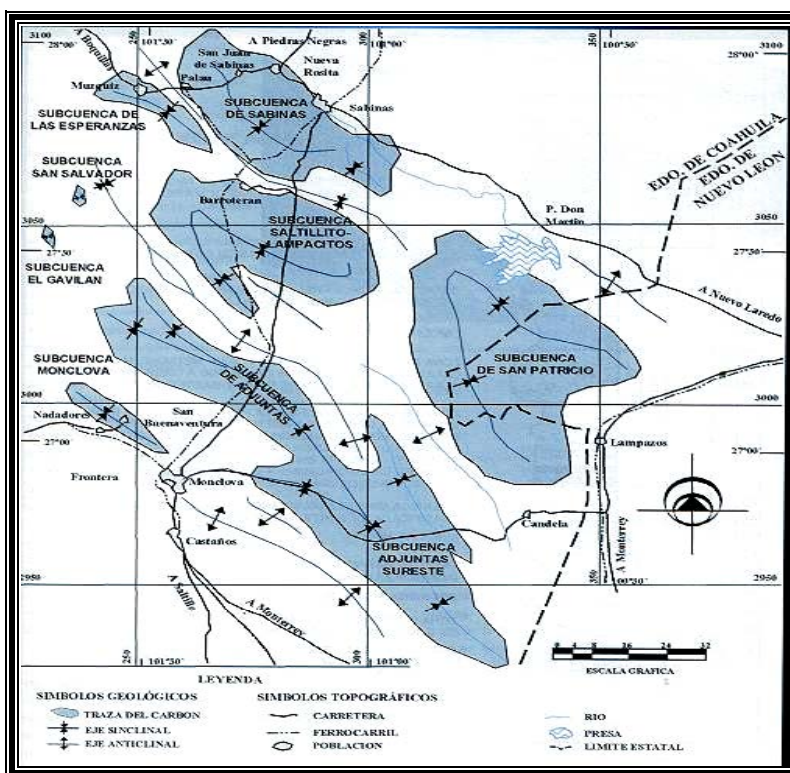


Figura 6.3. Plano de localización de la cuenca Sabinas-Monclova. (Fuente: "Boletín Técnico COREMI" Año IX, Num. 54 mayo – junio 2003. CRM).

6.5.1.1. Fisiografía.

El Distrito Carbonífero Sabinas - Monclova está situado dentro de la provincia fisiográfica de "Sierras y Cuencas de Coahuila" [W.E. Humphrey (1956)].

6.5.1.2. Orografía.

Representada por pequeños lomeríos y algunas elevaciones y planchas de basalto, siendo los Kakanapos y el Jabalí los de mayor altura, cuyo promedio es de 450 msnm.



6.5.1.3. Hidrografía.

El drenaje está controlado por los ríos Álamo, Salado, Monclova y San Juan, los cuales a su vez desembocan al río Sabinas cuyo escurrimiento es NW - SE. El drenaje es dendrítico, y posee un escurrimiento general al S - SE.

6.5.1.4. Estratigrafía.

La Cuenca de Sabinas queda situada dentro de la provincia fisiográfica de "Sierras y Cuencas de Coahuila" (W.E. Humprey, 1956). La columna geológica regional está constituida de la base a la cima por las Formaciones La Casita del Jurásico Superior; Caliza Menchaca, Barril Viejo, Padilla, La Mula, Cupido, La Peña y Aurora del Cretácico Inferior; Del Río, Buda, Eagle Ford, Austin, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido del Cretácico Superior, Conglomerado Sabinas del Terciario y Lava Esperanzas del Cuaternario.

Aquí sólo se hará referencia a las formaciones que contiene al carbón, y son:

- *Formación San Miguel.* Constituida en su cima (miembro no. 5) principalmente por arenisca de color gris claro a verdoso, de grano medio. El espesor total de la formación es de 260 m.
- *Formación Olmos.* También llamada "series de carbón", suprayace a la formación San Miguel y subyace a la Formación Escondido. Esta constituida por una alternancia de arenisca, limolita, lutita, y mantos de carbón en su base. Los mantos de carbón varían en espesor de unos cuantos cm a 2.0 m entre los mantos de carbón se encuentran horizontes de arcilla refractaria o tonstein, que son excelentes guías para la correlación estratigráfica.
- *Formación Escondido.* Consiste de arcilla y margas oscuras, interestratificadas con estratos más o menos gruesos de areniscas, calizas y bancos resistentes fosilíferos. Su litología es muy similar a la de la subyacente Formación Olmos, pero se diferencia por su color rojizo.
- *Conglomerado Sabinas.* Con espesor de hasta 30 m suprayace discordantemente a las Formaciones Austin, Upson, San Miguel, Olmos y Escondido.
- *Caliza San Buena.* Es un travertino con espesor variable de 6 a 42 m que descansa concordantemente al Conglomerado Sabinas y discordantemente a las unidades del cretácico superior, su distribución es en la subcuenca de Adjuntas.

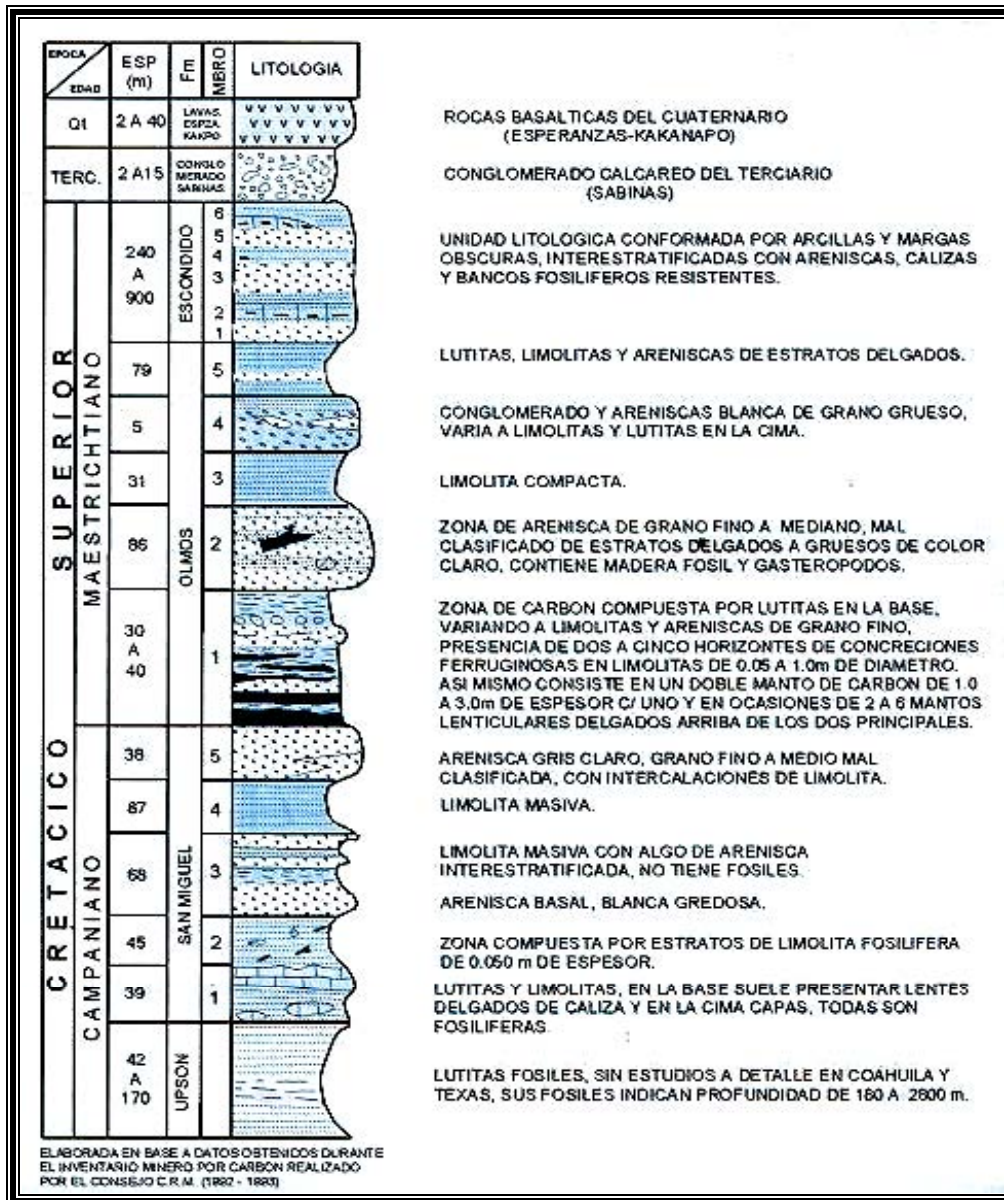


Figura 6.4. Columna geológica de la región carbonífera del Estado de Coahuila. (Fuente: "Boletín Técnico COREMI" Año IX, Num. 54 mayo – junio 2003. CRM).

6.5.1.5. Geología estructural.

La deformación originada durante la Orogenia Laramide en el Golfo de Sabinas está provocada por los esfuerzos compresionales derivados de una convergencia de las áreas geoanticlinales formadas por los elementos paleogeográficos antiguos. Así, por el N, el Geoanticlinal Tamaupeco está ajustado a los límites de la plataforma de Tamaulipas y por el S el Geoanticlinal de Coahuila se circunscribe a la Isla de Coahuila.

Las estructuras creadas en ambas áreas, al poseer éstas grandes espesores de zócalo y pequeños de cobertura y la convergencia sobre ellas de los esfuerzos transmitidos por las masas positivas, provocó un estilo de plegamiento más apretado y acortamientos generales alrededor del 35%. Es así como se forman anticlinales y sinclinales alargados son un gran desarrollo y una dirección básica NW - SE.



6.5.1.6. Yacimientos Minerales.

Los mantos de carbón que se explotan en la región se presentan emplazados hacia la base de la Formación Olmos y en el contacto de la Formación San Miguel; normalmente son lenticulares y sus espesores varían de 0.10 a 3.0 m; en algunas zonas se presentan varios mantos pequeños como en la zona N de la subcuenca de Sabinas, en donde se observan hasta seis mantos con espesores que van de 0.10 a 0.80 m, en un intervalo del orden de 30 m de profundidad.

Estructuralmente las ocho subcuencas corresponden a pliegues sinclinales con una orientación preferencial NW - SE, las inclinaciones de sus flancos van de 4° a 25° hasta 40° y 50° como sucede en el flanco N de la subcuenca de Adjuntas y en el flanco W de la subcuenca Saltillito – Lampacitos, respectivamente.

Las características y dimensiones de cada una de las subcuencas son:

Subcuenca	Longitud (km)	Ancho (km)	Superficie (km ²)	Prof. Máx. del manto
Sabinas	59	24	1.34	*521
Esperanzas	31	7	184	*579
Adjuntas	134	17	2268	*568
Saltillito – Lampacitos	54	21	1145	**1500
San Patricio	82	44	2106	**2000
Monclova	26	6	120	*606
El Salvador	5.5	2	11	*50
El Gavilán	6	1.5	9	*50

*Detectado por medio de barrenación.
**Estimado con secciones geológicas.

Tabla 6.2. Características de las subcuencas carboníferas de la cuenca Sabinas – Monclova. (Fuente: "Boletín Técnico COREMI" Año IX, Num. 54 mayo – junio 2003. CRM).

6.5.1.7. Geología histórica.

Jurásico. En este período se conforman los elementos paleogeográficos que determinan la morfología e influyen sobre la sedimentación del Golfo de Sabinas en toda su historia; estos son:

- *Península de Tamaulipas*. Forma su costa N. Es una unidad de gran tamaño, constituida por gneises y granitos.
- *Isla de Coahuila*. Forma su costa S, constituida por gneises y granitos; conociéndose sedimentos carboníferos y pérmicos poco deformados (Área Delicias).
- *Isla de la Mula*. Pequeña unidad que se extiende de N a S semicerrando la comunicación hacia mar abierto en dirección SE.

Durante el *Jurásico Medio Superior* la sedimentación se ajustó a estos elementos. Así, en el Oxfordiano tenemos en los bajos de las masas elevadas una sedimentación clástica procedente de las mismas (F. La Gloria). Continuando hacia la línea de costa con un complejo de barras oolíticas (Grupo Zuloaga en parte) y evaporitas en la plataforma (F. Olvido). En el Kimmeridgiano y Titoniano, esta disposición prosiguió sin grandes variaciones, depositándose terrígenos en los bordes (Grupo La Casita) y sedimentos finos en arenas hacia el E - SE en dirección a mar abierto (F. La Caja y F. Pimienta).



Cretácico. Durante todo el Cretácico Inferior siguen activos los mismos elementos paleogeográficos anteriores y el desarrollo de la sedimentación. Se siguen en el borde N de la Isla de Coahuila depositando sedimentos arcóscicos continentales procedentes de ella (F. San Marcos) y en el S de la Isla de Tamaulipas se depositaron materiales litológicamente similares (F. Hosston). El borde E y S del Golfo fue cerrado por el desarrollo de un potente arrecife (complejo arrecifal Cúpido, Zwanzinger), formado básicamente por Ostreidos y Rudistas; esta barrera creó por detrás de ella y dentro del Golfo de Sabinas, una sedimentación compuesta por materiales de playa litológicamente muy variados, por lo que en consecuencia han sido divididas en multitud de formaciones generalmente poco potentes y de extensión reducida (F. Menchaca, Barril Viejo, Padilla, La Mula y La Virgen).

Por delante del arrecife y hacia el mar abierto se encuentran sedimentos finos de cuenca (F. Tamaulipas Inferior y Taraises). Este desarrollo arrecifal y sus facies asociadas finalizaron en el Aptiano inferior. El relleno del Golfo de Sabinas debió estar completo hacia esta época y así desde el Aptiano superior al Cenomaniano inferior, durante la máxima transgresión se depositan formaciones calcáreas que son las más extensas de toda la paleogeografía Cretácica (F. La Peña, Aurora y Kiamichi). Encontrándose localmente en esta última Formación, desarrollos arrecifales limitados (F. Caliza Monclova).

A partir del Turoniano se inicia una regresión generalizada en dirección W a E y que abarca al menos la mitad Norte del Geosinclinal Mexicano, culminando con la formación de los depósitos de carbón. La regresión se generaliza, aumentando el contenido de detritos finos, los cuales pueden interpretarse como los depósitos más distales hacia la cuenca del avance de un delta progradante (F. Upson).

Al final del Campaniano el contenido de detritos es dominante y las formaciones son fuertemente diacrónicas; extendiéndose sobre toda el área una arenisca bastante continúa interpretable como los depósitos de la parte frontal del complejo deltáico (F. San Miguel). Sobre este paquete de arenisca se depositó directamente un reducido paquete cuyo espesor va de 10 a 40 m y que contiene a los mantos de carbón y se interpreta a sus ambientes de depósito y sus facies como típicas de llanura de un delta tipo "dominante de ola" (base F. Olmos). Los lóbulos de este complejo deltaico no se distribuyen de un modo continuo, pudiéndose afirmar que el gran número de ellos que se han reconocido tienen una orientación de NW - SE y dimensiones laterales reducidas y están ligados por depósitos de *Strand plain* y quizás *Lagoon*.

La morfología y dimensiones de los lóbulos controlan íntimamente a los espesores de carbón; así, sobre ellos y su parte inferior inmediatamente por detrás de las arenas del techo de la Formación San Miguel se encuentran los mantos más homogéneos y potentes con promedio de 1 a 2 m, aparece normalmente uno de ellos por lóbulo. Por el contrario, en las áreas de interlóbulos el desarrollo de la vegetación es muy discontinuo, provocado por las frecuentes invasiones marinas. Así, aunque los mantos de carbón son numerosos en la vertical, rara vez alcanzan espesor superior al metro.

Paleogeográficamente dentro del distrito Carbonífero de Coahuila y al nivel de los lóbulos deltaicos se pueden establecer a grosso modo tres grandes áreas, sobre las cuales y de W a E, encontramos que en la primera de ellas los lóbulos están poco desarrollados y tienen además un gran predominio de facies continentales sobre las mismas.



En la parte central los lóbulos se encuentran bien desarrollados, existiendo un equilibrio entre las condiciones marinas y continentales. Esta área es la que contiene casi el total de reservas de carbón. Hacia el E la fuerte subsidencia provocó que el mar interrumpiese repetidamente sobre la plataforma superior de los lóbulos reduciendo grandemente su potencial hullero.

Por encima del citado paquete, el resto de la Formación Olmos es continental, presentando facies fluviales. La sedimentación mesozoica finaliza en el Maestrichtiano Superior con una nueva transgresión marina procedente del E - SE. Sus depósitos de poca profundidad con barras de playa y pequeños arrecifes (F. Escondido) descansan sobre los continentales de la F. Olmos indicando la presencia de basculamientos generalizados anunciadores de la Orogenia Laramide.

Terciario. Posteriormente al plegamiento, en el centro de las áreas de bolsón se establecieron ambientes lacustres no tan desarrollados como en otras partes. Sus depósitos consisten en arcillas, yesos y travertino (F. San Buena) encontrándose depósitos de conglomerados y arenas calcáreas en los bordes de los taludes de las sierras calizas.

Cuaternario. Durante este período la red fluvial retrabajó y movilizó en parte a los depósitos lacustres terciarios; encontrándose también un pequeño vulcanismo hacia la parte Centro Oriental de la Subcuenca de Sabinas con extensión de derrames basálticos.

6.5.2. Geología local.

6.5.2.1. Localización.

La frente larga 5 Oriente de Mina III - MIMOSA se encuentra ubicada al NW de los inclinados, inmediata superior a la frente larga 4 Poniente recién explotada.

6.5.2.2. Geología estructural.

En esta zona el manto de carbón presenta un rumbo E - W con echado de 1° buzando al S. La interpretación estructural de la zona se realiza a través de la elaboración de secciones geoestructurales tanto longitudinales como transversales al panel 5 Oriente, basándose en levantamientos geológicos efectuados durante la etapa de desarrollo y datos de topografía (cotas), por el personal de geología y topografía de la Mina III - MIMOSA.

Durante el seguimiento geológico realizado a los Cañones 5 Oriente Auxiliar y 6 Oriente General, no se observan anomalías estructurales que afecten la continuidad de estos, solamente algunos ligeros cambios de pendiente a lo largo de ambos desarrollos. Lo anterior no descarta la posibilidad de fallamientos en el interior del panel a explotar.

6.5.2.3. Rasgos geológicos.

El manto de carbón todo - uno (M.T.U.) de la frente larga 5 Oriente se encuentra afectado por un intercalado de estéril alojado en el carbón inmediato superior a la toba con un espesor que va desde 0.30 m hasta 1.20 m en su punto más alto; este se reduce hacia la altura del crucero (X°)13 en ambos cañones.



La altura promedio para esta frente es de 2.20 m y se cortaron 3 cuerpos de carbón separados por 2 intercalados de estéril de entre 0.25 y 0.34 m respectivamente. El techo para esta área está conformado en su mayoría por lutita con algunas zonas aisladas de areniscas (ver figura 6.5).

6.5.2.4. Calidades del manto de carbón.

Las calidades del manto de carbón en la frente larga 5 Oriente, se determinan mediante los resultados de los análisis químicos proporcionados por el laboratorio de la Planta Lavadora de Palaú, con un total de 37 muestras de carbón distribuidas sobre los cañones adyacentes al panel, todas ellas por estratos, a las cuales se les realizaron los siguientes análisis: % de ceniza, densidad relativa, % de recuperación y % de azufre.

El muestreo lo realizan tomando muestras de canal en cada crucero (X°) y por estrato en los laterales del bloque de carbón, es decir, en los cañones adyacentes al panel, en este caso se tomaron a cada 50 metros. También se toman 2 muestras al inicio de la explotación en la frente de trabajo, esta frente presenta un ancho de 200 m, por lo que las muestras se toman hacia el centro del bloque. Una vez que la frente larga se encuentra en explotación, se realiza una ponderación entre los valores laterales, para determinar el comportamiento del panel.

6.5.2.5. Columna estratigráfica.

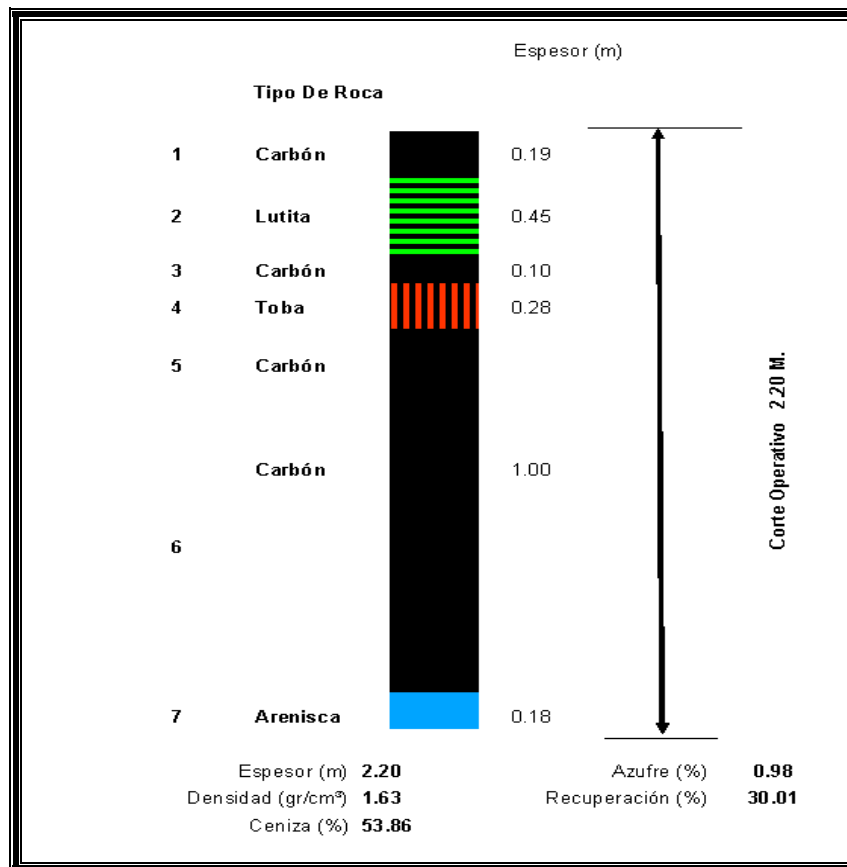


Figura 6.5. Columna estratigráfica de la Mina III - MIMOSA.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).



6.5.2.6. Reservas de carbón.

El cálculo de las reservas de carbón in-situ se basa en los siguientes parámetros: extensión del área, espesores y correlación estratigráfica del manto de carbón, levantamientos geológicos y muestreo de los cañones adyacentes al panel.

Las dimensiones del panel 5 Oriente son de 1,072.00 m de longitud por 200 m de ancho, con un área total de 214,400.00 m² los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.3. RESERVAS IN-SITU DEL PANEL 5 OTE. MINA III - MIMOSA.					
MANTO DE CARBÓN	ÁREA	ESPESOR	DENSIDAD	TONELADAS TOTALES	TONS / CORTE.
CORTE OPERATIVO	214,400.00 m ² 21.44 hectáreas	2.20 m	1.63 g/cm ³	768,838.00	422.40

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

6.6. Método de explotación.

6.6.1. Frente Larga.

En la Mina III - MIMOSA, se cuenta con un panel para frente larga ubicado al Nor - Oriente, junto a la frente larga 4 Poniente recién explotada, es un bloque de carbón limitado en sus lados por galerías que han sido desarrollados. Cañón 5 oriente auxiliar (cabeza), cañón 6 general (terminal). Del cañón principal parten dos conjuntos de galerías perpendiculares a este. Es muy importante que estas obras sean paralelas, puesto que de no cumplirse estas condiciones se tendrán problemas en la explotación de la frente.

La distancia entre dos conjuntos de galerías deberán definirse antes de iniciar su excavación, para este caso tiene de ancho 137 m (normalmente en estas minas son de 200 a 250 m de ancho). La longitud de las galerías es de 1,000 m para el panel que se está explotando, estos cañones están limitados por las condiciones geológicas del techo y piso del manto del carbón así como la potencia del mismo 2.20 m, es conveniente que el panel de la mina no tenga cañones de mucha longitud puesto que estos deberán conservarse mientras dure la explotación de la Frente Larga (diagrama 6.1).

Cuando terminaron el conjunto de cañones del 5 oriente auxiliar y 6 oriente general, se comunicaron entre sí mediante una obra que se denomina descabece y es aquí donde se instala el equipo para la explotación de la frente larga.

El equipo con que se cuenta para la frente larga:

- Máquina cortadora (rozadora) JOY de doble tambor.
- Transportador blindado.
- Soportes mecanizados (Línea de ademes caminantes).
- Sistema eléctrico (Tren de control eléctrico).

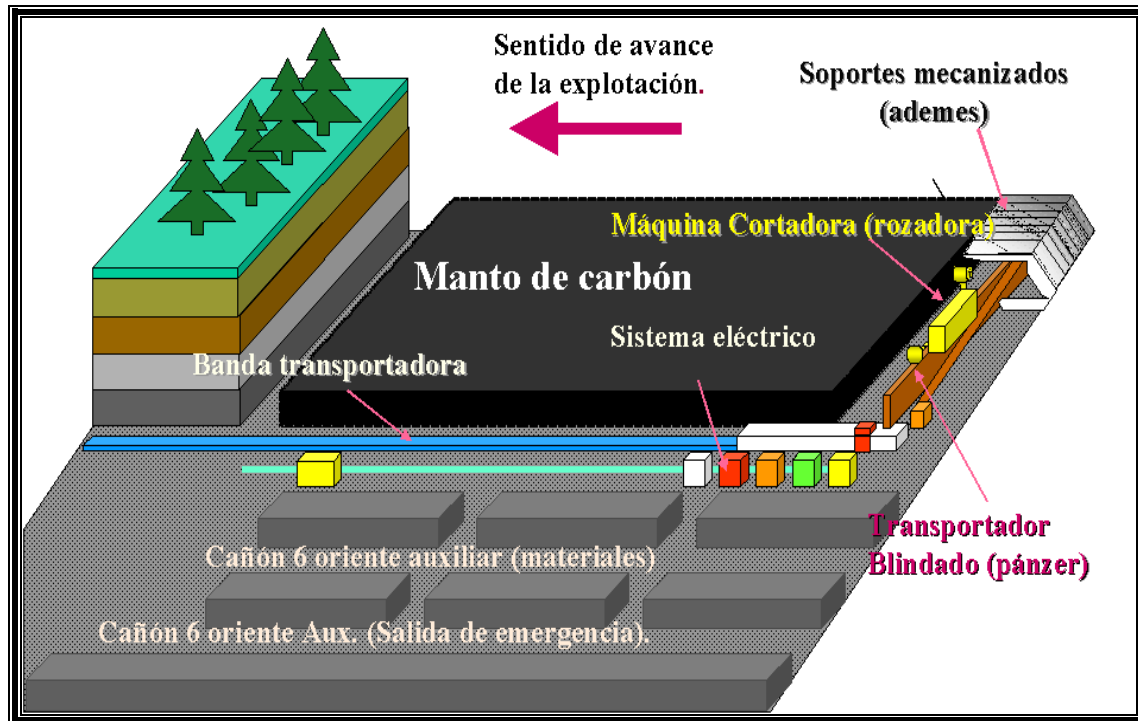


Diagrama 6.1. Diagrama esquemático de la frente de estudio 5 Ote., (Frente larga).
(Fuente: MIMOSA).

6.6.1.1. Características de la rozadora JOY 4LS.

El estudio se orienta a la rozadora de tambor que se utiliza en Mina III - MIMOSA. Esta máquina tiene un peso de:

Descripción.	Peso (Kg)
Bastidor central, menos brazos basculantes	17,237
Brazos Basculantes, con placas tope	10,886
Tambores	3,629
Deflectores	1,089
Total de la máquina	32,659

(Fuente: Joy Technologies Inc. Publicación Técnica Joy).

La dimensión de la rozadora dependerá de la potencia de la capa de carbón que se pretenda extraer (de 2 a 4.5 m de diámetro del tambor). En la frente de investigación este equipo tenía una dimensión de 10.5 m de largo y 1.0 m de alto.

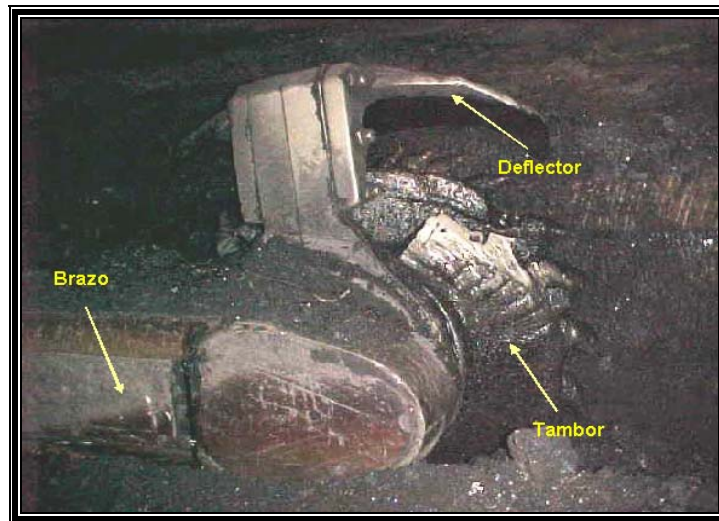
La rozadora de tambor tiene un cuerpo central que apoya sobre un bastidor, el cual cuenta con unos patines mediante los que se desplaza sobre el transportador blindado a lo largo de la frente larga (fotografía 6.1).



Fotografía 6.1. Rozadora: 1) actuadores de los deflectores, 2) motor de corte, 3) zapato de agarre, 4) caja de controles y abajo se observa bastidor blindado.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Los tambores son dos, van enganchados a unos brazos que los levantan convenientemente para poder rozar toda la potencia de la capa. Esto se controla desde un centro de mando que se encuentra en medio de la máquina.

Toda función es a través de motores eléctricos, usando reductores en aquellos puntos en los que la velocidad requerida sea menor, como en el levantamiento de los tambores (ver fotografía 6.2).



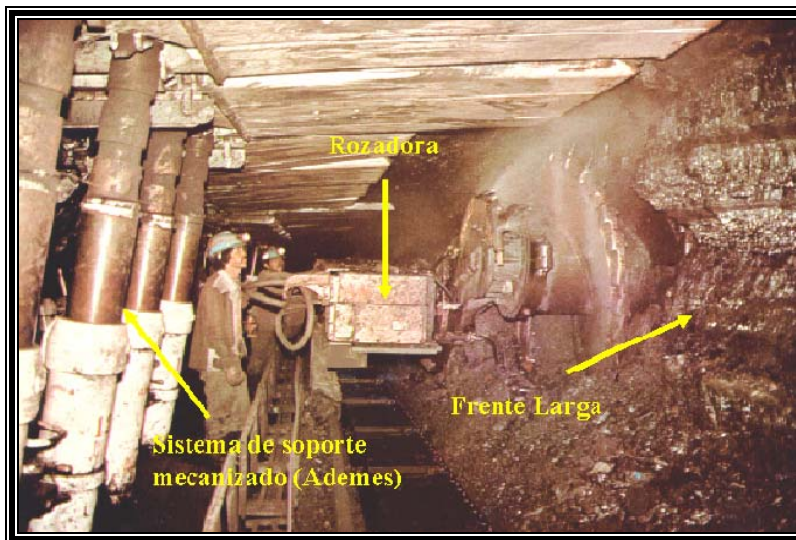
Fotografía 6.2. Tambor de la rozadora de Mina III - MIMOSA.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

El tambor tiene una hélice helicoidal de picas muy duras (acero al manganeso), para facilitar el arranque del mineral a medida que avanza la máquina, y que son pivotantes para todo el mineral sin necesidad de que el minero lo quite (ver fotografía 6.3).



Fotografía 6.3. Rozadora Joy 4LS en el taller eléctrico de Mina III - MIMOSA.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Su producción es de 45 toneladas métricas por minuto (50 toneladas americanas por minuto). Se muestra su arreglo general (ver fotografía 6.4).



Fotografía 6.4. Rozadora trabajando Mina III - MIMOSA.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Nota: En el anexo III se muestran las partes mecánicas de la rozadora JOY 4LS.

➤ Seguridad.

Es necesario tener personal experimentado y entrenado en el desarrollo del procedimiento de prueba con la energía conectada a la máquina y circuitos eléctricos energizados; ya que el personal puede sufrir severos daños físicos e incluso la muerte si las normas de seguridad no son observadas en todo momento.



6.6.1.2. Transportador blindado de la frente.

Fabricado totalmente de acero, su función es transportar el mineral a lo ancho de la frente y sobre él se desliza, apoyándose, la rozadora; su longitud es de 205 m.

➤ Transportador blindado intermedio.

Función: recibir la carga del transportador de la frente, y se ubica a 90° con respecto a la frente, por lo tanto está instalado sobre el cañón 6 oriente general que delimita la frente; este transportador descarga sobre la banda de la frente larga, su longitud es variable (ver fotografía 6.5).



a) b)
Fotografía 6.5 a) y b). Transportador blindado.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Ambos transportadores están constituidos por dos cadenas centrales y rejetas distanciadas a 920 mm (ver fotografías 6.6 y 6.7, respectivamente).



Fotografía 6.6. Detalle de la unión en el transportador blindado.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).



Fotografía 6.7. Detalle de las rejetas del transportador blindado.



a) Especificaciones técnicas.

Transportador blindado de la frente larga.

Marca	Westfalia
Modelo.	MIIV 600
Distancia entre centro de cadena.	60 mm
Capacidad en ton, m.	600t/h
2 Motores.	160 Kw c/u
R.P.M.	1800
Dimensiones de transportador.	1500 mm x 764 mm
Peso de canalón.	348 Kgs
Velocidad de transportador.	1.07 m/s
Peso de cadena.	55.8 Kg/m
Motor transportado intermedio.	90 Kw
Velocidad de Transp. intermedio.	1.45 m/s

(Fuente: Joy Technologies Inc. Publicación Técnica Joy).

6.6.1.3. Soporte mecanizado (ademes caminantes).

Los ademes caminantes son del tipo escudo de cuatro piernas con un peso unitario de 8.9 ton y capacidad de cedencia de 325 ton.

Para trabajar en un manto de altura media, con el método S.F.I. (soporte de frente inmediata), los escudos se distancian a 1.5 m de centro a centro de escudo, siendo sus bases semirígidas, escudo bipartido, pistón de ariete de acción invertida con una potencia para avanzar de 23 ton y 10.7 ton y una carrera de 675 mm; cuenta con un sistema de control hidráulico bidireccional; es alimentado para su operación por dos presiones, 260 bar para la activación de piernas; con lo que se logra una fijación de $\frac{3}{4}$ parte de su punto de cedencia y 170 bar para su centro bidireccional y el resto de sus funciones; el fluido utilizado es una emulsión de 95 % agua y el 5 % de aceite (ver fotografía 6.7).



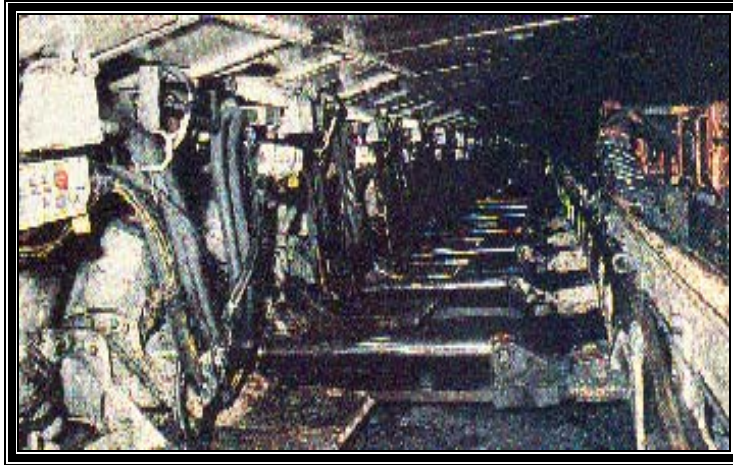
a)



b)

Fotografía 6.8 a) y b). Ademes caminantes.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).



Fotografía 6.8 c). Centro de mando.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

a) Especificaciones técnicas.

Marca.	Dowty
Módulo.	4 piernas 325 ton
Tipo.	Escudo.
Altura.	1250 mm
Ancho.	1450 mm
Largo.	5150 mm
Rango de operación.	
Altura mínima.	1350 mm
Altura máxima.	2600 mm
Gatos de doble Acción.	Hidromecánicos.
Presión de la cadencia.	396 bares
Presión de colocación.	260 bares
Densidad de soporte para corte.	700 mm
Antes de corte (cerrado).	48.88 ton/m ²
(extendido).	51.76 ton/m ²
Después del corte (cerrado).	41.66 ton/m ²
(extendido).	44.20 ton/m ²
Carga por metro (cerrado).	183.42 ton/m ²
Lineal de frente (extendido).	196.73 ton/m ²
Distancia del Canopo a la frente.	300-350 mm
Caudal de la bomba.	100 lts/ min
Caudal máximo de alivio.	160 bares
Presión de cadena.	15.2 Kg/ cm ²

(Fuente: Joy Technologies Inc. Publicación Técnica Joy).

b) Seguridad.

Están diseñados para soportar las cargas del terreno y cubren la parte del cielo que queda al descubierto al ir cortando la máquina rozadora, además de proteger al personal que labora en la frente (ver fotografía 6.8).

Ver anexo IV: Fortificación.



6.6.1.4. Tren de control eléctrico.

Función: Distribuir la energía eléctrica que recibe del transformador a los transformadores blindados, máquina de corte y bombas de inyección (ver fotografía 6.9). Se ubica en el cañón 5 oriente general.



Fotografía 6.9. Sistema eléctrico (Tren de controles eléctricos).
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

a) Especificaciones técnicas.

Marca.	SAIT.
Modelo.	k5s.
Potencia.	2 motores 240 HP blindado, 400HP rozadora
Fases.	3.
Frecuencia.	60 Hz
Tensión.	950 voltios
Protecciones:	
Sobre carga.	Relé térmico ST-665.
Corto circuito.	Relé magnético SM-665.
Control aislamiento.	
Nivel 1.	Circuito CH90.
Nivel 2.	U.746 y LD1.
Tensión de control.	24 Voltios
Dimensiones.	
Alto.	915 mm
Largo.	860 mm
Ancho.	580 mm

(Fuente: Joy Technologies Inc. Publicación Técnica Joy).

b) Seguridad en el tren de control eléctrico.

El envolvente del tren es un cofre de acero cuya función es soportar la deflagración de una mezcla gaseosa inflamable, cuentan con fusibles que están constituidos por un material que no soporta la elevación de temperatura y se funde, interrumpiendo la corriente eléctrica.



6.7. Servicios y elementos de la mina.

6.7.1. Desgasamiento.

En la década de 1970 a 1980 se establecieron reglas de seguridad para controlar y amortiguar los posibles efectos de una ignición de gas, mucho más rígidas que las establecidas en los reglamentos de trabajo oficiales vigentes, sobre todo en lo concerniente a ventilación, neutralización de polvo de carbón y permisividad del equipo eléctrico usado en el interior de las minas.

Las minas de carbón de MIMOSA cuentan con tecnología para evitar las explosiones del gas en su origen que es el gas mismo, desgasando los mantos de carbón previamente, y durante la explotación de la mina, este desgasamiento se realiza a través de barrenos horizontales desde el interior de la mina, ya que ahí es donde el manto de carbón presenta concentraciones de gas.

El desgasamiento en capas carboníferas, consiste en drenar el CH_4 contenido en éstas, mediante la realización de barrenos que se encuentran conectados entre sí, por medio de una red de tuberías que llevan el CH_4 hacia la superficie a través de un barreno vertical dado desde superficie, conectado a una estación de desgasamiento, donde se ubica la bomba NASH o bomba de vacío, misma que se encuentra instalada en superficie.

La bomba NASH serie 3002, cuenta con una capacidad instalada de 3000 l/s, y con un equipo que le permite medir cada media hora la concentración de CH_4 y la presión a la que se encuentra sujeta; así como de dispositivos de seguridad contra incendios, descargas eléctricas, etc. Cabe mencionar que para el correcto funcionamiento de la bomba NASH, se requiere de una concentración mínima del 30 % en volumen de CH_4 .

Los parámetros para realizar un barreno de desgasamiento son:

- Tener estratos de carbón suprayaciendo y sobreyaciendo al manto o capa que se está explotando.
- La concentración in-situ de CH_4 en el manto sea mayor a $6 \text{ m}^3 / \text{ton carbón}$.

Es decir, la densidad de las perforaciones va directamente proporcional a la concentración in-situ del CH_4 en la capa carbonífera. En Mina III – MIMOSA se tiene un promedio de 8 m^3 de $\text{CH}_4 / \text{ton de carbón}$; con una permeabilidad de 33 md (milidarcis); este dato se obtuvo empíricamente.

Mediante los barrenos de exploración se creó una *mallita de contenido de gas CH_4* , y de acuerdo a los datos que arrojó se tienen tres rangos que son:

- Verde: va de 0 a 6 m^3 de $\text{CH}_4 / \text{ton de carbón}$.
- Amarillo: va de 6.1 a 9 m^3 de $\text{CH}_4 / \text{ton de carbón}$.
- Rojo: cuando es mayor a 9.0 m^3 de $\text{CH}_4 / \text{ton de carbón}$.

La mallita de contenido de gas se puede observar en el plano de isovalores de concentración del gas metano ubicado en el anexo IX.

La zona marcada con el color verde se maneja por medio de la ventilación normal, la que se encuentra de color amarillo incluye un sistema de desgasamiento preventivo y la de color rojo requiere de un programa de desgasamiento permanente, ya que sin este no es posible operar la mina.



Se conocen 4 métodos para realizar el desgasamiento del metano (CH_4) en capas carboníferas y son:

- En interior mina:
 1. Barrenación horizontal.
 2. Barrenación en ángulo.
- Desde superficie:
 1. Barrenación en caídos.
 2. Barrenación en áreas vírgenes.

Aunque en MIMOSA sólo se han empleado el de barrenación horizontal y barrenación en caídos, actualmente en la Mina III – MIMOSA, se emplea el *método de la barrenación horizontal* y se realiza en el proceso de los trabajos de desarrollo de la mina; al efectuar estos, se hacen barrenos horizontales y perpendiculares al cruceo natural del carbón, por donde se desaloja el gas, que es colectado a la salida del barreno, entubado y transportado hacia la superficie, por medio de un barreno vertical, succionando en la superficie con una bomba de vacío.

Cada uno de estos barrenos debe estar cementado, provisto de una válvula de control y con trampa para humedad, antes de ser conectados a la red principal de desgasamiento; misma que se instala en las galerías de retorno de aire. En esta mina se tienen conectados los tapones de cierre que separan las áreas ya explotadas de las que actualmente se encuentran en producción, a la red principal de desgasamiento, con la finalidad de mantener bajo el contenido del CH_4 en estas áreas.

Para desgasar el panel de carbón que se va a explotar mediante el método de Frente Larga, se realizan los barrenos desde la mitad del panel aproximadamente hacia él descabece de la frente, ya que esta zona presenta una mayor resistencia dentro del circuito de ventilación y por lo tanto, una menor dilución de los gases, entre ellos el CH_4 .

En los desarrollos se controla el contenido del CH_4 mediante dos barrenos dados en forma paralela en la dirección de la frente, para así conocer la concentración del gas en $\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{ton}$ de carbón y así agilizar la operación. Si dicha concentración es menor a $6.5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 / \text{ton}$ carbón, se autoriza la operación, pero si es mayor a $6.5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 / \text{ton}$ carbón se realizan barrenos en la frente de trabajo para drenar el gas del carbón hasta llegar a tener una concentración menor a $6.5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 / \text{ton}$ de carbón.

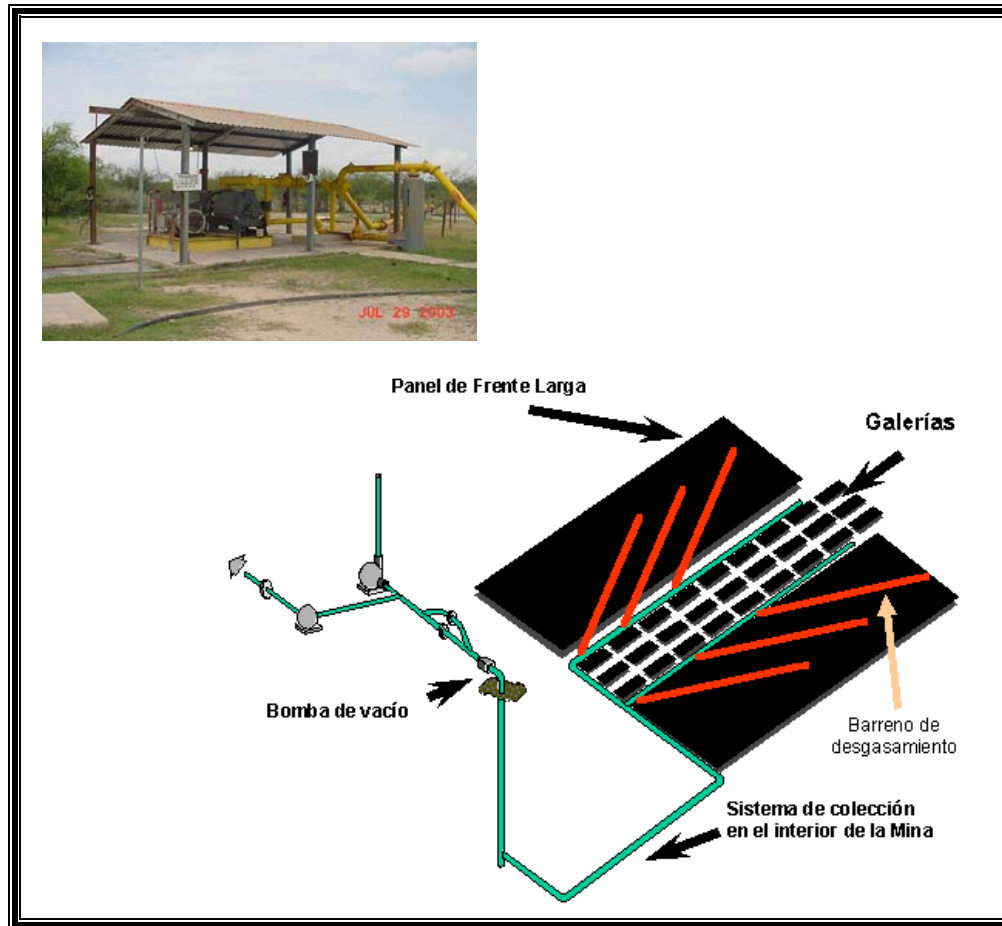


Figura 6.6. Degasamiento de capas carboníferas por el método de degasamiento horizontal.
(Fuente: MIMOSA).

La *perforación en caídos de Frente Larga* consiste en la extracción de CH_4 por barrenos verticales realizados previos al paso de la frente larga. Se basa en la propiedad del gas de absorberse en los estratos suprayacentes al manto de carbón; al derrumbarse estos al paso de la frente se libera el gas, que al ser extraído parte de éste por las barrenaciones se libera de pasar en su totalidad al circuito de ventilación de la mina.

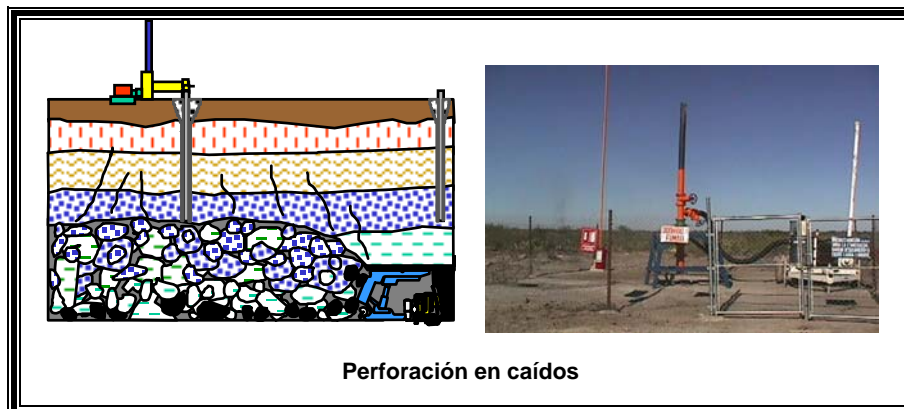


Figura 6.7. Degasamiento de capas carboníferas por el método de perforación en caídos.
(Fuente: MIMOSA).



6.7.2. Ventilación.

En cuanto a la ventilación en la Mina III - MIMOSA, una forma de acondicionar el aire, es distribuyendo en las galerías cantidades suficientes para mantener los lugares de trabajo en condiciones seguras y saludables, por lo cual es más elaborado el sistema, debido a la presencia de gas y polvo de carbón explosivo.

En otras palabras, los requerimientos de ventilar los lugares de trabajo en la mina provienen de la necesidad de evitar los efectos fisiológicos del aire viciado sobre los trabajadores.

En Mina III - MIMOSA se utilizan tres extractores mecánicos de flujo axial, dos de ellos es auxiliar con 700 HP (fotografía 6.10) y son alimentado por un motor diesel (fotografía 6.11), el cual trabaja cuando el extractor principal está en reparación. La alimentación del extractor principal es por energía eléctrica (fotografía 6.12) y se encuentra en superficie junto al auxiliar y su capacidad es de 1,000 HP y el modelo es Joy M9650.



Fotografía 6.10. Extractor Principal (en superficie).



Fotografía 6.11. Extractor secundario (en superficie).



Fotografía 6.12. Vista general con ambos extractores.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Los ventiladores axiales están compuestos de un impelente en forma de disco dentro de una cubierta cilíndrica, sobre el que están montados álabes para producir el flujo del aire en dirección axial (fotografía 6.13).



Se clasifican en dos tipos, la diferencia entre los dos es que uno está provisto de aletas fijas (fotografía 6.14) para dirigir el flujo del aire y contrarrestar algo de energía rotativa impartida al aire por el movimiento de los álabes, mientras que en el otro no son fijas.



Fotografía 6.13. Álabes no fijos.



Fotografía 6.14. Álabes fijos.



Fotografía 6.15. Motor diesel que alimenta al extractor secundario.



Fotografía 6.16. Subestación eléctrica que alimenta al extractor principal.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

a) Medidas del aire dentro de la mina.

El sistema de ventilación en Mina III - MIMOSA puesto en operación debe satisfacer las necesidades del personal que trabaja en el interior y cumple con las normas y reglamentos oficiales. Para asegurar que un sistema de ventilación sea efectivo, eficiente y económico, se requiere obtener medidas confiables de las variables del aire de la mina que sean la base para el análisis, evaluación y planeación (ver en el anexo V).

Para Mina III – MIMOSA la ventilación es un servicio crítico por lo cual, una vez analizadas las actuales condiciones, es preciso mejorar el medio ambiente de trabajo en el área de la cabeza de frente larga 5 Oriente, debido a la utilización de una galería recién desarrollada, libre de los efectos de presión de terreno y, por lo tanto, de mayores dimensiones, lo que proporciona al personal una disponibilidad de mayor espacio para trabajar. Lo anterior se favorece también por la ubicación de los controles eléctricos en el área de la terminal en lugar de la galería de cabeza.

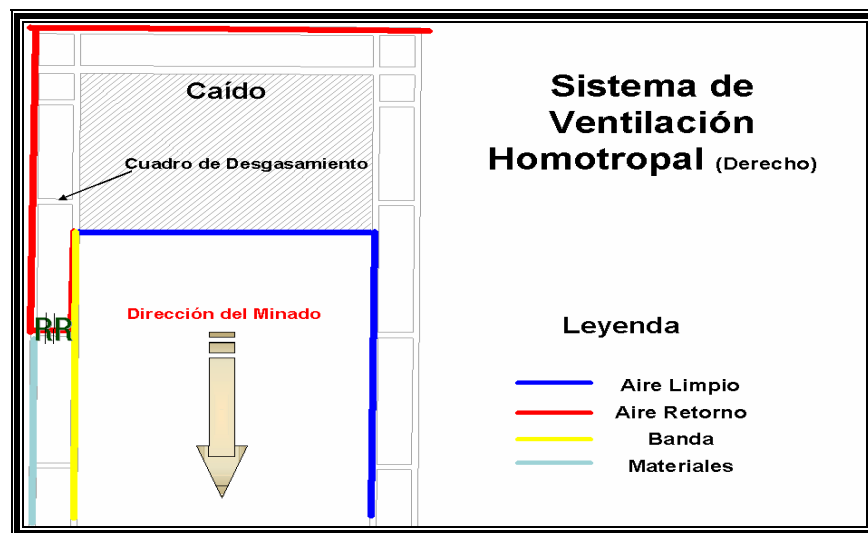


Para la dilución de gas durante la explotación de la frente larga, se consideró una emisión de gas similar a la que se tuvo con la capacidad de producción de la frente larga 4 Oriente de la misma mina, que está adyacente a la 5 Oriente.

Durante la explotación de la frente 4 Oriente se determinó una emisión de CH_4 a la ventilación de 700 l/s. Esta emisión es considerando la conexión de los tapones de cierre del área minada de la frente al sistema de desgasamiento. Sin embargo, para la frente 5 Oriente, el diseño permite tener un volumen de ventilación efectiva y en la descarga equivalente aproximadamente a un 70% más de aire que el que se tuvo durante la operación de la frente 4 Oriente.

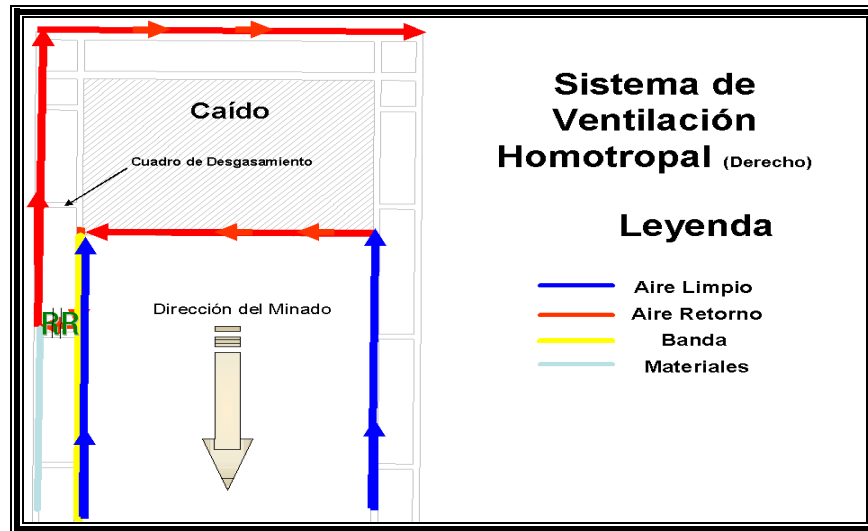
El problema del polvo en las labores se disminuye cuando el aire se mueve en la misma dirección que el mineral quebrado, lo cual constituye el flujo *homotrópico u homotropal* y se aumenta menos calor al aire en las minas calientes cuando entra los rebajes desde arriba. Este sistema de ventilación "Homotropal" de frente larga, fue utilizado en la Zona Sur de la Mina III - MIMOSA del 3 de febrero de 2000 a octubre de 2001, durante la explotación de las frentes 7, 8 y 9 Sur, con resultados exitosos.

El sistema de ventilación en Mina III - MIMOSA en la F.L., se lleva por "Homotropal", la cual consiste en llevar aire limpio por el cañón 5 oriente auxiliar, limpia la frente y fluye a través del cañón 6 oriente auxiliar, para llevarlo hasta el tiro vertical (ver dibujo 6.1).



Dibujo 6.1. Representación del sistema de ventilación "Homotropal".
(Fuente: MIMOSA).

La representación del sistema de ventilación "homotropal" proporcionada por MIMOSA se analizó como incorrecta ya que la simbología mostrada en el sentido de circulación del aire (limpio o viciado) no corresponde a la realidad. Por definición el aire que circula en la frente de trabajo no puede ser catalogado como limpio ya que en esta zona éste no solo no llega contaminado debido a su recorrido por las galerías, sino que, y desde que entra en la frente la contaminación de éste alcanza su grado máximo.



Dibujo 6.1a. Representación del sistema de ventilación "Homotropical".
(Fuente: Elaborado por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

b) Medidas de seguridad.

➤ Bandas.

1. Mantener en buen estado y libre de polvo de carbón la terminal de banda de frente larga.
2. Mantener los rodillos de retorno libres de carga.
3. Mantener buena alineación en la banda, especialmente en la zona de polea terminal.
4. Instalar dispositivos para supresión de polvo de carbón en transferencias.

➤ Equipo.

1. Instalar los transformadores y trenes de controles en aire limpio y al final de turno, desenergizar los equipos desde los transformadores.
2. Utilizar tapones fusibles con especificaciones originales en coples hidráulicos.
3. Utilizar cables eléctricos de una sola pieza en el área de la cabeza de frente larga.

➤ Monitoreo de metano.

1. Sensores de metano calibrados al 1.0% CH₄ en la cabeza de frente larga y 1.5% CH₄ en retorno de aire, en caso de falla del sistema de monitoreo de metano, suspender la operación de la frente larga.

➤ Polveo.

1. Mantener incombustibilidad de 85% o mayor en el área de la cabeza de frente larga al cruce de aire (mecanizar sistema de polveo en este lugar).
2. Repolvar en cada turno el lugar mencionado en el punto anterior.

➤ Transporte.

1. No transitar la locomotora por el Cañón 6 Oriente si la frente larga está en operación.

➤ Aspectos generales.

1. Antes del inicio de operación de cada turno, efectuar visto bueno por el personal autorizado y llevar seguimiento en bitácora para éste fin.



6.7.3. Bombeo.

La Mina III - MIMOSA cuenta con un sistema de bombeo encargado de desalojar el agua que venga de la superficie o que se filtre del interior de la mina hacia superficie, por medio de bombas tipo Flygt y Neumáticas 1R, las cuales transportan el agua a través de tuberías de 4" de diámetro y cunetas hasta las piletas ubicadas en el interior de la mina. Estas piletas cuentan con un decantador.

De estas piletas se bombea el agua con equipo tipo Worth 4 UNQ-11 a través de barrenos verticales ubicados en la plancha hasta las piletas ubicadas en el exterior. A continuación se presenta un listado de las bombas instaladas en la Mina III – MIMOSA, así como su ubicación.

BOMBAS			
DESCRIPCIÓN	MODELO	CAPACIDAD	UBICACIÓN
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 1 BW-0039	4 UNQ-11	500 GPM	PLANCHA INT.
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 2 BW-0040	4 UNQ-11	500 GPM	PLANCHA
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 3	4 UNQ-11	500 GPM	X° 3.5 CG PTE.
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 4	4 UNQ-11	500 GPM	X° 3.5 CG PTE.
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 5	4 UNQ-11	500 GPM	X° 3.5 CG PTE.
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 BW-0047 # 6	4 UNQ-11	500 GPM	X° 20 C 4 OTE.
BOMBA WORTH 4 UNQ-11 # 7	4 UNQ-11	500 GPM	X° 20 C 4 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 950 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	5 OTE
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 950 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	5 OTE
BOMBA FLYGT #3 (13 HP 440 VOLTS)	2151-181	200 GPM	5 OTE
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 10 C 5 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 10 C 5 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 11 C 4 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 11 C 4 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 20 C 4 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	X° 20 C 4 OTE.
BOMBA FLYGT #1 (30 HP 440 VOLTS)	BIBO-2151	450 GPM	PLANCHA
BOMBA FLYGT #3 (13 HP 440 VOLTS)	2151 - 181	200 GPM	VIBRADOR
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	5 OTE.
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	5 OTE.
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	T. V.
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	T. V.
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	PLANCHA
BOMBA NEUMÁTICA 1 R	PD30X -X -B	140 GPM	X° 5 C 4 OTE.
BOMBA WORTH 3L - 13	3L - 13	300 GPM	EXTERIOR
BOMBA WORTH 3L - 13	3L - 13	300 GPM	EXTERIOR
BOMBA WORTH 3L - 13	3L - 13	300 GPM	EXTERIOR

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Ver el plano del sistema bombeo en el anexo IX.



6.7.4 Aire comprimido.

La Mina III - MIMOSA cuenta con un compresor Ingersoll Rand para la generación de aire comprimido, el cual es empleado en las bombas y pistolas neumáticas, dentro del área en explotación. El aire comprimido es conducido a través de tuberías de 4" de diámetro.

Las características del compresor Ingersoll Rand son:

MODELO	SSR - EPE250 – 2S
SERIE	EE1425U96291
CAPACIDAD	1249 CFM
PRESION DE OPRERACION	125 PSIG
MAX. PRESION DESCARGA	128 PSIG
MAX. PRESION MODULADA	135 PSIG
MOTOR HP. COMPRESOR	250 HP
MOTOR HP. VENTILADOR	15 HP
AMPS.	335 A
VOLTS.	460 V
FASE	3
HERTZ	60
VOLTAJE DE CONTROL	120 V
RANGO AMP. CONTACTOR	300 A

(Fuente: Joy Technologies Inc. Publicación Técnica Joy).

Ver el plano del sistema de aire comprimido en el anexo IX.

6.7.5. Transporte.

➤ Banda Transportadora.

El transportador de banda que se utiliza en Mina III - MIMOSA es Contitech de Tec nibandas de Coahuila S.A de C.V. La banda transportadora representa una de las formas más efectivas de mover material, tanto en tiempo como en costo. Sin embargo ninguna banda puede soportar un abuso innecesario, problemas en el equipo o negligencia.

a) Limpieza general.

El material que se va amontonando a través de la línea del transportador y sobre la superficie de las poleas y los rodillos, puede causar graves problemas en la alineación y daños graves en la banda. La acumulación del material en los rodillos (fotografía 6.17) y en las poleas puede forzar a que la banda pierda su alineación. Si se sale completamente de la polea, puede friccionarse y hasta doblarse dentro de la estructura del transportador. La acumulación de material en los rodillos fricciona en forma severa a la banda ocasionando daños prematuros en la cubierta de la misma además del desalineamiento en esas áreas.

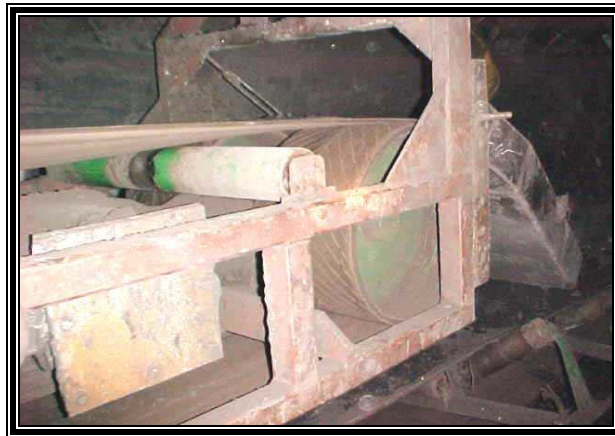


Fotografía 6.17. Acumulación de polvo de carbón y polvo inerte en los alrededores de las bandas transportadoras.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

b) Caídas de material.

El material puede desprenderse del lado de carga o de la zona de alimentación de la banda (fotografía 6.18). Este material al caer sobre la banda en el retorno puede ser pulverizado por la polea de cola de esta. Este tipo de problema afecta demasiado el esqueleto de la banda ya que al ser pulverizado el material en esta, la tensión del esqueleto se eleva demasiado hasta sobrepasar los límites de ruptura de la misma.



Fotografía 6.18. Transferencia de material de una banda a otra.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

c) Rodillos atascados.

Los rodillos pueden atascarse cuando son obstruidos por el material que llega a su sistema de rodamiento. Una vez que se ha atascado el rodillo el desgaste será constante, desgastando el cuerpo de éste, produciendo bordes afilados que afectarán la superficie de la banda y en algunas ocasiones hasta el esqueleto de la misma; también se incrementará la resistencia a la fricción y el consumo de energía.

Como alternativa técnica se tiene la colocación de un rodillo de polietileno afectará en menor grado a la banda ya que no produce ningún tipo de rozamiento. Cuando el material toma contacto con los rodillos de retorno puede transferirse y crear acumulaciones sobre las superficies de los mismos; finalmente, el material se acumulará en montones en cada rodillo de retorno. La tabla 6.4 muestra la ubicación de las bandas.



Banda	N° Motores	HP	Velocidad	Capacidad	Ubicación.
MB-80	3	150	3.5 m/s	800 ton/h	Cañón 6 oriente.
MB-80	2	50	3.0 m/s	600 ton/h	Cañón principal de banda.
MB-80	2	150	3.5 m/s	800 ton/h	Tolva de descarga..
MB-80	1	150	3.5 m/s	800 ton/h	Debajo de la tolva.
MB-80	3	150	3.0 m/s	800 ton/h	Crucero 2 Tiro inclinado.
MB-80	3	150	3.0 m/s	800 ton/h	Superficie del tiro inclinado

Tabla 6.4. Cabeza motriz “stephanoise” para transportador de banda horizontal.
(Fuente: Mina III – MIMOSA.)

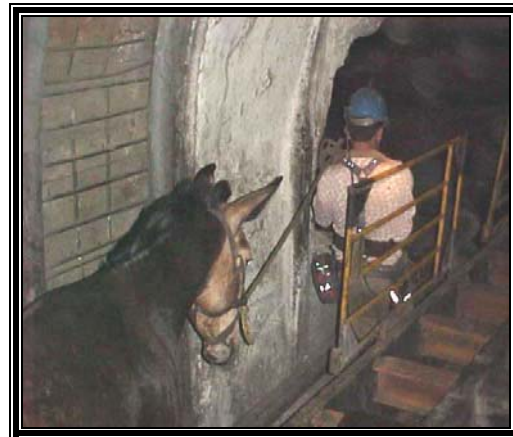
Ver Anexo VI: Equipo de transporte.

- Transporte utilizado hoy en día en obras de desarrollo en Mina III - MIMOSA.

En la actualidad la Mina III - MIMOSA se encuentra mecanizada (bandas transportadoras y locomotoras de baterías Goodman), pero aún se utilizan para el transporte animales de carga (mula), que no tienen ninguna protección dentro de la mina y el pago por su servicio es una paca de paja (fotografía 6.19).



a)



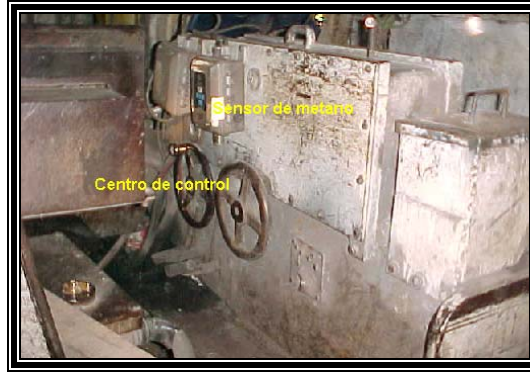
b)

Fotografía 6.19 a) y b). Semoviente utilizado para acarrear materiales.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

- Locomotoras de acumuladores.

El medio de alimentación de las locomotoras es por medio de baterías, las cuales son más pesadas que la locomotora de trole. Su ventaja fundamental es que se trata de una locomotora limpia, silenciosa, segura y que requiere un mantenimiento mínimo.

En Mina III – MIMOSA el recorrido de la locomotora es por el cañón principal y la galería 5 oriente de la frente larga en explotación, ya que en las obras de desarrollo es por medio de mulas (fotografía 6.20). Sus baterías son constituidas por acumuladores de hierro - níquel. Utilizando como electrolito una solución de potasa al 21%.



Fotografía 6.20. Controles de la locomotora.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

La siguiente tabla muestra las características del equipo de transporte desde el punto de vista de la seguridad integral.

Tipo de transporte	Animal	Locomotora eléctrica	Banda	Pánzer	Carro Skip
Fuente de energía utilizada	Animal	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica	Eléctrica
Tipo de material (principal)	Animal	Metálico (acero)	Hule, fibras sintéticas	Metálico	Metálico
Partes fijas	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Partes móviles	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Partes combustibles	Todo	Sistema Eléctrico e Hidráulico.	Sistema Eléctrico, Banda.	Sistema eléctrico	Ninguno
Sustancia inflamable	No tiene	Baterías	No tiene	No tiene	No tiene
Detector de CH ₄	No tiene	Si tiene	Si tiene	Si tiene	No tiene
Protección de seguridad en el equipo	No tiene	Si tiene	Si tiene	No tiene	No tiene
Emisiones de ruido	No aplica	No tiene	No tiene	No tiene	No tiene
Emisiones de polvo	Si tiene	No tiene	Si tiene	No tiene	No tiene
Emisiones de Vibraciones	Si tiene	Si tiene	Si tiene	Si tiene	Si tiene

(Fuente: Tabla realizada por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

6.7.6. Sistema eléctrico.

a) Riesgos de electrocución.

Igualmente exigente se ha de ser en los casos de riesgos de fuego, bien por chispas directas o calentamientos (fotografía 6.21). Los materiales empleados y los sistemas de protección han de estar instalados (fotografía 6.22) de tal modo que ninguno de los dos casos sea posible, y, de serlo, nunca con el riesgo de generar el fuego. Un riesgo típico, bien conocido en el exterior por menor protección, mayor confianza y hasta por causas meteorológicas, es el de *electrocución*. En el interior se agudiza por las difíciles condiciones de instalación (fotografía 6.23), movilidad, golpes o rozamiento con desgaste, humedad abundante, cortes y cizallamientos fortuitos.



Fotografía 6.21. Presentando un cable de alta tensión que está unido al tren de control eléctrico, y se observa que están los cables sin protección de plástico, lo cual presentará una chispa en el interior.



Fotografía 6.22. Se muestra lo complicado de la instalación eléctrica en el interior de la mina.



Fotografía 6.23. Material de protección.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

b) Determinación de niveles de riesgo.

Emplazamiento	A		B		C		D		E	
	Socavones, Pozos y sus macizos de protección de entrada de aire.		Galerías de entrada de aire limpio hasta 50 m de los frentes de arranque en actividad.		Galerías generales de retorno de aire de la mina o de sus zonas.		Talleres de arranque en actividad, incluyendo sus galerías de retorno de aire y los 50 m anteriores de su galería de entrada de aire limpio.		Fondos de sacos.	
Clasificación de la mina o zona.	Límite máximo CH ₄ por 100	Nivel	Límite máximo CH ₄ por 100	Nivel	Límite máximo CH ₄ por 100	Nivel	Límite máximo CH ₄ por 100	Nivel	Límite máximo CH ₄ por 100	Nivel
Sin clasificar y de 1° categoría.	Sin indicios	0	Sin indicios	0	Sin indicios	0	Sin indicios	0	Sin indicios	0
2° categoría.	Sin indicios	0	Sin indicios	0	< 0.5 < 0.8	1 2	< 1.0 < 1.5	2 4	< 1.0 < 1.5	3 4
3° categoría	Sin indicios	0	< 0.5	1	< 0.8 < 1.0	2 4	< 1.0 < 1.5	3 4	< 1.5	4
4° categoría	< 0.5	0	< 0.8	2	< 0.8	5	< 1.0	6	< 1.0	6

La determinación de cuan riesgosa es una mina es por categoría y nivel.



Podemos considerar, que tanto los servicios de interior de la Mina III - MIMOSA, como polveadora (polvo inerte), piletas, telefonía; no requieren de instalaciones específicas contra grisú, excepto en la medida en que se aumente el riesgo de atmósfera explosiva, son necesarios materiales homologados para tal contingencia (fotografía 6.24).



Fotografía 6.24. Teléfono.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

c) Protecciones en el material minero en Mina III - MIMOSA.

Toda instalación eléctrica, sea de interior o exterior, ha de disponer de protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos (fotografía 6.25) pero, además, en las máquinas de interior han de disponer de protecciones que las pongan fuera de servicio en el momento que identifiquen, por cualquier deterioro, haya riesgo de chispas iniciadoras de fuego o explosión o una descarga, ya que el calentamiento puede deteriorar el material envolvente (fotografía 6.25). Igual intención tienen las tomas de tierra que protegen de derivaciones que pudieran producirse de modo no deseado, por accidente o avería.



Fotografía 6.25. Cofre.

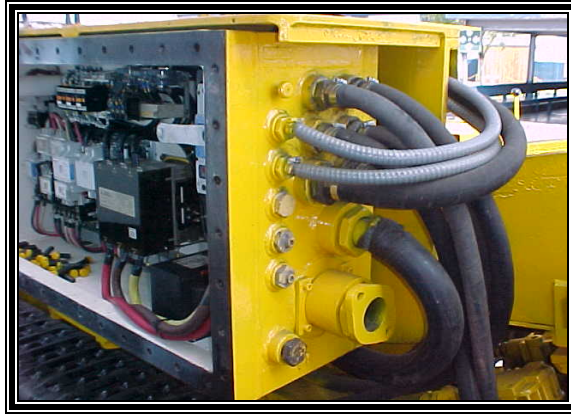


Fotografía 6.26. Bultos de dolomita junto al tren de distribución eléctrica.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

d) Empalmes de cables mineros.

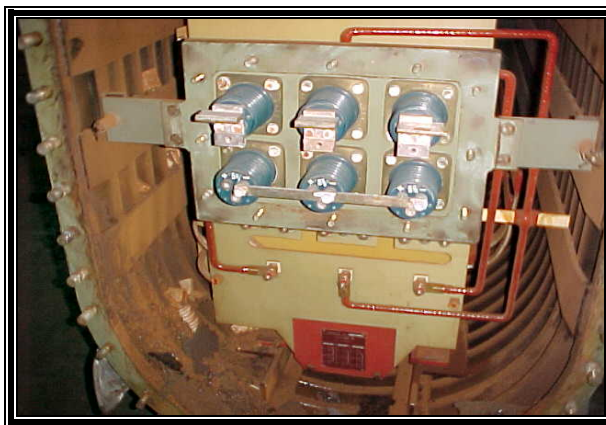
Los cables dentro de un blindado debe estar bien protegidos y revisados minuciosamente para que no se presente alguna chispa (fotografía 6.27), que pueda generar peligro dentro de la mina, al igual que cualquier empalme de los cables en cualquier equipo, siempre debe estar bien revisado y protegido, por ello se hace constantemente una revisión de todo el circuito eléctrico.



Fotografía 6.27. Empalme de los cables.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

e) Modos de protecciones antigrisú.

- *Por envoltura antideflagrante:* cuando el equipo está encerrado en un envolvente capaz de soportar la deflagración de una mezcla gaseosa inflamable que penetre o se forme en su interior, sin sufrir, en su estructura y sin transmitirla al exterior, es el más empleado en motores, cofres, cajas de conexiones (fotografía 6.28).



Fotografía 6.28. Transformador con protección.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

- *Por seguridad intrínseca:* cuando toda chispa que pueda producirse en el circuito eléctrico es incapaz de inflamar la mezcla aire-grisú. Se emplea sobre todo en circuitos de mando, telefonía, grisúmetros y ohmetros.
- *Por sobrepresión interna:* cuando el material está dentro de una envoltura, tiene un gas de protección (aire o gas inerte) que manteniendo siempre una presión superior a la de la atmósfera exterior impide que ésta penetre en la zona de funcionamiento del equipo eléctrico, no permitiéndole el contacto con la posible chispa o arco eléctrico.
- *Por aislante:* cuando todas las partes activas de un aparato eléctrico se encuentra dentro de una masa aislante que impide que la chispa o arco pueda provocar la inflamación de una atmósfera explosiva.
- *Por ventilación:* cuando la ventilación secundaria disminuye la temperatura, impide la concentración potencial de grisú en su entorno.



- *Protecciones eléctricas:* Cuando no se cumplan las características de uso en una determinada instalación eléctrica, han de existir dispositivos de protección suficientes y adecuados para que corten inmediatamente la corriente. En la mina III - MIMOSA cuando se detecta un calentamiento o una chispa, se cuenta con un vigilón el cual corta la energía eléctrica.

Los aparatos más empleados son:

- *Cortacircuitos fusibles:* más conocidos sólo por fusibles. Son dispositivos intercalados en el circuito que están constituidos por un material que no soporta la elevación de temperatura y se funde, interrumpiéndolo. No necesitan mantenimiento, siendo necesario sustituir en cada caso en que requiera su actuación (fotografía 6.29).
- *Los relés de protección:* pueden ser, a su vez, clasificados en térmicos (proteger contra sobrecargas) y magnéticos (contra cortocircuitos).

Los primeros, por calentamiento, provocan la apertura de un contacto intercalado debido a la acción de un bimetálico por dilatación: los segundos, mediante la creación de un campo magnético y a partir de una determinada intensidad regulada a través de una bobina, provocan la apertura de un contacto que abre el circuito (fotografía 6.30).



Fotografía 6.29. Fusibles del cofre.



Fotografía 6.30. Transformador.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

f) Cofres de tajo.

Son armarios de los compartimientos destinados al arranque y a la protección de motores de instalaciones fijas, centrales hidráulicas, bombas, ventiladores, etc. Estos dos compartimientos son de chapa de acero soldada:

- *Compartimiento superior:* se encuentra cerrado por tornillos especiales para impedir su apertura por personal no autorizado. En el tendremos la toma, las salidas eléctricas y amperímetros (fotografía 6.31).
- *Compartimiento inferior:* tiene un sistema de apertura que no permite que ésta se realice si previamente no hemos cortado tensiones (fotografía 6.32).



Fotografía 6.31. Tornillo en un blindado.



Fotografía 6.32. Palanca de corte eléctrico.

(Fuente: Mina III – MIMOSA.)

Dentro del chasis desmontable tendremos los elementos de corte y control como son:

- Contactores - disyuntores, protecciones magneto - térmicas.
- Circuitos de vigilancia del cable.
- Relés para indicar defectos.
- Botoneras con su señalamiento de puestas en marcha.
- Fusibles para circuito auxiliares.

g) Sala de carga de baterías.



Fotografía 6.33. Locomotora Goodman.

(Fuente: Mina III – MIMOSA.)

Las salas de baterías han de ajustarse a una detallada normatividad en su construcción, instalación, mantenimiento y uso ya que a lo largo del proceso de carga de las baterías y como consecuencia de una reacción química del electrolito (ácido sulfúrico) se produce hidrógeno. Asimismo hay que tener en cuenta los peligros característicos de este gas que al combinarse con el aire, y con el aumento de la temperatura, constituye una mezcla explosiva.

Aunque son muchos los medios de producción que proporcionan un alto grado de seguridad, nunca se dejará de tener en cuenta observaciones como las siguientes:

- No manipular nunca con tensión.
- Asegurarse de que nadie pueda conectar red o máquina sin previo aviso.
- Comprobar los aislamientos periódicamente y efectuar las revisiones normalizadas.



- Supervisar las tomas de tierras y su estado.
- Efectuar cualquier revisión y reparación por personal autorizado.

Las baterías empleadas por las locomotoras Goodman son cargador a través de un transformador 500 KVA 4.16 /1 kilos voltios.

h) Subestaciones eléctricas

La energía eléctrica desde el exterior al interior de la mina (fotografía 6.34), es de 4160 Voltios y es preciso transformarla a una baja tensión de 460 voltios para alimentar al sistema eléctrico (tren de control eléctrico) y este a su vez a los equipos (bandas, rozadora, etc.).

Esta labor de rebajes tensión se realiza en las subestaciones eléctricas que poseen protección antideflagrante, constando de tres partes principales:

- 1) *Cabina de alta tensión*, en la que llega la corriente del exterior y tiene protecciones para la transformación.
- 2) *Transformador*, como elemento central.
- 3) *Cabina de baja tensión*, que contiene las salidas de los cables de baja tensión (460 Voltios) con protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos y defectos de aislamiento (fotografía 6.35).



Fotografía 6.34. Estación de Mina III - MIMOSA en el exterior.



Fotografía 6.35. Transformador 315 KVA de 440 kilo voltios.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Han de estar instaladas en espacios anchos, secos y bien ventilados, cerrados de tal modo que nadie no autorizado tenga acceso a ellos.

En el anexo VIII se desglosa el diagrama unifilar de cargas, y la ubicación del equipo.



CAPÍTULO 7

Ensayos de caracterización de la susceptibilidad de las capas.

Introducción.

7.1. Examen en laboratorio de la susceptibilidad de una capa.

7.1.1. Principios.

7.1.2. Muestreo.

7.1.3. Ensaye de reactividad de muestras.

7.1.4. Conclusiones derivadas de los ensayos de un grupo de muestras.

7.1.5. Aplicación práctica.

7.2. Descripción de los principales ensayos de caracterización.

7.2.1. Método del agua oxigenada.

7.2.2. Medidas calorimétricas del calor de oxidación.

7.2.3. Cinemática de la fijación de O_2 bajo presión constante de 15 cm de Hg.

7.2.4. Técnicas analíticas.



Introducción.

La determinación de la tendencia de los carbones a la autoinflamación tiene gran importancia, para su explotación y la planificación de futuros desarrollos mineros.

Se han propuesto diferentes ensayos de laboratorio para determinar la aptitud de los carbones al autocalentamiento, utilizados, principalmente en los países del Este de Europa. Entre estos ensayos están:

- Método de agua oxigenada de Maciejasz.
- Método del calorímetro adiabático de Maers Kaja.

Por parte del centro de investigación Cerchar (hoy INERIS) se han realizado varios ensayos utilizando el calorímetro adiabático, permitiendo estudiar las variaciones de la velocidad de oxidación de distintos carbones en función del tiempo y midiendo el efecto térmico producido por la oxidación de los mismos. De la misma forma, se estudiaron el fenómeno de la oxidación del carbón midiendo fundamentalmente el efecto térmico producido en el primer contacto del carbón con el oxígeno y observando la cinética de la fijación de este gas bajo una presión constante de 15 cm de Hg.

Como un auxiliar a la determinación de la tendencia de los carbones a la autoinflamación, se realizan estudios petrográficos y minerográficos mediante las técnicas de:

1. Sección delgada con el microscopio polarizante por refracción.
2. Sección pulida con microscopio por reflexión.

7.1. Examen en laboratorio de la susceptibilidad de una capa.

7.1.1. Principios.

El método investiga si, al menos en ciertos puntos de la capa, el carbón tiene una velocidad de oxidación elevada, sabiendo que:

- a) En algunas capas, sólo ciertos surcos o estratos de las mismas son reactivos, por lo que las pasadas de extracción deben examinarse lo mismo que la veta en su conjunto. A veces los surcos de la veta son reactivos en toda su extensión y, en ocasiones, las zonas reactivas pueden ser pequeñas (2 m – 3 m) y dispersas (interdistancias hasta de varias decenas de metros). Se ha observado esto particularmente cuando las fallas introducen en una capa no reactiva trozos de un material reactivo próximo.
- b) En todos los carbones, la velocidad de oxidación es elevada si contienen al menos el 2% de azufre pirítico, contenido sólo cuando el ensayo de agua oxigenada suministra un índice "I" superior a 10. Esto evita pasar sin más todas las muestras al ensayo del calorímetro adiabático cuya preparación y ejecución es muy larga y delicada. (El ensayo del calorímetro adiabático permite evaluar la reactividad del carbón al aire).

Para los carbones flameantes, la pirita dividida no es el único factor de susceptibilidad, pero no se conocen bien los otros factores. Tampoco pueden pasarse por el calorímetro adiabático todas las muestras de una capa.



Además, si los ensayos han mostrado que ciertos carbones eran muy reactivos a pesar de la ausencia de pirita, esto sólo ha sido en una oxidación de carbón parcialmente secado, situación rara en la mina, puesto que en los carbones piritosos una fuerte reactividad necesita la presencia de humedad, situación frecuente en la mina.

7.1.2. Muestreo.

La toma de muestras está guiada por el apartado a) del subtema 7.2.1 en la frente larga de investigación (FL 5 Ote.) se tomaron 3 muestras de canal, repartidas a intervalos regulares en todo lo ancho de la misma. Estas muestras se tomaron: la primera a 25 m a partir de la cabeza, la segunda en el centro del panel y la tercera 25 m antes de la terminal, mismas que para su estudio se homogenizaron y clasificaron como:

- Carbón.
- Roca encajonante.
- Todo - uno.

7.1.2.1. Investigación de la susceptibilidad de una zona limitada.

Si sobre un número restringido de muestras de todos los surcos o estratos de la capa los ensayos de susceptibilidad son negativos, hay que aumentar el número de tomas en todos los surcos de la veta, a cada 2 m, hasta cubrir al menos 50 m de paramento.

7.1.2.2. Investigación de la susceptibilidad de un panel.

Si se intenta conocer si un panel es susceptible o no, se parte de tomar muestras puntuales en una cuadrícula muy amplia (del orden de 50 m a 100 m entre una muestra u otra) y si los ensayos son negativos, se procede a partir de algunos puntos de la cuadrícula a un remuestreo cerrando la plantilla de muestreo hasta poder determinar en que parte es susceptible.

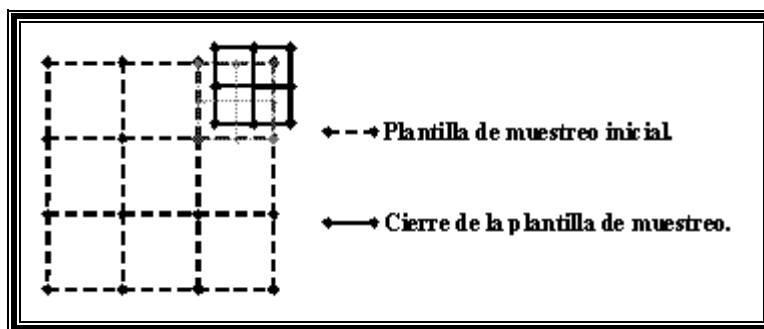


Diagrama 7.1. Plantilla de muestreo.
(Fuente: Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

7.1.3. Ensaye de reactividad de muestras.

La sucesión de ensayos para determinación de la susceptibilidad del carbón al autocalentamiento, sobre cada muestra, y las condiciones derivadas se indican en la figura 7.1.

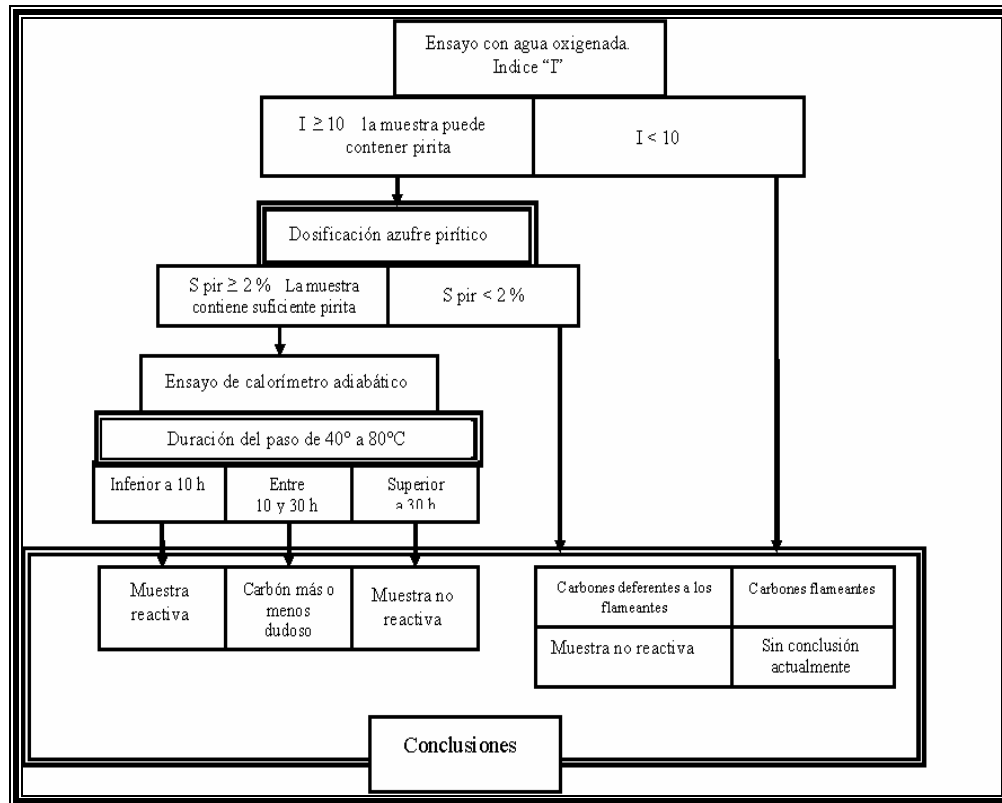


Figura 7.1. Sucesión de ensayos para determinar la susceptibilidad del carbón al autocalentamiento.

(Fuente: Pregermain, S. "Lutte contre les feux souterrains dans les mines de charbon. Examen de quelques essais de laboratoire pour caractériser l'aptitude des charbons à l'autoéchauffement". Revue de L'Industrie Minière. Serie Mine n° 1-1972).

7.1.4. Conclusiones derivadas de los ensayos de un grupo de muestras.

- La susceptibilidad de la capa será considerada como cierta si más de dos muestras son netamente reactivas. Por el contrario, la débil reactividad de las muestras de una capa no permite deducir que ésta no es susceptible. A lo más, con un muestreo muy cerrado o denso se podría concluir que una zona limitada tiene una débil probabilidad de ser susceptible.
- Sí sólo una o dos muestras son reactivas, se retomarán muestras de las zonas próximas (0.5 m). Ver diagrama 7.1.
- Si los nuevos muestreos son netamente reactivos, se concluirá que la capa es susceptible.
- Si sobre los muestreos, cubriendo 40 – 50 m de paramento, ninguna muestra es reactiva, se podrá pensar que esta zona es poco peligrosa; pero esta conclusión no podrá extenderse a todo el panel.

7.1.5. Aplicación práctica.

En la práctica, la búsqueda de susceptibilidad la autocalentamiento de una mineralización como se ha definido en 7.2.2.2, es una operación muy laboriosa y aleatoria (el muestreo siempre debe de realizarse de manera aleatoria o al azar para que se considere que fue bien realizado).



Por el contrario, la investigación de la susceptibilidad de una zona limitada o panel puede ser útil para saber donde existe una configuración crítica y si la capa presenta una reactividad que exigiría una fuerte acción de prevención (enlodado, etc.) y vigilancia (registro continuo de CH₄), mismas que se tratarán con mayor detenimiento en los capítulos 9 y 10 respectivamente.

7.2. Descripción de los principales ensayos de caracterización.

7.2.1. Método del agua oxigenada.

El método se basa en la elaboración y examen de la curva que representa la variación, en función del tiempo, de la temperatura de una muestra sometida a la acción del agua oxigenada en condiciones adiabáticas. Maciejasz demostró que esta curva tiene en efecto las mismas características que la de autocalentamiento del carbón en presencia del aire. En particular, es posible poner en evidencia un período de inducción en el que la temperatura permanece prácticamente constante, precediendo al período de autocalentamiento.

El dispositivo experimental que se utiliza para este ensaye se representa en la figura 7.2 y comprende esencialmente un recipiente del género Dewar, de fondo plano, dentro del cual puede girar la barra de un agitador magnético. La temperatura es controlada por unos termopares como - aluminio ligados a un registrador. En la fotografía se muestra el dispositivo que se construyó en el laboratorio para poder llevar a cabo este estudio en particular.

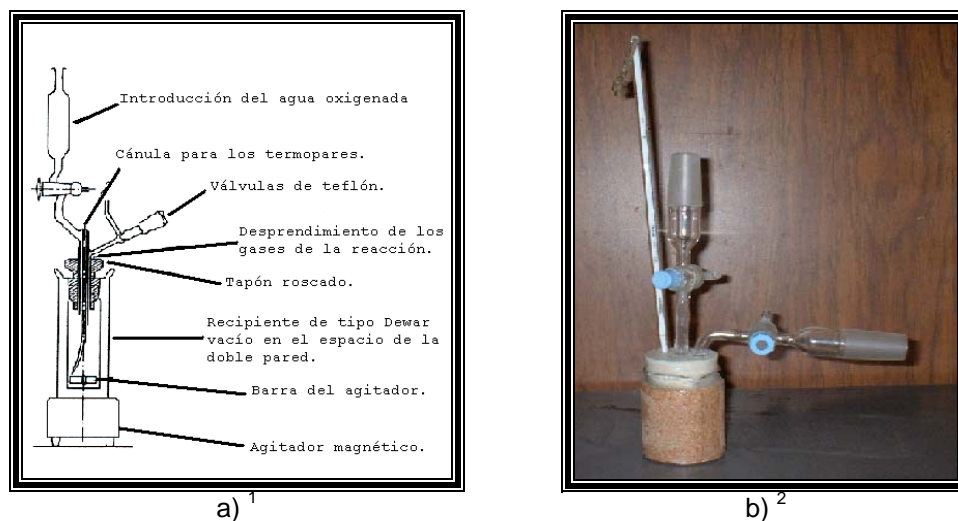


Figura 7.2 a) y b) Dispositivo utilizado para estudiar la reacción entre el agua oxigenada y el carbón.

(Fuente: (1) Pregermain, S. "Examen de lessai à l'eau oxygénée pour caractériser l'aptitude des charbons à l'autoéchauffement".

(2) Dispositivo adaptado por la Ing. Guadalupe Contreras Ordaz).

El carbón debe ser molido y tamizado en atmósfera inerte (en este caso, utilizando CO₂), de manera que pase completamente a través de un tamiz de 0.063 mm o - 200 # y posteriormente homogenizado.



Se humedece una muestra de 10 gr por 5 cm³ de agua destilada, adicionando en caso de necesidad unas gotas de Teepol, y se deja enfriando después en el vaso Deward. Se añade enseguida 30 cm³ de agua oxigenada al 20% y se registra la variación de temperatura en función del tiempo (figura 7.3).

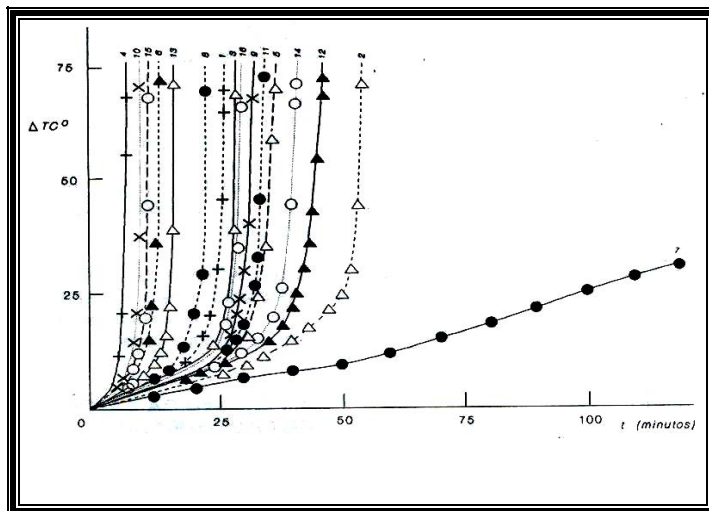


Figura 7.3. Ensaye en agua oxigenada de una serie de muestras.
(Fuente: Pregermain, S. "Examen de lessai á l'eau oxygénée pour caractériser l'aptitude des charbons á l'autoéchauffement").

A efectos prácticos, se considera que el valor absoluto de la temperatura inicial tiene una influencia despreciable sobre el desarrollo de la reacción y se mide el tiempo t_1 necesario para obtener un aumento de temperatura (ΔT) de 65 °C, correspondiente por ejemplo a una temperatura de 90 °C si la temperatura de partida es 25 °C. Se calcula entonces un índice I tal que:

$$I = \frac{100}{t_1} \quad \text{donde } t_1 \text{ es expresado en minutos.}$$

Este índice es tanto más grande cuanto más corto es el tiempo de reacción y varía pues en el mismo sentido que la reactividad del carbón con respecto al agua oxigenada.

Los ensayos realizados por los franceses no han constatado la influencia del rango en la reactividad en el agua oxigenada. Sí pusieron de manifiesto que ciertas muestras, que reaccionan muy rápidamente, son particularmente ricas en algunas materias minerales, principalmente en pirita. Sospechando el importante papel de este constituyente en la reactividad de los carbones en agua oxigenada, estudiaron sistemáticamente las variaciones del índice I en función del contenido de azufre pirítico, determinado por vía química. Los valores obtenidos, se aproximan a los de la gráfica (figura 7.4), donde se observa que efectivamente varía el índice I en el mismo sentido que el contenido en azufre pirítico, de acuerdo a una relación aproximadamente lineal.

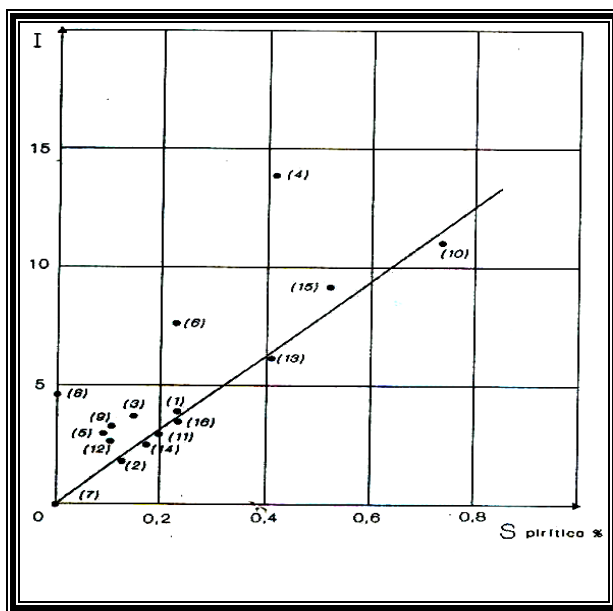


Figura 7.4. Índices de reactividad al agua oxigenada.

(Fuente: Pregermain, S. "Examen de lessai à l'eau oxygénée pour caractériser l'aptitude des charbons à l'autoéchauffement").

Estudios realizados por el INERIS han podido también justificar la relación constatada entre la reactividad al agua oxigenada sobre masas variables de pirita o de marcasita (FeS_2). El tiempo que corresponde a un aumento de temperatura de $65\text{ }^\circ\text{C}$ es, en efecto, inversamente proporcional a la masa de mineral utilizada.

En lo concerniente a la relación entre el valor del índice I y la susceptibilidad de la capa quedo también demostrada con muestras que siendo muy reactivas al agua oxigenada, tenían un contenido de azufre pirítico comprendido entre el 2% y el 5% y provenían de capas muy susceptibles.

Pero la susceptibilidad al autocalentamiento no está condicionada únicamente por la presencia de pirita, y depende a menudo de otros factores a los que el agua oxigenada es insensible. Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en la frente de investigación están representados por los índices de reactividad "I" son:

- $I_{\text{Carbón}} = 1.25$
- $I_{\text{Todo-uno}} = 1.10$

ambos índices de reactividad "I" son menores a **10** por lo que se consideran como poco reactivos. Ver gráficas en el anexo X.

7.2.2. Medida calorimétrica del calor de oxidación.

El dispositivo utilizado comprende dos partes: el calorímetro propiamente dicho y un aparato de absorción volumétrica que permite determinar las cantidades de oxígeno fijadas bajo presión muy débil. La expresión correcta del calor de oxidación debe, en efecto, relacionar la cantidad de calor medida con el correspondiente volumen de oxígeno fijado.



El calorímetro es un aparato Calvet, de tipo diferencial de conducción. El esquema del principio de funcionamiento se observa en la figura 7.5.

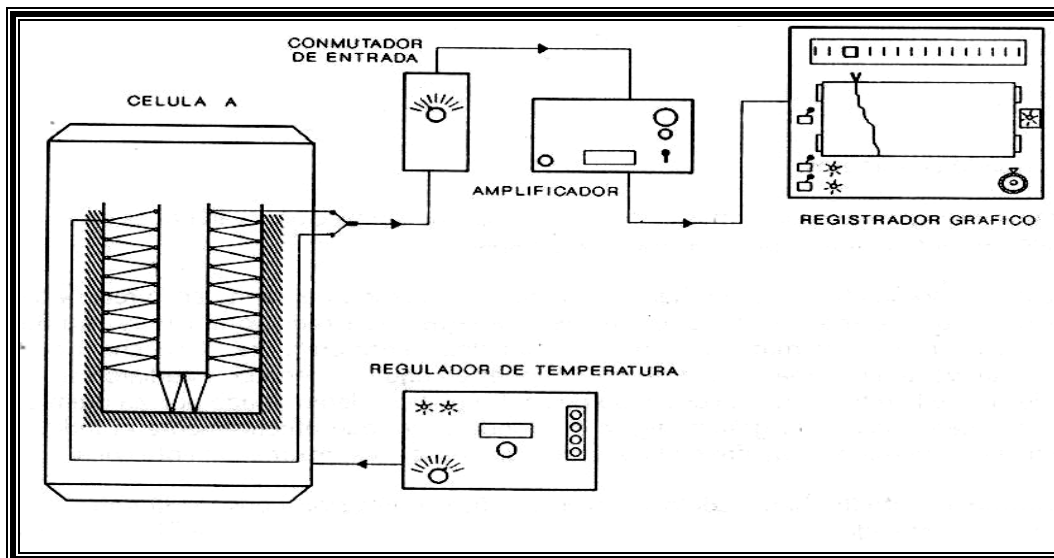


Figura 7.5. Principio de funcionamiento del calorímetro.

(Fuente: Pregermain, S. "Mise au point d'un calorimètre adiabatique pour l'étude des phénomènes d'auto échauffement". Publications Techniques des Charbonnages de France).

La potencia calorífica desarrollada en la célula A en el instante t es, en gran parte perdida bajo forma de un flujo de calor que sale de la célula y es proporcional a la diferencia de temperatura entre el recinto interno y el recinto externo. Esta diferencia de temperatura es medida por una serie de termopares constituyendo una pila, conectados a un amplificador y a un registrador. Un marcador adecuado permite obtener la relación de proporcionalidad entre la f.e.m. de la pila y la potencia térmica que sale de la célula.

La célula de laboratorio es opuesta a una célula testigo idéntica con objeto de obtener una compensación automática de las perturbaciones. El caudal térmico mas pequeño, detectable por este dispositivo es de 0.001 cal/h, o sea alrededor de 1 MW.

El aparato de absorción asociado al microcalentamiento es del tipo B.E.T. clásico. Consta de dos ampollas: una que contiene el carbón (está colocada en la célula laboratorio del calorímetro) y la otra que contiene bolas de vidrio (en la célula testigo). Las lecturas de presión se hacen con la ayuda de un micromedidor de MacLeod.

Se somete a la muestra, previamente desgasificada en vacío, a presiones crecientes de oxígeno, esperando la vuelta al equilibrio antes de cada nueva introducción. Se simbolizan por A, B, C, etc., las introducciones sucesivas.

Las curvas de potencia térmica-tiempo dadas por el registrador son de dos tipos (figura 7.6):

- El tipo A refleja una reacción rápida con relación a la constante de tiempo del calorímetro, seguida de una reacción lenta de amplitud bastante menos importante. El retorno a la línea base se efectúa en 8 a 10 h.
- El tipo G refleja una reacción inicial rápida de una importancia muy débil frente a la reacción lenta. El retorno a la línea base tiene lugar en una centena de horas.

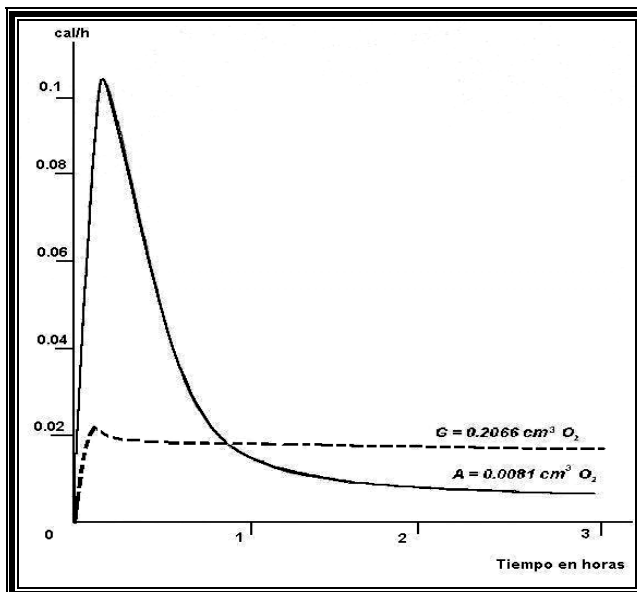


Figura 7.6. Curvas de potencia térmica-tiempo en carbonos franceses.
(Fuente: Pregermain, S. "Mise au point d'un calorimètre adiabatique pour l'étude des phénomènes d'auto échauffement". Publications Techniques des Charbonnages de France).

La integración de estas curvas, después del retorno a la línea base, permite calcular un calor diferencial de oxidación mientras que el aparato de absorción volumétrica suministra el volumen de oxígeno fijado correspondiente. Las curvas de calor diferencial se presentan como una serie de niveles, cuya longitud representa la cantidad de volumen (V) de gas fijado sobre el carbón y la altura, el calor medio desprendido por esta fracción (figuras 7.7 y 7.8).

Con la única excepción de la primera introducción sobre el carbón de Wendel, se encontraron variaciones poco importantes en los calores de oxidación que se sitúan, en conjunto, alrededor de 60 kcal/mol.

Se puede concluir diciendo que el calor liberado por la reacción entre un carbón y el oxígeno a la temperatura ambiente es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno fijada.

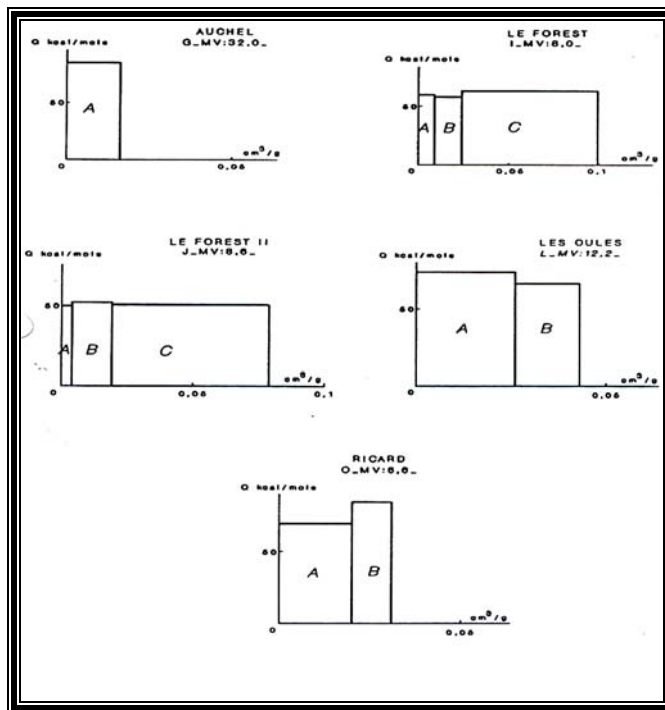


Figura 7.7. Calores diferenciales de oxidación. Carbones de Lorena.

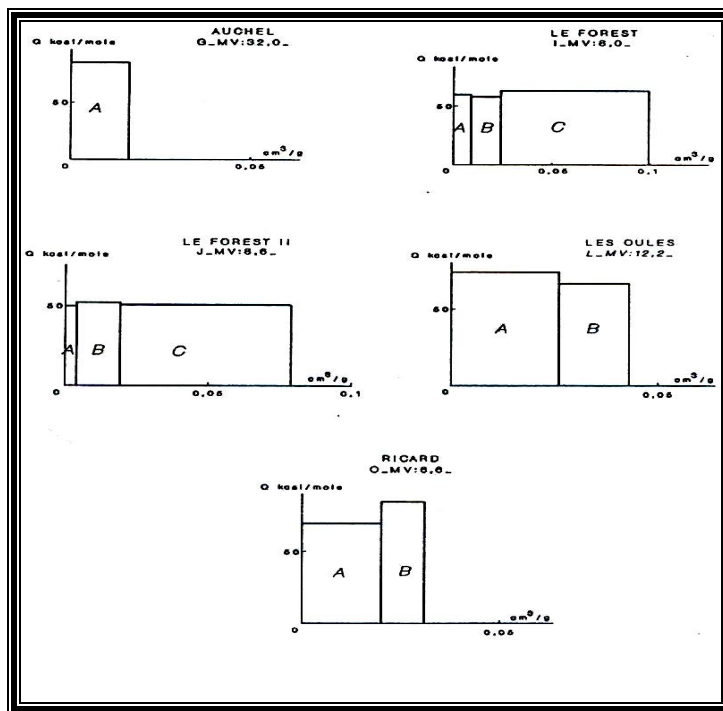


Figura 7.8. Calores diferenciales de oxidación. Carbones del Norte y de Cévennes.

(Fuente: Pregermain, S. "Mise au point d'un calorimètre adiabatique pour l'étude des phénomènes d'auto échauffement". Publications Techniques des Charbonnages de France).

7.2.3. Cinemática de la fijación de oxígeno bajo presión constante de 15 cm de Hg.

Un aparato de absorción volumétrica, en el que la presión se mantiene constante automáticamente, permite seguir la cinética de fijación del oxígeno bajo una presión de 15 cm de Hg, sensiblemente igual a la presión parcial del oxígeno en el aire.

El esquema del aparato es el que se representa en la figura 7.9.

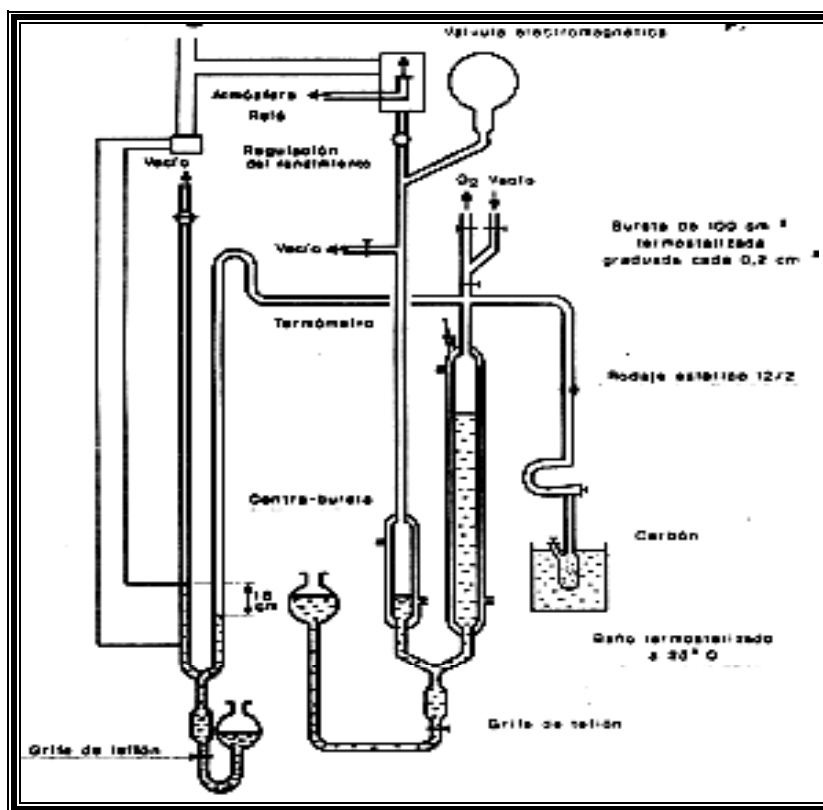


Figura 7.9. Esquema del aparato volumétrico a presión constante.
(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caractérisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").

Las partes esenciales son:

- La ampolla que contiene la muestra (7 a 8 g), colocada en un baño a 25 °C.
- La bureta graduada que permite leer directamente el volumen de gas fijado por la muestra y conectada a una contra-bureta a través del mercurio.
- El manómetro de contacto que controla por mediación de un relé, la abertura de una electroválvula que establece encima de la contra - bureta la presión necesaria para mantener sobre la muestra una presión igual a 15 cm de Hg.

Este dispositivo de regulación presenta poca inercia, y el conjunto del sistema, si bien menos preciso que el aparato clásico a volumen constante, ha proporcionado resultados muy satisfactorios.

La muestra es previamente molida en atmósfera inerte a una granulometría inferior a 0.005 mm y después, desgasificada a 100 °C bajo 10^{-5} mm de mercurio durante unas cincuenta horas.



A título comparativo, la medida de absorción de oxígeno es precedida sistemáticamente de una determinación de la cantidad de nitrógeno fijada bajo la misma presión. Las curvas de la figura 7.10 representan la cantidad de oxígeno fijado en función del tiempo para carbones de distintas cuencas.

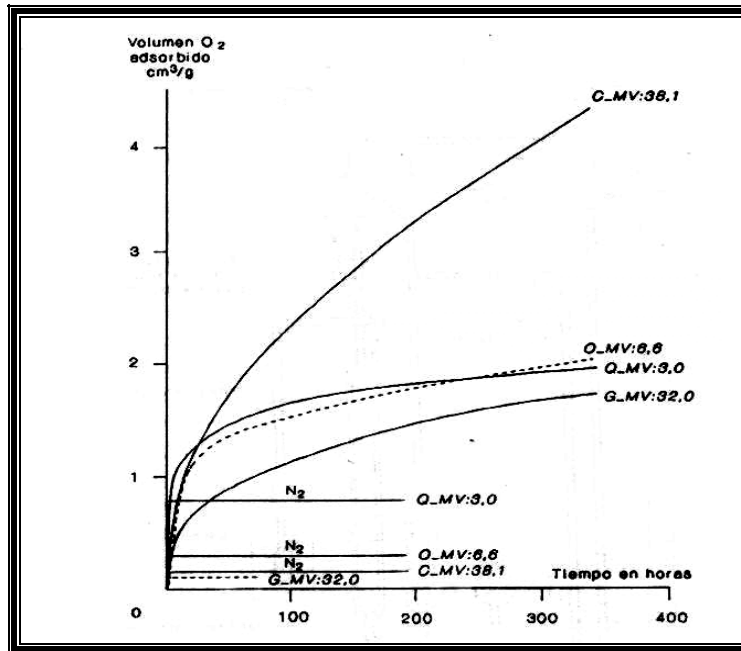


Figura 7.10. Fijación del oxígeno bajo 15 cm de Hg. Aparato a presión constante.
(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caractérisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").

Se puede ver que el equilibrio no se alcanza incluso al cabo de un tiempo muy largo (300 – 400 h). La misma figura indica la cantidad de nitrógeno fijada, el equilibrio es entonces prácticamente instantáneo.

La forma de las curvas obtenidas para la fijación del oxígeno varía en función del rango del carbón. Para el carbón de Lorena (C), las cantidades fijadas en las primeras horas son más débiles que para la antracita (Q), pero a continuación se observa el fenómeno inverso.

En coordenadas logarítmicas se obtiene, en general después de unas 20 horas, una serie de rectas (figura 7.11). La ley de fijación de oxígeno es entonces de la fórmula:

$$Q_2 = Atn,$$

donde (Q_2) es el volumen de oxígeno fijado, (A) una constante a temperatura determinada, (n) un coeficiente cuyo valor varía de 0.47 para el carbón de Lorena a 0.10 para la antracita del Dauphiné.

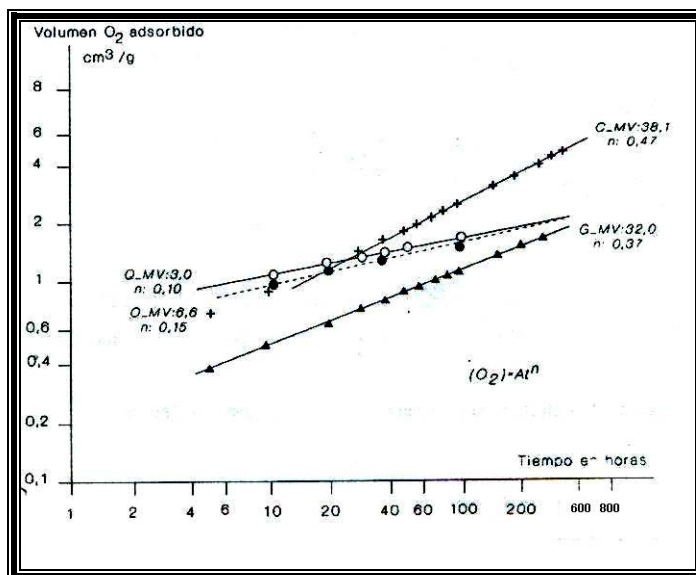


Figura 7.11. Fijación del oxígeno bajo 15 cm de Hg. Coordenadas logarítmicas.
(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caractérisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").

De una forma general esta ley se aplica al caso de la formación de una capa de óxido a través de la cual el oxígeno debe difundir para alcanzar la sustancia que no ha reaccionado.

Se ha estudiado también la influencia de la granulometría sobre determinados carbones (figura 7.12 y 7.13). La ley de fijación del oxígeno guarda la misma forma y el coeficiente n aumenta solamente cuando la dimensión de los granos sobrepasa 2 mm (figura 7.14).

Se observa que el aumento relativo de la cantidad de oxígeno fijado al cabo de un tiempo determinado es mucho más importante cuando la dimensión máxima de los granos pasa de 63μ a 5μ que de 0.5 mm a 63μ . Sin embargo, al aumento relativo de la superficie externa de los granos es casi la misma, en los dos casos la relación es del orden de 100. Se puede explicar este fenómeno gracias a la existencia en los granos que no han sufrido la molienda ultrafina de una red de fisuras rápidamente accesibles al oxígeno.

La dimensión real de los granos de carbón, delimitados por una malla de fisuras, es inferior a la dimensión externa y es porque la superficie, rápidamente accesible al oxígeno, no varía en relación de 1 a 100 para productos de granulometría respectivamente inferiores a 63μ y 5μ . La molienda produce granos cuyas dimensiones son inferiores a la malla de fisuración.

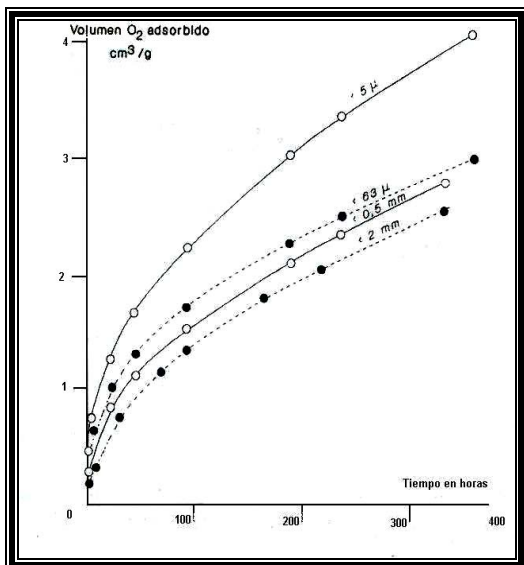


Figura 7.12. Efecto de la granulometría sobre una muestra de Merlebach.

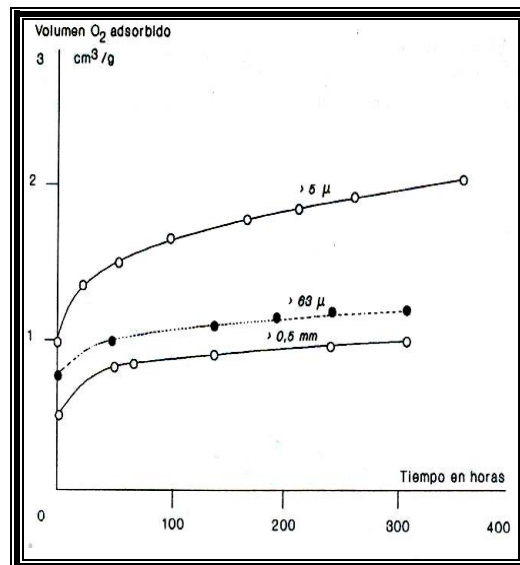


Figura 7.13. Efecto de la granulometría sobre una muestra de Chuzins.

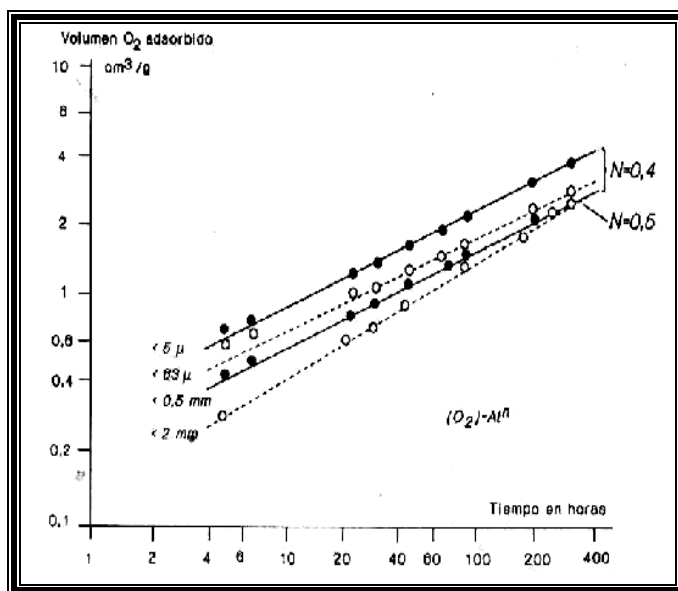


Figura 7.14. Efecto de la granulometría sobre una muestra de Merlebach. Coordenadas logarítmicas.

(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caracterisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").

Por lo que respecta a los productos que han sufrido la molienda ultrafina, la cantidad de oxígeno fijada al cabo de 200 h varía mucho en función del rango de los carbones (figura 7.15) particularmente en el caso de carbones jóvenes en los que se alcanza valores muy elevados. La curva pasa por un mínimo para índices de MV (materia volátil) del orden de 20%.

La cantidad de oxígeno fijada en 10 minutos crece en función del contenido de fuseno, como lo muestra el examen de resultados obtenidos para la capa 8 de Merlebach, (figura 7.16).

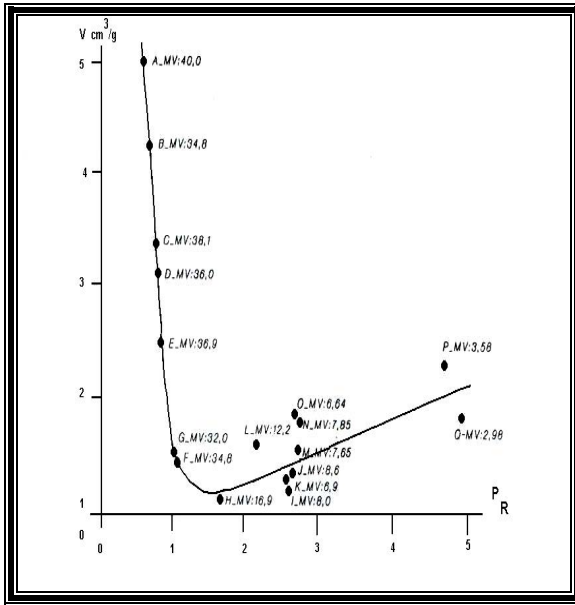


Figura 7.15. Variación de la cantidad de oxígeno fijada al cabo de 200 h en función del poder reflector.

(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caracterisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").

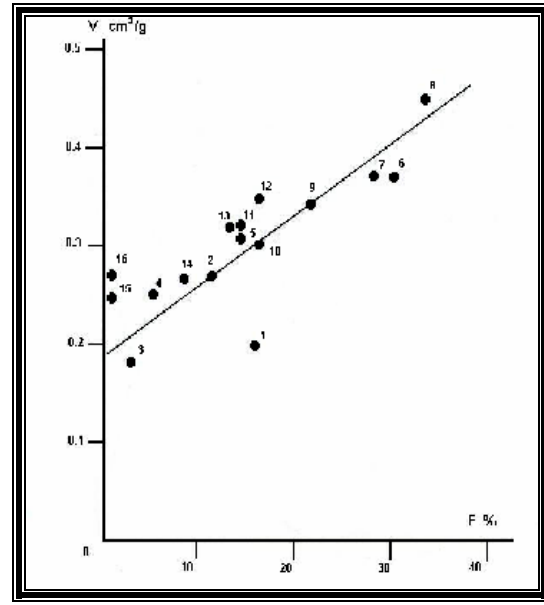


Figura 7.16. Variación de la cantidad de oxígeno fijada al cabo de 10 minutos en función de fusineta.

7.2.4. Técnicas analíticas.

Nuevas técnicas analíticas están siendo desarrolladas para caracterizar el carbón y su conducta. Los parámetros derivados de estas técnicas podrían posiblemente ser usados en la clasificación del carbón.

7.2.4.1. Análisis orgánico elemental (CHONS).

Este análisis permite determinar la composición elemental de la sustancia orgánica del carbón en términos del contenido en porcentaje de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno, por diferencia. El equipo empleado es un analizador elemental FISON S EA1108.

Este método analítico se basa en la oxidación instantánea y cuantitativa de la muestra, la cual convierte a las sustancias orgánicas e inorgánicas en productos de combustión. Los gases que resultan de esta combustión pasan a través de un horno de reducción, en donde son arrastrados hacia una columna cromatográfica mediante un gas arreador (He) donde son separados y detectados por un detector de conductividad térmica (TCD) el cual da una señal proporcional a la concentración de los componentes individuales de la mezcla.



Los resultados obtenidos son:

Tabla 7.1. Análisis orgánico elemental.					
Elemento	%C	%H	%O	%N	%S
**Fte. 5 Ote. (Mina III).	---	---	---	---	0.83
* Datos de la Cuenca Sabinas, Coahuila.	45.07	2.98	6.71	0.58	1.39
***Fte. 5 Ote.(Cara expuesta)	55.01	3.45	40.71	0.53	0.30

* Datos bibliográficos de C.F.E.

** Datos proporcionados por MIMOSA

*** Análisis realizado en el Laboratorio de la USAI ubicado en el Edificio de Posgrado de la Facultad de Química, UNAM.

7.2.4.2. Análisis Próximo y poder calorífico.

Tabla 7.2. Análisis próximo y poder calorífico.					
Propiedad	% Humedad.	% Materia Volátil.	% Carbón fijo.	% Ceniza.	Poder calorífico.
**Fte. 5 Ote. (Mina III).	*NR	24.98	64.66	10.36	6,178.8 cal/gr
**** Datos de la Cuenca Sabinas, Coahuila.	6.98	17.69	34.81	42.54	4,101.6 cal/gr.
***Fte. 5 Ote.(Cara expuesta)	1.54	18.88	43.86	35.72	4,345.09 cal/gr.

*No Registrada.

** Datos proporcionados por MIMOSA.

*** Análisis realizado en el Laboratorio Central de la S.H.C.P. (Información investigada).

**** Datos bibliográficos de C.F.E.

La variación de los valores reportados por MIMOSA, C.F.E. y los realizados en el Laboratorio Central de la S.H.C.P. se debe:

- Los datos bibliográficos de C.F.E. son el promedio de la subcuenca de Sabinas.
- Los de MIMOSA se estimaron a partir de la evaluación del panel que conforma a la F.L. 5 Ote.
- Los realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la S.H.C.P. son a partir de un muestreo realizado en la cara expuesta de la F.L. 5 Ote.

De acuerdo con las características fisicoquímicas que presentan los carbones se determina que tipo de carbón es, de acuerdo a la clasificación de la A.S.T.M. y su posterior utilidad.

7.2.4.3. Análisis termogravimétrico diferencial.

Varios termoanálisis pueden ser usados para caracterizar la conducta del carbón. Por ejemplo, se ha aplicado a la combustión del carbón, pirólisis y licuefacción la calorimetría diferencial de barrido (DSC) en combinación con termogravimetría.



Puede obtenerse en el laboratorio una huella o impresión del proceso de combustión completa del carbón usando el análisis termogravimétrico diferencial (DTG). La técnica elabora una gráfica de la curva de combustión que proporciona una evaluación relativa de las características de la combustión de cada carbón.

El ensayo implica el calentamiento a velocidad constante de una pequeña cantidad de carbón pulverizado (generalmente sobre 15 °C/min) en una atmósfera con corriente de aire. Se dibuja una gráfica (perfil de la curva de combustión) con la proporción de peso perdido con el tiempo en función de la temperatura.

La valoración del perfil de combustión se observa una curva en función de varias temperaturas características (figura 7.17). La curva DTG para el lignito muestra dos picos. El grado de reactividad del carbón se valora en primer lugar en el pico de temperatura (la temperatura del mayor nivel de pérdida de peso); cuanto más alta es esta temperatura tanto menos reactivo es el carbón.

El pico de temperatura podría de este modo ser usado en un sistema de clasificación como medida de la reactividad a la combustión del carbón.

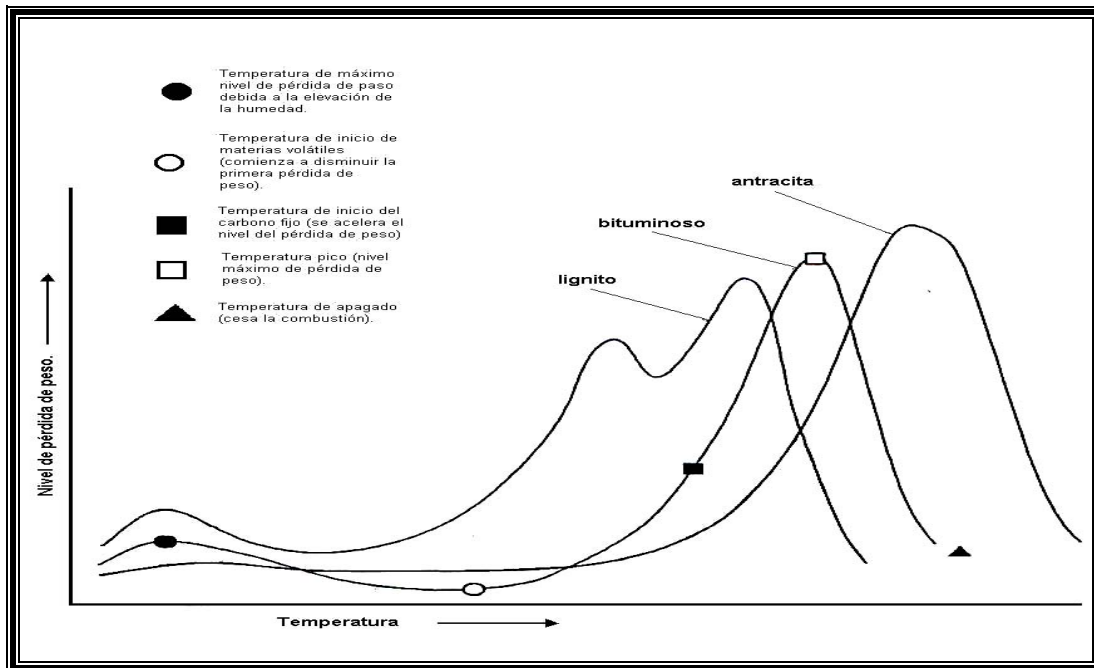


Figura 7.17. Perfiles típicos DTG o combustión.

(Fuente: Pregermain, S. "Essais de caractérisation de la susceptibilité des veines et de détection précoce des autoéchauffements").



Los resultados reales de las muestras de la frente en investigación (FL 5 Ote.) quedan representados en las siguientes gráficas.

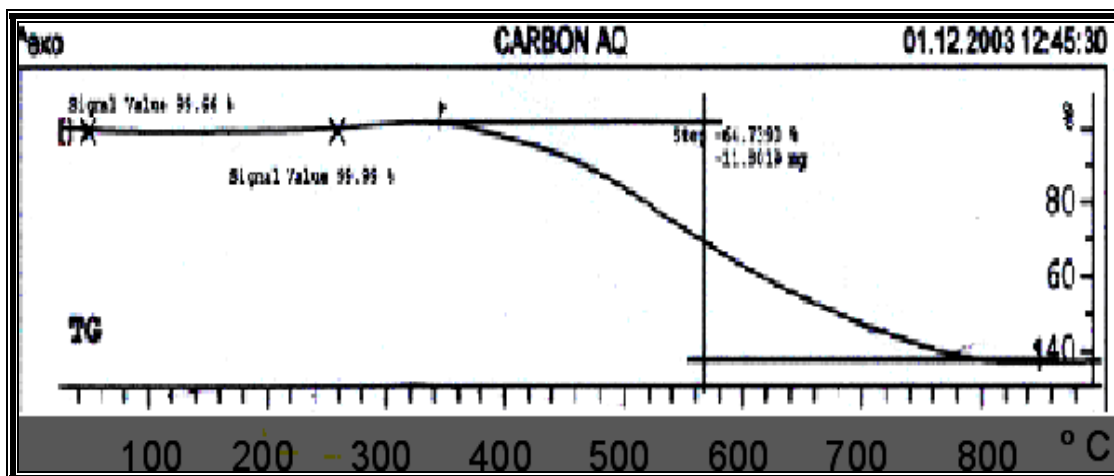


Figura 7.18. Perfil DTG o combustión de la muestra de carbón.
(Fuente: Análisis realizado en la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación (USA) del postgrado de la Facultad de Química).

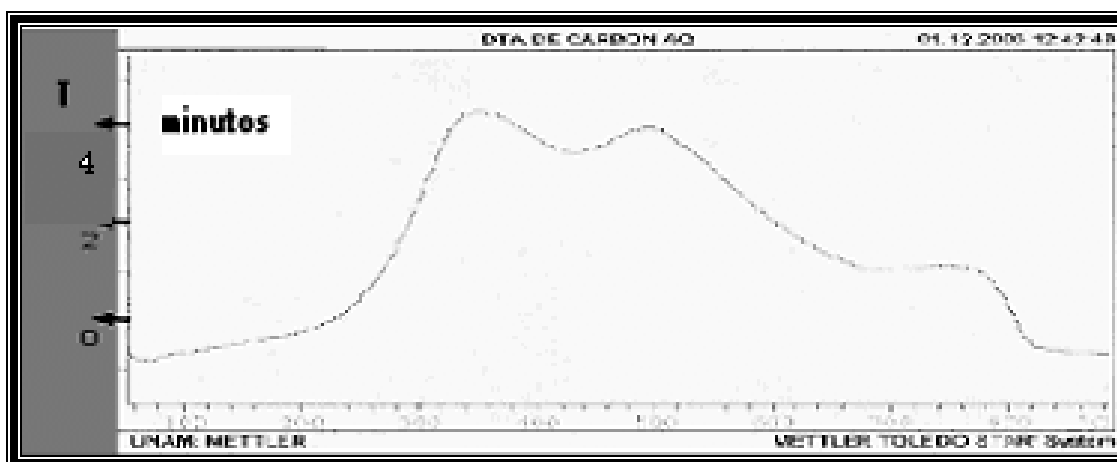


Figura 7.19. Perfil DTG o combustión de la muestra de carbón.
(Fuente: Análisis realizado en la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación (USA) del postgrado de la Facultad de Química).

ver anexo X.

7.2.4.4. Análisis por espectroscopía infrarroja.

Es una técnica analítica instrumental que permite conocer los principales grupos funcionales de la estructura molecular de un compuesto. Esta información se obtiene a partir del espectro de absorción de dicho compuesto al haberlo sometido a la acción de la radiación infrarroja en el espectrofotómetro.

La región del espectro IR normal queda comprendida entre 2.5 m a 15 m, medido en unidades de longitud de onda, que corresponde a 4000 cm^{-1} y 666 cm^{-1} respectivamente si se expresa en número de onda.



Características de un espectro.- El espectro de infrarrojo de un compuesto es una representación gráfica de los valores de onda (m) o de frecuencia (cm^{-1}) ante los valores de % de transmitancia (%T). La absorción de radiación IR por un compuesto a una longitud de onda dada, origina un descenso en el % T, lo que se pone de manifiesto en el espectro en forma de un pico o banda de absorción.

Los resultados que arrojaron los espectros de infrarrojo realizados en el Laboratorio Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público son:

Muestra: Carbón (original).

Grupo funcional	Banda	(cm^{-1})
Amina	N-H	3434.95
Alcano	C-H	2920.28
Alcano	C-H	2847.82
Alqueno	C=C (conjugado)	1611.37
Ácidos carboxílicos	O-H	1436.36
Grupo nitro	- NO ₂	1378.55
Alcohol	C-O	1034.54
Amina	N-H	798.76
Aromáticos	C-H (mono)	692.07
Cloruros de ácidos	C-Cl	531.71

Muestra: Carbón (Ceniza a 600 °C).

Grupo funcional	Banda	(cm^{-1})
Alqueno	C=C (conjugado)	1613.40
Alcohol	C-O	1098.62
Amina	N-H	796.85
Aromático	C-H (mono)	695.68
Cloruro de ácido	C-Cl	565.61

Muestra: Carbón (Ceniza a 900 °C).

Grupo funcional	Banda	(cm^{-1})
Amina	N-H	3456.04
Alcano	C-H	2923.07
Alcano	C-H.	1871.06
Alqueno	C=C (conjugado)	1618.67
Alcohol	C-O	1089.20
Amina	N-H	795.66
Aromático	C-H (mono)	776.46
Aromático	C-H (mono)	691.41
Haluro de alquilo	C-Br	510.35



Muestra: Roca encajonante (original).

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3427.18
Alcano	C-H	2923.07
Alcano	C-H	2857.14
Alqueno	C=C (conjugado)	1629.64
Alcohol	C-O	1034.72
Amina	N-H	799.09
Aromáticos	C-H (mono)	691.41
Cloruros de ácidos	C-Cl	532.09

Muestra: Roca encajonante (Ceniza a 900 °C).

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3458.05
Alcano	C-H	1632.38
Alqueno	C-H (en el plano)	1377.25
Alcohol	C-O	1080.97
Amina	N-H	796.79
Aromático	C-H (mono)	691.41
Haluro de alquilo	C-Br	507.61

Muestra: Roca encajonante (Ceniza a 600 °C).

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3437.98
Alqueno	C=C (conjugado)	1631.46
Alcohol	C-O	1100.07
Amina	N-H	798.18
Aromático	C-H (mono)	692.07
Cloruro de ácido	C-Cl	566.35

Muestra: Todo - uno (original).

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3433.54
Alcano	C-H	2917.58
Alqueno	C=C (conjugado)	1616.17
Ácido carboxílico	O-H	1440.35
Alcohol	C-O	1034.28
Alqueno	C-H (monosustituído)	916.37
Amina	N-H	799.00
Aromáticos	C-H (mono)	691.41
Cloruros de ácidos	C-Cl	531.50



Muestra: Todo – uno (Ceniza a 600 °C)

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3434.86
Alqueno	C=C (conjugado)	1627.85
Alcohol	C-O	1049.87
Amina	N-H	798.69
Aromático	C-H (mono)	699.30
Cloruro de ácido	C-Cl	562.69

Muestra: Todo - uno (Ceniza a 900 °C)

Grupo funcional	Banda	(cm ⁻¹)
Amina	N-H	3456.04
Alcano	C-H	1632.38
Alcohol	C-O	1094.69
Amina	N-H	797.97
Aromático	C-H (meta)	766.46
Aromático	C-H (mono)	688.67
Haluro de alquilo	C-Br	570.78
Haluro de alquilo	C-Br	556.99

Ver gráficas en el anexo X.

7.2.4.5. Análisis por difracción de Rayos X.

La aplicación fundamental de la Difracción de Rayos X es la identificación cualitativa de la composición mineralógica de una muestra cristalina. La difracción está basada en las interferencias ópticas que se producen cuando una radiación monocromática atraviesa una rendija de espesor comparable a la longitud de onda de la radiación.

Los resultados obtenidos son:

Muestra	Patrón de difracción	Mineral Identificado
Carbón (original).	85-0796 26-1076	Cuarzo SiO ₂ Carbón C
Carbón (cenizas a 900 °C).	83-0539	Cuarzo SiO ₂
Carbón (cenizas a 600 °C).	83-0539	Cuarzo SiO ₂
Roca encajonante (original).	85-0798 26-1077	Cuarzo SiO ₂ Carbón C
Roca encajonante (cenizas a 900 °C).	85-0796 71-0032 85-0987	Cuarzo SiO ₂ Tridimita SiO ₂ Hematita Fe ₂ O ₃

(Fuente: Análisis realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público).



Continuación.

Muestra	Patrón de difracción	Mineral Identificado
Roca encajonante (cenizas a 600 °C).	85-0798 86-2456	Cuarzo SiO ₂ Sulfato de cobre Cu ₂ (SO ₄)
Todo uno (original).	S5-0796	Cuarzo SiO ₂ .
Todo uno (cenizas a 600 °C).	83-0539 72-0534	Cuarzo SiO ₂ Rosenita FeSO ₄ (H ₂ O) ₄
Todo uno (cenizas a 900 °C).	79-1906	Cuarzo SiO ₂ .

(Fuente: Análisis realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público).

Ver gráficas en el anexo X.

7.2.4.6. Análisis por fluorescencia de Rayos X.

Es la técnica empleada, normalmente, cuando se quiere conocer con rapidez la composición elemental exacta de una sustancia. Mediante esta técnica es posible determinar todos los elementos del sistema periódico, desde el flúor hasta el uranio, en muestras sólidas, en polvos y en líquidos. Asimismo mediante la utilización de los patrones adecuados es posible realizar el análisis cuantitativo de los elementos presentes.

Los resultados de espectroscopía de fluorescencia de rayos X [en kilocuentas kcps)] obtenidos en el análisis efectuado, se agrupan en la siguiente tabla:

		Fe	Ti	Ca	K	S	Si	Al	Mn	Cu	Cr	Zn
Muestra original	A	27,2	2,85	3,98	2,26	4,03	13	4,8	----	----	----	----
	B	39,2	2,96	4,06	5,68	1,83	20,09	7,72	----	17	3,1	1,17
	C	34,6	3,04	8,05	3,86	3,34	14,8	5,73	----	0,99	0,48	----
Cenizas a 600°C.	A	41	3,55	4,77	3,11	1,49	23,8	8,63	0,81	0,78	----	0,99
	B	43,6	3,19	4,08	5,95	1,79	24,3	9,09	----	17	3,14	1,1
	C	44,2	3,52	8,83	5,43	1,57	22,8	10,2	----	1,02	----	----
Cenizas a 900°C	A	45,1	3,92	4,38	3,21	----	24,8	9,75	0,96	0,72	0,44	0,96
	B	40,2	3,04	4,22	5,96	0,41	22,7	8,69	----	13,2	3,05	1,12
	C	48,6	3,43	8,91	5,65	1,24	22,7	11,3	0,61	1,1	0,51	1,07

donde:

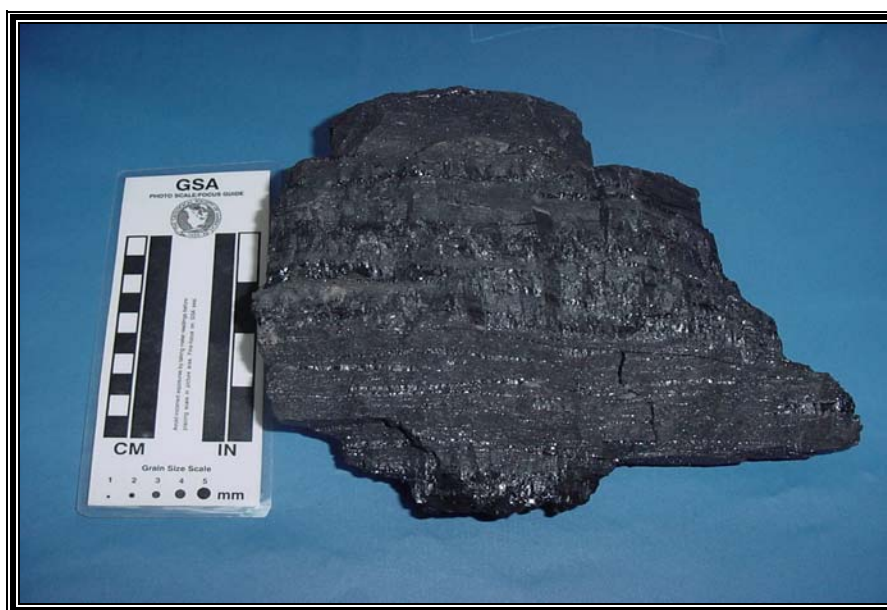
- A = Carbón.
- B = Roca encajonante.
- C = Todo - uno.

(Fuente: Análisis realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público).



7.2.4.7. Análisis minerográfico y petrográfico.

- *Tipo de carbón:* hulla o bituminoso con contenido medio a bajo de materia volátil.
- *Fórmula química empírica:* $C_{489} H_{368} O_{271} N_4 S$.
- *Color:* negro a negro parduzco.
- *Dureza:* 1 en la escala de Mohs.
- *Raya:* negra a parda sobre porcelana no vidriada.
- *Lustre:* presenta capas con lustre vítreo, con lustre sedoso y otras no lo presentan.
- *Densidad:* 1.63 g/cm^3 (dato proporcionado por MIMOSA).
- *Fractura:* cúbica.
- *Friabilidad:* la hulla bituminosa, con contenido medio a bajo de materia volátil, se agrieta y desintegra al ser secada y humedecida alternativamente, por lo tanto, se le considera uno como uno de los carbones más blandos y friables.



Fotografía 7.1. Hulla – analizada (Muestra de mano).
(Fuente: Fotografía tomada por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

a) Sustancias de origen.

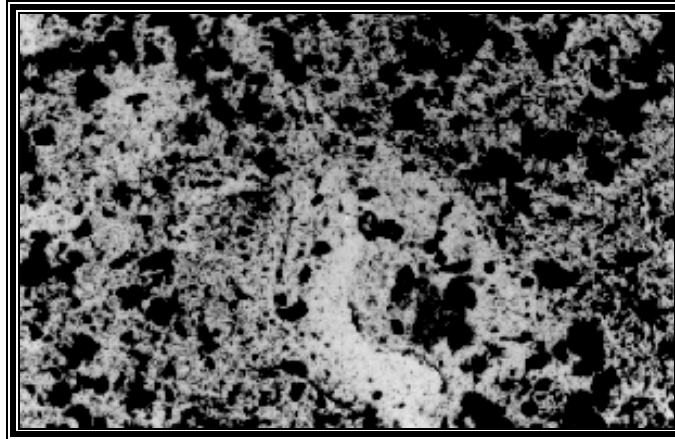
Los componentes de un depósito de carbón continental o húmico provienen sobre todo de restos de plantas superiores, constituidas principalmente de lignina y celulosa, reconocidos por su alternancia de capas brillantes (restos de tallos y de raíces hullificadas) y de capas opacas (acumulación de esporas mezcladas a microfragmentos leñosos y sustancias minerales).



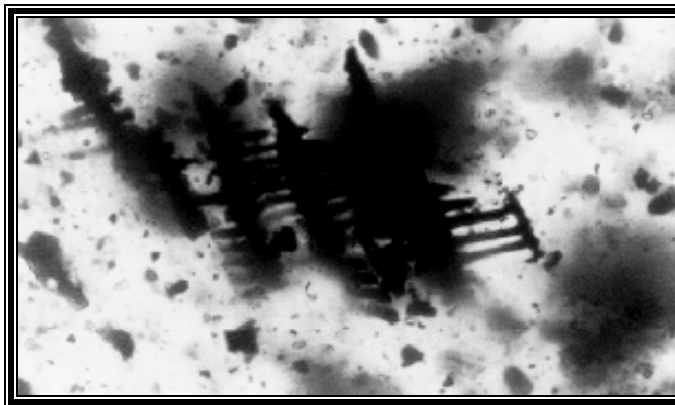
Tabla 7.3. Clasificación de los macerales y sus características.

GRUPO DE MACERALES	MACERAL	MORFOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS
PRIMARIOS			
Vitrinita	Telinita	Estructura celular visible	Pared celular
		Estructura celular débilmente visible	Tejido
	Colinita	Apariencia amorfa	Amorfo (gel)
		Matriz de grano fino	Detritos
Carpocolinita	Cuerpos amorfos redondeados u ovalados	Relleno celular	
Liptinita	Vitrodetrinita	Granos angulosos finos y pequeños	Detritos
	Esporinita	Estructuras bien conservadas	Esporas, polen
	Cutinita	Estructuras bien conservadas	Cutículas
	Suberinita	Estructuras celulares bien conservadas	Paredes celulares fosilizadas.
	Fluorinita	Sustancia aceitosa redondeada u ovalada	Plantas esencialmente aceitosas
	Resinita	Estructura celular con o sin cuerpos redondeados u ovalados	Resinas, ceras y látex
	Alginita	Grandes colonias o algas unicelulares	Algas
	Clorofilinita	Algas con cuerpos laminares	Algas
		Cuerpos redondeados u ovalados con células	Clorofila
	Bituminita	Lentes amorfos o bandas	Amorfos (algas, bacterias, etc.)
Liptodetrinita	Matriz de grano fino	Detritos	
Inertita	Fusinita	Células bien conservadas y rotas	Pared celular (oxidada)
	Semifusinita	Estructuras celulares incipientes	Pared celular (parcial, oxidada)
	Escerotinita	Estructuras bien conservadas	Pared celular fangal.
	Macrinita	Apariencia amorfa	Gel amorfo (metabólico, oxidado)
	Micrinita	Granos amorfos	Gel oxidados y amorfos
	Restos animales	Restos o fragmentos animales	Peces u otros fragmentos animales
SECUNDARIOS			
Liptinita	Exsudatinita	Los amorfos de Macerales hacen trampas el fracturas	Exudantes
Inertinita	Micrinita	Amorfas y granulares	Restos generadores de aceitas.
	Rangos-inertinita	Esporas inertizadas, cutículas, etc.	Liptinitos de alto rango.

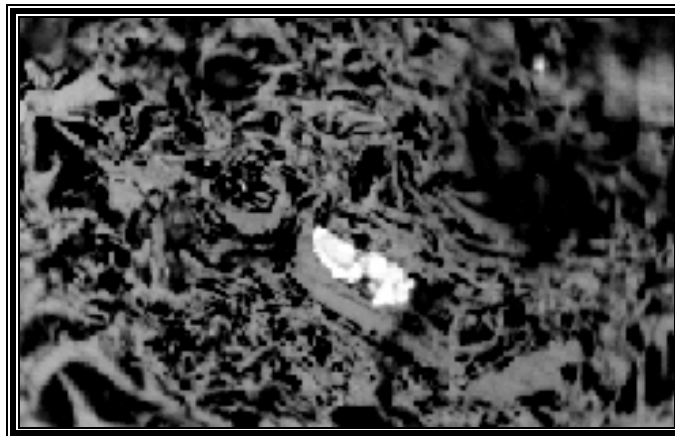
(Fuente: Law, B.E. Rice, D.D. "Hydrocarbons from coal" A.A.P.G. Studies in Geology #38 USA 1993).



Fotografía 7.2. Muestra carbón en lámina delgada. Carbón. L.P., Objetivo 10X.



Fotografía 7.3. Muestra carbón montada en superficie pulida. Fósil vegetal, carbón. L.P., Objetivo 125 X.



Fotografía 7.4. Muestra carbón. Carbón, óxidos en una esférula. L.P., Objetivo 125X.

(Fuente: Fotografías tomadas en el Laboratorio de Yacimientos Minerales de la Facultad de Ingeniería por Juan José Ramírez).

Ver fotografías en el anexo X.



CAPÍTULO 8

Clasificación de labores respecto al riesgo de fuegos.

Introducción.

8.1. Cuadro auxiliar para valoración del riesgo de incendio.

8.1.1. Instrucciones para el uso del cuadro auxiliar.

8.1.2. Valoración cuantitativa del riesgo de fuegos.

8.2. Otros sistemas de clasificación de las labores en carbón respecto al riesgo de combustiones espontáneas.

8.2.1. Índices de riesgo.

8.2.2. El sistema de SES para la valoración del riesgo de la combustión espontánea.



Introducción.

La clasificación de las labores mineras con respecto a un posible riesgo de fuego y el poder realizar una valoración cuantitativa sobre este, en una labor determinada, hacen necesario exponer una serie de métodos que tienen como punto de partida los parámetros que tienen más influencia en la formación de combustiones espontáneas.

Es precisamente en este capítulo, donde toda la información recabada, investigada y plasmada en este trabajo de investigación se utiliza de manera práctica a fin de llegar a uno de los objetivos principales: la valoración del riesgo.

8.1. Cuadro auxiliar para valoración del riesgo de incendio.

La autoinflamación del carbón depende de las condiciones geológicas del yacimiento y del método de explotación, ya sea de manera aislada o conjuntamente. Por lo que para valorar un posible riesgo de incendio puede utilizarse, provisionalmente, el cuadro adjunto en la página 165 ajustándolo en caso de ser necesario.

8.1.1. Instrucciones para el uso del cuadro auxiliar.

El examen sobre el riesgo de incendio dentro de una frente de trabajo comienza al elegir la forma de conducir su explotación, y para decidir adecuadamente es necesario considerar el comportamiento de las distintas alternativas de explotación del carbón, desde su probabilidad de producir un incendio. En el cuadro se recopilaron los diez criterios que ejercen menor o mayor influencia sobre una inflamación espontánea del carbón. Se han dispuesto en vertical, de arriba a bajo, según su “peso” relativo, pero sin pretender que ese orden sea de validez absoluta. Dichos “pesos” se evalúan en cada mina, de acuerdo con la propia experiencia y con la opinión de los especialistas, entre 1 y 10.

Puede dividirse en:

- Condiciones geológicas, tectónicas y petrográficas sobre las que no es posible influir.
- Medidas de protección y técnicas de ventilación en las que sí es posible actuar.

La influencia de las primeras, según su calidad y su magnitud sobre las inflamaciones espontáneas es valorable. En la fila horizontal, los números, del 1 al 10, evalúan las diferentes magnitudes de cada uno de los criterios.

Al valorar la influencia de la *clase de carbón* se debe tomar en cuenta:

- El grado de carbonización.
- La constitución petrográfica.
- El contenido de materias volátiles.

Los trastornos y la tectónica fina se evaluarán considerando:

- El tamaño de la falla o trastorno.
- Presencia de restos de carbón en la hundida.
- Situación o distancia con respecto a las galerías de la explotación o guías y con respecto al montaje inicial.
- Alto contenido en piritas en las proximidades.



- Los carbones y capas de techo se evaluarán considerando:
- Distancia a las capas explotadas.
 - Potencia.
 - Asegurar los frentes inicial y final de la zona en explotación.

Las corrientes piratas de ventilación son una circunstancia importante para la formación de una autoinflamación porque, al penetrar por ellas el O_2 y conducir calor aportado por el terreno, constituyen un peligro latente de inflamación espontánea.

8.1.2. Valoración cuantitativa del riesgo de fuego.

La valoración cuantitativa del riesgo de fuego en una explotación determinada se obtiene una vez elaborado el cuadro de Valoración del Riesgo de Incendio. Donde:

1. Valoración de criterios, W
2. Multiplicar ese valor por el peso, B .
3. Colocar los procesos ($W \times B$) en la alternativa elegida para la explotación.
4. Sumar los productos ($W \times B$).

Se clasifica la alternativa de acuerdo con el valor de $\sum(W \times B)$ de la siguiente forma:

- Suma entre 0 y 50 = Riesgo pequeño.
- Suma entre 50 y 100 = Riesgo inicial.
- Suma entre 100 y 200 = Riesgo mediano.
- Suma entre 200 y 300 = Riesgo alto.

La valoración final del riesgo de fuegos y la subdivisión en cuatro grupos está basada en las investigaciones y experiencias de los expertos (Cuadros 8.1 y 8.1a).



CUADRO 8.1. CUADRO PARA VALORAR EL RIESGO DE INCENDIOS

MÉTODO DE CÁLCULO		EXPLLOTACIÓN EN									
		RETIRADA					AVANCE				
1. VALORAR LOS CRITERIOS. 2. MULTIPLICAR ESE VALOR POR EL PESO. 3. COLOCAR LOS PRODUCTOS W x B EN LA ALTERNATIVA ELEGIDA PARA LA FRENTE DE TRABAJO. 4. SUMAR LOS PRODUCTOS W x B. 5. CALIFICAR LA ALTERNATIVA DE ACUERDO CON LA SUMA DE PRODUCTOS W x B.		VALORES (B)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CLASE DE CARBÓN	1	Atracacias hulla magra		Hulla de gas. Hulla de llama de gas.		Hulla gasea		Lignito			
PENDIENTE	2	0 - 40°		40 - 60°		60 - 100°					
POTENCIA DE CAPA	3	< 1.40 m		1.40 - 2.00 m		2.00 - 3.00 m		> 3.00 m			
CONTENIDO EN PIRITAS	4	No hay		Esporádico		Regular		Fuerte			
TRASTORNOS TECTÓNICA FINA	5	Ninguno		Limitados		Medianos		Fuertes			
CARBONES Y CAPAS EN EL TECHO	6	No hay		Pocos		Medianos		Importantes			
ISLOTES DE CARBÓN. PILARES RESIDUAL	7	No hay		Tratados con diques o impermeabilizados		Fisurados, descubierto, no tratados					
IMPERMEABILIZACIONES	8	No necesarias		Material fraguable		Materiales especiales, riego con polvo y otros		Necesarios pero no realizados			
FRENTE INICIAL Y FINAL	9	No necesario		Material fraguable		Materiales especiales, riego con polvo y otros		Necesarios pero no realizados			
VENTILACIONES PIRATAS	10	No hay		Insignificantes		Notorias					
PUNTO DE TRABAJO	MEDIDAS PREVENTIVAS:										
CAPA:	PROTECCIÓN DEL FRENTE INICIAL:										
GRUPO:	IMPERMEABILIZACIONES:										
SECTOR:	TRATAMIENTO DE PILARES RESIDUALES:										
TALLER:	CIERRE DE VENTILACIONES PIRATAS:										
ALTERNATIVA DE EXPLLOTACIÓN Y VENTILACIÓN:											
CALIFICACIÓN:											
Suma entre 0 y 50 = Riesgo pequeño.											
Suma entre 50 y 100 = Riesgo inicial.											
Suma entre 100 y 200 = Riesgo mediano.											
Suma entre 200 y 300 = Riesgo alto.											
OBSERVACIONES:											

(Fuente: León Marco, P. Tesis Doctoral. ETS Ingenieros de Minas de Madrid. Diciembre 1989).



CUADRO PARA VALORAR EL RIESGO DE INCENDIO														
MÉTODO DE CÁLCULO										EXPLLOTACIÓN EN				
1. VALORAR LOS CRITERIOS. 2. MULTIPLICAR ESE VALOR POR EL PESO. 3. COLOCAR LOS PRODUCTOS W x B EN LA ALTERNATIVA ELEGIDA PARA EL 4. SUMAR LOS PRODUCTOS W x B. 5. CALIFICAR LA ALTERNATIVA DE ACUERDO CON LA SUMA DE PRODUCTOS W x B.										RETIRADA				
CRITERIOS	PESO (W)	VALORES (B)										B	W x B	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
CLASE DE CARBÓN.	1		Antracitas hulla magra	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	Hulla de gas. Hulla de llama de gas.	5	5
PENDIENTE.	2		0 - 40°	40 - 60°	60 - 100°								1	2
POTENCIA DE CAPA.	3		< 1.40 m	1.40 - 2.00 m	2.00 - 3.00 m	> 3.00 m							5	15
CONTENIDO EN PIRITAS.	4	No hay	Esporádico	Regular	Fuerte								1	4
TRASTORNOS TECTÓNICA FINA	5	Ninguno	Limitados	Medianos	Fuertes								1	5
CARBONES Y CAPAS EN EL TECHO.	6	No hay	Pocos	Medianos	Importantes								2	12
ISLOTES DE CARBÓN. PILARES RESIDUAL.	7	No hay	Tratados con diques o impermeabilizados			Fisurados, descubiertos, no tratados					2	14		
IMPERMEABILIZACIONES.	8	No necesarias	Material Fraguable	Materiales especiales, riego con polvo y otros			Necesarios pero no realizados					4	32	
FRENTES INICIAL Y FINAL.	9	No necesario	Material Fraguable	Materiales especiales, riego con polvo y otros			Necesarios pero no realizados					7	63	
VENTILACIONES PIRATAS.	10	No hay	Insignificantes				Notorias				3	30		
PUNTO DE TRABAJO		MEDIDAS PREVENTIVAS:										Σ W x B	182	
FRENTE LARGA 5 OTE.		PROTECCIÓN DEL FRENTE INICIAL: NO OBSERVADAS IMPERMEABILIZACIONES: CON POLVO INERTE (DOLOMITA) TRATAMIENTO DE PILARES RESIDUALES: A TRAVÉS DE IMPERMEABILIZACIÓN CON POLVO INERTE CIERRE DE VENTILACIONES PIRATAS:												
ALTERNATIVA DE EXPLLOTACIÓN Y VENTILACIÓN:		OBSERVACIONES:												
CALIFICACIÓN: Suma entre 0 y 50 = Riesgo pequeño. Suma entre 50 y 100 = Riesgo inicial. Suma entre 100 y 200 = Riesgo mediano. Suma entre 200 y 300 = Riesgo alto.		LA SUMA DA COMO RESULTADO 182 PUNTOS, LO QUE PERMITE CLASIFICAR AL RIESGO COMO MEDIANO.												

(Fuente: Evaluación de la F.L. 5 Ote. De la Mina III-MIMOSA, por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

8.2. Otros sistemas de clasificación de las labores en carbón respecto al riesgo de las combustiones espontáneas.

8.2.1. Índices de riesgo.

En diversos países se ha intentado conjugar una clasificación del riesgo de incendios espontáneos según los parámetros mineros con la tendencia al autocalentamiento del propio carbón implicado.

Así por ejemplo, en Canadá establecen un índice que engloba la influencia de tres factores básicos:

1. Carbón perdido.
2. Grado de fisuración.
3. Presión diferente de la ventilación.

El método polaco amplía el número de factores a siete:

1. Carbón dejado en la mina.
2. Sistema de laboreo.
3. Método de ventilación.
4. Accesibilidad del aire.
5. Grado de humedad del aire.



6. Profundidad de la mina.
7. Intensidad de la ventilación.

Cabe destacar también el método establecido por Banerjee en la India. En él se establece una clasificación del riesgo de fuego espontáneo en función de 21 parámetros mineros, cada uno de los cuales influyen sobre el total aportando un riesgo alto (A) o bajo (B). Los elementos considerados y su influencia son los que quedan descritos en la siguiente tabla y en la aplicación del Índice de riesgo al caso en investigación, se obtienen los siguientes valores:

MÉTODO BANERJEE		
PARAMETRO MINERO	CARACTERISTICAS	RIESGO
1.-Categorías del carbón.	a)Muy susceptibles al calentamiento espontáneo.	A
	b) Poco susceptibles al calentamiento espontáneo.	B
2.- Friabilidad	a) Alta.	A
	b) Baja.	B
3.- Método de laboreo	a)Cámaras y Pilares.	A
	b)Frente larga.	B
4.- Relleno	a) Extracción con Huecos.	A
	b) Relleno completo.	B
5.- Potencia de capa	a) Más de 4 m	A
	b) Menos de 4 m.	B
6.- Forma de extracción	a) Más de una capa o rebanada.	A
	b) Una capa o rebanada.	B
7.- Anomalías geológicas.	a) Presentes	A
	b) Ausentes.	B
8.-Desprendimientos de rocas.	a) Presentes	A
	b) Ausentes.	B
9.- Intrusiones	a) Presentes	A
	b) Ausentes	B
10.- Recubrimiento	a) Mayor a 300 m	A
	b) Menor de 300 m	B
11.- Macizo, Hastiales	a) Arcilla / estructura fracturada.	A
	b) Rocoso / consolidado.	B
12.- Galerías de transporte, macizo de protección.	a)Fracturación	A
	b) Bien consolidado.	B
13.- Acumulación de finos	a) Presentes	A
	b) Ausentes	B
14.-Ventilación.	a) Avance	A
	b) Retroceso.	B
15.- Caudal de la ventilación.	a) Alta presión diferencial.	A
	b)Baja presión diferencial	B
16.- Humedad	a) Minas Húmedas	A
	b) Minas secas.	B.
17.- Focos / manant. Calient.	a) Presentes	A
	b) Ausentes	B
18.- Veloc. emisión gases.	a) Baja	A
	b) Alta	B
19.- Tamaño cuarteles.	a) Grandes	A
	b) Pequeños	B
20.- Veloc. Avance frente	a) Lenta.	A
	b) Rápida	B
21.- Paradas por entibac.	a) Presentes	A
	b) Ausentes	B

(Fuente: Banerjee, S.C. "Spontaneous combustion of coal and mine fires". A..A. Balkema, 1985).

dando como resultado un riesgo clasificado como "medio" al tener un total de nueve "A" y doce "B".



8.2.2. El sistema de SES para la valoración del riesgo de la combustión espontánea

El sistema de SES (Sistema Especializado Sponcom) es especialmente útil para el desarrollo de nuevos depósitos, sectores y yacimientos en el caso de que la información estadística sea insuficiente para la valoración del riesgo de autocalentamiento bajo condiciones similares. Para la estimación del riesgo de la combustión espontánea, se utilizan los siguientes factores naturales y tecnológicos:

1. Autocalentamiento de las capas de carbón.

Autocalentamiento de carbón. S ₁ .	Factor S que depende del metamorfismo del carbón, determinado por el intervalo de temperatura.				Valor de estimación S ₁ .
	Antracitas (150-200)°C.	Hullas negras (150-200)°C	Hullas pardas (125-175)°C	Lignitos (100-150)°C	
Baja	< 8	< 9	< 10	< 4	1 - 2
Intermedia	8 - 12	9 - 15	10 - 16	4 - 8	2 - 6
Alta	> 12	> 15	> 16	> 8	6 - 10

2. Espesor de la capa de carbón.

m	< 1.20	1.20 - 2.40	2.40 - 3.20	> 3.20
S ₂	1	2 - 3	3 - 5	6 - 10

3. Pendiente de la capa de carbón.

Grados	0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 90
S ₃	1	2	3	4 - 5

4. Descarga del gas metano (CH₄).

q, m ³ /Mg	0	< 5	5 - 10	10 - 15	> 15
S ₄	0	1	2 - 3	3 - 5	6 - 8

5. Fallas tectónicas.

Fallas	No disponible	Frecuencia baja	Frecuencia alta
Frecuencia	0	Menos de 2/500m	Más de 2/500m
S ₅	0	1 - 3	4 - 6



6. Flujo de ventilación en el área excavada.

Tipo de instalación.	Sistema de ventilación.	S ₆ para la velocidad de aire, m/s		
		= 0.5	> 0.5 = 1	> 1
Sencilla	UR, WR,	1	1.5	2
Doble	YR, ZR, ZA,	3	3.5	4
Triple	HA, HR, YA, UA,	6	6.5	8
Cuádruple	WA	8.5	9	10

NOTA: Ver figura 9.1. Esquemas de ventilación, página 175.

7. Pilares residuales en la capa de carbón.

Pérdida de carbón	No	Limitado	Alto
S ₇	0	1 - 4	5 - 10

8. Temperatura natural de carbón en el macizo.

t ⁿ _{carbón} °C	15-20	20-25	25-30	30-35	> 35
S ₈	1	2 - 3	3 - 5	5 - 8	8 - 10

9. Temperatura y humedad relativa del flujo de ventilación en zonas con riesgo de autoinflamación.

t _{aire} °C	S ₉ para la humedad relativa de aire, %		
	< 65	65 - 80	> 80
15 - 19	-3	-2	-1
20 - 25	0	1	2
26 - 30	2-3	3-4	3-5
> 30	5-6	6-7	6-10

Fuente: Michaylov, Michael. "Expert system for assessment of risk from spontaneous combustion", Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" vol. 44-45, part II, Mining and Mineral Processing, Sofia, Bulgaria 2002.

Estas condiciones deben ser tomadas en cuenta para la estimación de los factores significativos. El autocalentamiento en las capas de carbón fué estimado mediante el aparato de Maevskaia (Maevskaia et al., 1972). Algunos datos inéditos se presentaron en las investigaciones de los gases en las capas de carbón de S₁.

En el tipo de esquemas de ventilación, fue clasificado en dos variantes S₅:

- Excavación en retroceso - "R".
- Excavación en avance - "A".



8.2.2.1. Formalizando la estimación y categorización del riesgo de la combustión en el sistema SES.

Estas características se usan por calcular el riesgo de la combustión espontánea de acuerdo a la siguiente expresión:

$$D = \sum_{i=1}^9 S_i$$

Dependiendo de los valores obtenidos de D_S , se clasifica el riesgo en:

Bajo	$D_S < 22$
Medio	$23 < D_S < 39$
Alto	$40 < D_S < 60$
Muy Alto	$D_S > 60$

Cuando una combustión espontánea es registrada en la misma capa en la vecindad en que se planeo una frente de trabajo, el riesgo en el área de trabajo debe considerarse como el inmediato superior al que se cálculo. En aplicación del Método SES al caso en investigación, se obtienen los siguientes valores de S_i :

MÉTODO S.E.S.	
Factor	Valor estimado S_i
1. Autocalentamiento de las capas de carbón.	6
2. Espesor de la capa de carbón.	3
3. Pendiente de la capa de carbón.	1
4. Descarga del gas metano (CH_4).	3
5. Fallas tectónicas.	3
6. Flujo de ventilación en el área excavada.	2
7. Pilares residuales en la capa de carbón	4
8. Temperatura natural de carbón en el macizo.	5
9. Temperatura y humedad relativa del flujo de ventilación en zonas con riesgo de autoinflamación.	0
Total	27

(Fuente: Evaluación de la F.L. 5 Ote. De la mina III-MIMOSA por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

dando como resultado un riesgo clasificado como “medio o arriesgado”.

Numerosa bibliografía aconseja considerar este método como el aceptable frente a los otros dos métodos también analizados en este capítulo: cuadro de riesgo e índice de riesgo. No obstante, lo anterior, los tres métodos coinciden en determinar el riesgo de incendio en la capa de carbón investigada como **“medio”**.



PARTE III

PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO

Capítulo 9

Prevención de riesgos.

Capítulo 10

Detección de fuegos.

Capítulo 11

Lucha contra fuegos e incendios.



CAPÍTULO 9

Prevención de Riesgos.

Introducción.

- 9.1. Medidas a adoptar en la planificación para los fuegos.
 - 9.1.1. Generalidades.
 - 9.1.2. Relativas al tipo de capa.
 - 9.1.3. Relativas a las condiciones geológicas.
 - 9.1.4. Sobre la clase o tipo de explotación.
 - 9.1.5. A tener en cuenta al proyectar la ventilación.
 - 9.1.6. A tener en cuenta en la planificación.
- 9.2. Medidas a aplicar para evitar los fuegos durante el servicio o vida útil de la mina.
 - 9.2.1. Generalidades.
 - 9.2.2. Impermeabilización.
 - 9.2.3. Atención a la ventilación durante la marcha de la explotación.
 - 9.2.4. Atención a trastornos geológicos.
 - 9.2.5. Tratamiento de pilares abandonados.
 - 9.2.6. Cierres de labores abandonadas.
 - 9.2.7. Vigilancia mediante datos técnicos.
 - 9.2.8. Información e instrucción.



Introducción.

Las investigaciones realizadas en otros países, junto con las realizadas en el campo y en el laboratorio (Capítulo 7), permitieron cuantificar el riesgo de autoinflamación del carbón en la Fte. 5 Ote. de la Mina III - MIMOSA. Los conocimientos obtenidos y las medidas propuestas quedan reflejados en una serie de recomendaciones para prevenir las autoinflamaciones, que contribuyen a reducir los peligros debidos a la combustión espontánea del carbón.

Las diversas medidas se aplicarán de acuerdo con las necesidades y en su conjunto constituyen una colección de soluciones alternativas, de las que se podrán elegir las más adecuadas. Las recomendaciones podrán ajustarse a los desarrollos o avances técnicos mediante correcciones suplementarias.

9.1. Medidas a adoptar en la planificación para los fuegos.

9.1.1. Generalidades.

En la planificación, mediante la correcta determinación y valoración de las circunstancias geológicas y geométricas de la mineralización, se pueden tomar medidas que limiten el riesgo de autoinflamación del carbón.

9.1.2. Relativas al tipo de capa.

En la explotación de una determinada capa debe considerarse:

- La experiencia.
- La coincidencia de varias propiedades y posibles causas que llevan a hacer esperable la combustión espontánea.

Deben de adoptarse estas medidas iniciales:

- Exposiciones y valoración de experiencias:
 - Anotar en los planos o croquis tanto los fuegos habidos en la capa a explotar como en las vecinas.
 - Conocer las experiencias de minas anteriores que hayan explotado la misma capa.
 - Valorar y anotar los contenidos en CO, CO₂, CH₄ de las explotaciones precedentes en la misma capa.
- Exposición y valoración de las circunstancias que pueden favorecer la producción de fuegos:
 - Clase o tipo de carbón (vítreo, fibroso, graso, semigrasa).
 - Tamaño de grano.
 - Contenido en materias volátiles.
 - Humedad.
 - Contenidos en azufre, parte del mismo en piritas.
 - Propensión a la oxidación.

Cuando las capas sean propensas a autoinflamarse, al planificar la explotación minera han de tenerse en cuenta estos puntos:

- Elegir máquinas adecuadas para el arranque total del carbón, y adoptar las precauciones necesarias.
- Elegir fortificaciones que también permitan un arranque total.



- Sistemas de relleno adecuado. El relleno total impide la formación de corrientes parásitas, la utilización de colchones neumáticos puede evitar que la capa de carbón situada en el techo se derrumbe.
- Método de impermeabilización que elimine las ventilaciones piratas.
- Tabicado del minado (aislamiento) una vez finalizado todo el arranque.

9.1.3. Relativas a las condiciones geológicas.

Las zonas trastornadas o falladas al ser más propensas al riesgo de autoinflamación, requieren de medidas técnicas especiales, mismas que han de planificarse y prepararse con tiempo suficiente (impermeabilizar mediante el polveo, enlodado, etc.).

9.1.4. Sobre la clase o tipo de explotación.

- Por diversos motivos, la explotación en retirada es menos peligrosas que en avance.
- Los frentes de arranque no deben iniciarse en zonas de autoinflamación (el paramento libre del crucero de monta o descabece quedaría en lugar peligroso).
- Las distancias de toda explotación a las galerías de las demás zonas en desarrollo o explotación, deben mantenerse amplias (unas 10 veces la potencia de la capa, con un mínimo de 25 m), o bien la menor posible.
- Si por la razón que fuera han de quedar pilares residuales, habrán de adoptarse en ellos ciertas medidas, entre las que se citan:
 1. *Inyectarlos* con una solución de sales higroscópicas, para formar en su interior una redícula semimineralizada.
 2. *Tratar sus superficies* con sales higroscópicas.
 3. *Impermeabilizarlos* encofrándolos y rellenando con sustancia impermeable.
- Las explotaciones en avance con larga corrida de capa, por la gran depresión entre base y cabeza del minado o zona explotada requieren actuaciones eficaces para:
 - Hacer estanco al ataque o crucero de monta inicial.
 - Impermeabilizar las galerías de explotación.
 - Conservar las secciones de las guías para conservar el libre paso de la ventilación.

9.1.5. A tener en cuenta al proyectar la ventilación.

El peligro por autoinflamación puede disminuirse de manera significativa, cuando al proyectar la ventilación se cumplen estos requisitos:

- Evitar las corrientes piratas o fugas a través del minado.
- Reducir la depresión entre base y cabeza de la zona explotada.

Para lograrlos se recomienda:

- Amplias secciones para el paso de la ventilación.
- Evitar los estrangulamientos y pasos estrechos.
- Aislar las galerías de las áreas ya explotadas.
- Elegir sistemas de ventilación y de explotación adecuados.



En la figura 9.1 se exponen los esquemas de ventilación en U, Z, Y, H y W; mismos que son clasificados como:

- M (mal), con corrientes piratas más o menos abundantes.
- R (regular), aquellos en donde las corrientes piratas son posibles.
- B (bueno), los que no pueden tener corrientes piratas.

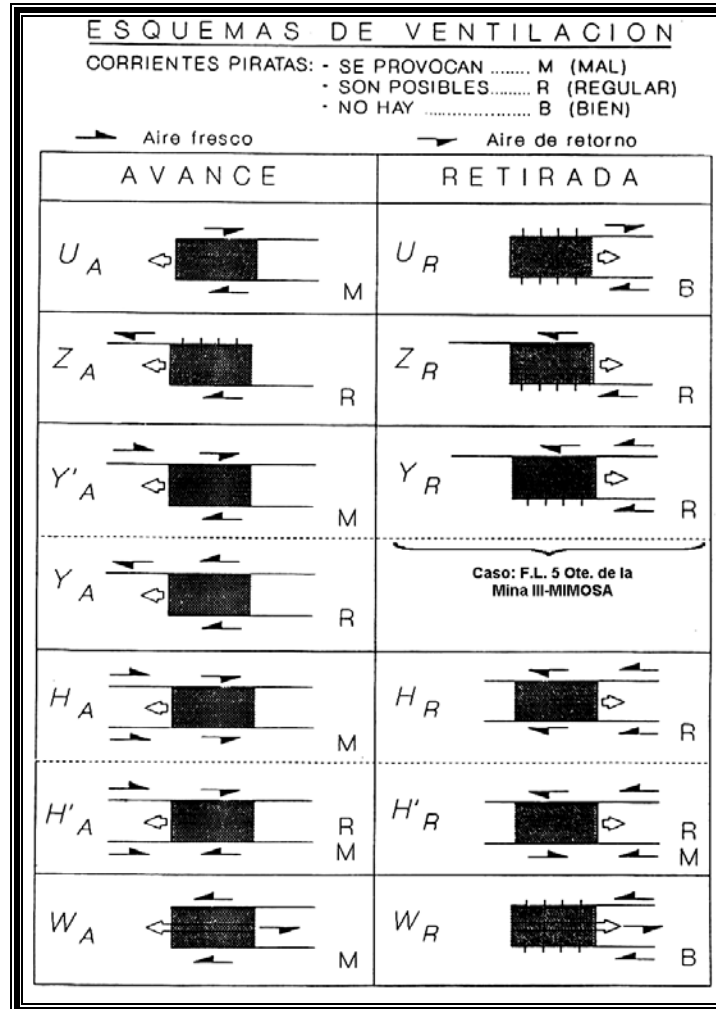


Figura 9.1. Esquemas de ventilación.
(Fuente: Luque Cabal, V. "Manual de Ventilación de Minas". AITEMIN).

9.1.6. A tener en cuenta en la planificación.

Durante la programación, el análisis y valoración de los criterios relativos a la formación de autoinflamaciones, es necesario tener un conocimiento anticipado del riesgo. De acuerdo a esos conocimientos se proyectarán actuaciones que eliminen o limiten las combustiones espontáneas.



9.2. Medidas a aplicar para evitar los fuegos durante el servicio o vida útil de la mina.

9.2.1. Generalidades.

Durante el servicio habrán de aplicarse dos grupos fundamentales de medidas:

- Las programadas como consecuencia de las influencias previsible.
- Las de emergencias, requeridas por acontecimientos súbitos y no previsible.

En general, antes de comenzar la explotación se deberán de proyectar las actuaciones para cada una de las etapas o fases, con las que en circunstancias normales se eviten las autoinflamaciones. Si cambian las circunstancias o si de modo imprevisible se presentan causas que puedan provocar fuegos durante la explotación de la mina, habrán de complementarse las medidas o añadir otras, a su debido tiempo y de eficacia suficiente para eliminar el riesgo.

9.2.2. Impermeabilización.

En el caso de la Mina III - MIMOSA la impermeabilización se realiza en su mayoría con polvo de roca (dolomita), proceso conocido en el argot minero como "incombustibilidad".

Este análisis determina la relación polvo inerte - polvo de carbón, para detectar el porcentaje de incombustibilidad en todas las obras de interior mina y se realiza este análisis manejando dos variantes:

- incombustibilidad normal.
- incombustibilidad especial.

El análisis de la incombustibilidad normal se realiza una vez al mes a toda la mina, las muestras se toman a intervalos de 100 m desde la entrada de la mina (inclinado) hacia los topos de las galerías.

El análisis de la incombustibilidad especial se realiza dos veces al mes en los lugares que se encuentren en operación; las muestras se toman a intervalos de 25 m a partir del tope de la galería hacia atrás hasta llegar a una distancia de 300 m. En la frente larga se toman en: terminal, cabeza y cuadro de desgasamiento, así como en los desarrollos del tope hacia atrás.

9.2.2.1. Muestreo.

a) Equipo empleado:

- Una bolsa de lona
- Una brocha.
- Un cucharón o pala.
- Una espátula de 3" de ancho.
- Una malla del # 20.
- Un trozo de hule, gasket de 50 cm por lado.
- Sobres manila coin No. 605, para colocar la muestra.



Los sobres que contienen las muestras deben de llevar los siguientes datos informativos:

- i. Nombre de la mina.
- ii. Nombre de la galería.
- iii. Sección de la galería.
- iv. Número de muestra.
- v. Fecha de la muestra.

b) Método de muestreo.

El muestreo de un lugar se hará tomando una muestra del polvo depositado en tablas, piso y cielo, de una forma aleatoria en la galería minera, usando la brocha, barriéndola y recogiéndola con la pala o cucharón; a continuación se hace pasar la muestra por la malla del # 20, recogiendo en el pedazo de hule para realizar un cono para cuarteo y reducir la muestra hasta tener aproximadamente 200 gramos, los cuales se guardarán en un sobre debidamente rotulado. Una vez recolectada se transporta hacia el exterior y se envía hacia el laboratorio.

9.2.2.2. Análisis de laboratorio.

a) Equipo empleado:

- 1) Matraces de aforación de 60 ml.
- 2) Alcohol etílico.
- 3) Buretas de 100 ml.
- 4) Vaso de precipitado de 250 ml.
- 5) Balanza electrónica.
- 6) Espátula.
- 7) Brocha.
- 8) Soporte para buretas.

b) Método de análisis:

- 1) Abrir el sobre con la muestra y homogeneizarla.
- 2) Pesar 25.00 ± 0.05 gramos de muestra (ver fotografía 9.1).
- 3) Transferir la muestra al matraz de aforación de 60 ml.
- 4) Agregar 41.5 ml de alcohol al matraz de aforación.
- 5) Agitar el matraz por un lapso de 15 a 30 segundos hasta lograr una mezcla homogénea.
- 6) Se añade alcohol hasta la marca de aforación de 60 ml y se leen los centímetros cúbicos consumidos de alcohol.
- 7) Después se compara la cantidad total de alcohol consumido, con la tabla de incombustibilidad para encontrar el porcentaje de la relación polvo de carbón – polvo inerte (ver fotografía 9.2 y tabla 9.1).
- 8) Se desecha el material contenido en el matraz y se lava.



Fotografía 9.1 Pesaje de la muestra.



Fotografía 9.2. Incombustibilidad.

(Fuente: MIMOSA).

Los resultados que arrojen estos análisis se anotan en un formato que indica el: número de muestra, nombre de la galería, sección de la galería y % de incombustibilidad.

Al finalizar el análisis de toda la mina en estudio se procede a elaborar un plano en donde se indican los resultados obtenidos, marcando de color verde las áreas que tienen más del 80% de incombustibilidad y de color rojo la que tienen menos del 80% de incombustibilidad.

Tabla 9.1. Determinación de la incombustibilidad en las galerías de la mina.

ALCOHOL CONSUMIDO EN C.C.	INCOMBUSTIBILIDAD %		ALCOHOL CONSUMIDO EN C.C.	INCOMBUSTIBILIDAD %
50.8	90	VERDE	45.6	44
50.6	89		45.5	43
50.5	88		45.4	42
50.4	87		45.3	41
50.2	86		45.2	40
50.1	85		45.1	39
49.9	84		45.0	38
49.8	83		44.9	37
49.6	82		44.8	35
49.5	81		44.7	34
49.4	80	44.6	33	
49.2	78	44.5	31	
49.1	77	44.4	30	
48.9	76	44.3	29	
48.8	75	44.2	28	
48.6	74	44.1	27	
48.5	73	44.0	26	
48.4	72	43.9	25	
48.2	71	43.8	24	
48.1	70	43.7	23	
47.9	69	43.6	22	
47.8	68	43.5	21	
47.7	67	43.4	19	
47.6	66	43.3	18	
47.5	65	43.2	17	
47.4	64	43.1	16	
47.3	62	43.0	15	
47.2	61	42.9	14	
47.1	60	42.8	13	
47.0	59	42.7	12	
46.9	58	42.6	11	
46.8	57	42.5	10	
46.7	56	42.4	9	
46.6	55	42.3	8	
46.5	54	42.2	7	
46.4	53	42.1	6	
46.3	52	42.0	5	
46.2	51	41.9	4	
46.1	49	41.8	3	
46.0	48	41.7	2	
45.9	47	41.6	1	
45.8	46	41.5	0	
45.7	45			

(Fuente: MIMOSA).

Los resultados de la incombustibilidad se presentan en el anexo XI.



9.2.3. Atención a la ventilación durante la marcha de la explotación.

Durante el servicio deben adoptarse medidas que sean adecuadas y mantenerlas en pleno vigor para rebajar la diferencia de presión que, a través del minado o hundida, provoca corrientes piratas de ventilación, el objetivo es evitarlas.

Se citan:

- Mantener las secciones de galerías.
- Mantener la sección prevista para el tajo.
- Evitar estrangulamiento innecesario (taquillas de ventilación, acumulaciones de materiales).
- Impermeabilización de los laterales de las guías para impedir fugas hacia el minado o hundida. Además, con ello, la sección de galería se conservará mejor y llegará al frente más ventilación útil (punto 9.3.4).
- Adaptar la ventilación a los valores adecuados, de acuerdo con el volumen de producción y con la dilución de gases.

9.2.4. Atención a trastornos geológicos.

Los trastornos geológicos aumentan el peligro de autoinflamación y, por ello, requieren precauciones suplementarias. Se apuntan las siguientes:

- Dejar el mínimo de restos de carbón en el minado.
- Los huecos en la zona de trastornos o fallas se rellenarán, no con madera, sino con material incombustible: espuma, sustancias de fraguado hidráulico de hormigón.
- Si los trastornos afectan a las galerías, en una determinada longitud, antes y después deben adoptarse medidas especiales. Se recomienda embovedar, rellenar con material fraguable y comprimido o prensarlo.
- Formar en la hundida un retículo semimineralizado con solución saturada de sales higroscópicas, como CaCl_2 o MgCl_2 la solución se inyectará desde el tajo, mediante lanzas o tubos. Con este fin, en el caso de entibación de escudo, deben preverse orificios de unos 50 mm de diámetro que sea posible cerrar después.

9.2.5. Tratamiento de pilares abandonados.

Los pilares residuales se disgregan y aflojan por la presión que actúa sobre ellos y, por esa razón fundamental, son propensos a la combustión espontánea.

Como tales pilares destacan de modo especial:

- Islotes de carbón dejados por motivos geológicos.
- Pilares de seguridad para sostenimiento o para fines de ventilación (en general, paralelos al eje de las galerías).
- Pilares dejados por razón de la explotación, por ejemplo, en el caso de cambio en la dirección de la misma.
 - Tales pilares, para prevenir el riesgo de fuego, requieren medidas específicas:
- Inyectar soluciones saturadas de sales higroscópicas, como CaCl_2 o MgCl_2 , para formar un retículo en el pilar residual. Debe tenerse en cuenta:
 - Dar los sondeos de inyección por cuantos más puntos y cargas del pilar sea posible.



9.2.6. Cierres de labores abandonadas.

La experiencia muestra que las labores abandonadas y todavía no cerradas son puntos singulares en cuanto a la aparición de fuegos. Al haber una ventilación escasa, no se disipa bastante calor y si esta situación dura por un largo tiempo se producirá, con gran certeza, una autoinflamación. Por ello, requieren un tratamiento especial.

- Las siguientes medidas deben considerarse como imprescindibles:
- Suficiente ventilación (la justa y debida) durante la fase de recuperación del material.
 - Acelerar la fase de recuperación.
 - Elección del lugar idóneo para el tabicado, de manera que las labores queden aisladas de modo permanente y eficaz.
 - Elegir un asiento correcto para los tabiques o diques, y materiales adecuados.
 - Fijar la longitud de los diques o cierres acorde con la diferencia de presión de la ventilación, y con el grado de aflojamiento o descomposición del terreno inmediato.
 - Cumplir fielmente las normas para la elaboración del material de cierre, y emplear los medios adecuados.
 - Seguir las directrices para conseguir estanqueidad de cierre.

9.2.7. Vigilancia mediante datos técnicos.

9.2.7.1. Generalidades.

La toma, análisis y la valoración de datos para un pronto descubrimiento de los fuegos son de vital importancia. Por esa razón, las labores en que sean esperables deben controlarse de manera regular.

9.2.7.2. Maneras de vigilar.

- Para detectar fuegos incipientes deben controlarse, en especial estos datos:
- Desarrollo de CO, CO₂, CH₄.
 - Aforo de ventilación (corriente piratas).
 - Diferencia de presiones.

- Las mediciones necesarias pueden realizarse mediante:
- Instrumentos manuales.
 - Análisis (cálculo).
 - Medidores automáticos o, en su caso, registradores de gases en el ambiente y de los desprendidos durante un incendio.

9.2.7.3. Medidas extraordinarias de control.

Las zonas más especialmente expuestas, con alto riesgo de inflamación espontánea, requieren medidas extraordinarias. Entre tales se citan:

- Frente inicial y final.
- Zonas trastornadas.
- Pilares residuales
- Carbón arrancado y capas del techo.



Como medidas extraordinarias, se anotan:

- Toma de muestras mediante tubos de testificación.
- Toma de muestra en conducciones de aspiraciones de gases.
- Mediciones de temperatura (termómetros de infrarrojo o termómetros en sondeos).
- Disminución del intervalo entre las tomas de muestras.
- Empleo suplementario de instalaciones fijas de control.

Las medidas se elegirán para cada caso particular.

9.2.8. Información e instrucción.

La eficacia de las actuaciones previstas y adoptadas para evitar los fuegos depende, en modo decisivo, de una sólida instrucción de todos los equipos responsables, y de la mutua información entre los mismos. Tales equipos son:

- La jefatura de la mina.
- Los departamentos de planificación y de organización de fuegos.
- Servicios de seguridad y de vigilancia.
- Personal de inspección y mando (capataces de ventilación y de penetración contra fuegos, jefes de servicio).
- Personal de vigilancia de las explotaciones que pueden verse afectadas.

Las instrucciones deben realizarse por la dirección de la mina en colaboración con un equipo especializado. Debe repetirse a intervalos determinados. Los nuevos trabajadores, antes de ser asignados a una determinada tarea, deben ser advertidos de los riesgos específicos de fuegos, por personas capacitadas.

Para seleccionar las medidas a programar y desarrollar, es indispensable una amplia información de todas las personas responsables. Con este fin se recomienda la estructuración de un sistema continuo de información, y dar notificación por escrito de las modificaciones planificadas y de las llevadas a cabo.



CAPÍTULO 10

Detección de fuegos.

Introducción.

10.1 Métodos de detección.

10.1.1. Observaciones de síntomas físicos u observaciones sensoriales.

10.1.2. Inspección térmica.

10.1.3. Análisis del aire en la mina.

10.2. Otros métodos para confirmar la alerta o localizar el calentamiento.



Introducción.

Cuanto antes se detecte un fuego y se le preste la debida atención, más fácil será poder llegar a dominarlo. Por ello, para poder tomar las medidas pertinentes a tiempo es fundamental la detección de los calentamientos de la masa carbonosa (hulla) en los primeros instantes.

Es sumamente complicado detectar precozmente un fuego por autoencendido. Sus características más acusadas son la elevación de temperatura y el desprendimiento de los productos en un *proceso mixto de destilación - combustión*. La localización normal de estos fuegos dentro de la masa del hundimiento hace infructuosa, la mayor parte de las veces, su búsqueda con un termómetro de radiación infrarroja. En cuanto a los productos desprendidos en su evolución, los hidrocarburos, el H₂O y el CO₂, son retenidos frecuentemente por la masa del hundimiento por procesos combinados de condensación, reacción química y absorción. Sin embargo el CO, aunque se forma en cantidades mucho menores, debido a su carácter inerte, llega con más seguridad a la corriente de aire y puede detectarse en la ventilación saliente; por esta razón los registradores continuos de CO constituyen un medio confiable para el temprano reconocimiento de los fuegos espontáneos.

10.1. Métodos de detección.

Los síntomas concluyentes para la detección de fuegos son:

- Elevada temperatura.
- Humo.
- Gases de combustión.
- Llamas.
- Radiación infrarroja.

Por lo que podemos agruparlos de la siguiente manera:

- Observaciones de síntomas físicos u observaciones sensoriales.
- Inspección térmica.
- Análisis del aire en la mina.

10.1.1. Observaciones de síntomas físicos u observaciones sensoriales.

El desarrollo de un calentamiento en la masa o capa de carbón suele ir acompañado por la aparición de varios fenómenos, tales como:

- a) En los estados iniciales del calentamiento es frecuente que el carbón al empezar a perder la humedad se formen ligeras brumas, que dificultan la visibilidad, o incluso que el vapor de agua desprendido se condense sobre las superficies frías, lógicamente algo apartadas del foco caliente.
- b) Al continuar el aumento de temperatura, puede observarse sudor en los estratos y en el sostenimiento o fortificación. Esto es particularmente significativo en minas muy secas, en las que no puede confundirse con otro tipo de acumulaciones acuosas.
- c) Uno de los síntomas más claros que permiten conocer la existencia de un fuego es el olor. Éste es debido a la destilación de algunos productos del carbón, como hidrocarburos saturados. El olor es tan característico que no suele inducir a error.



- d) Cuando progresa el autocalentamiento y se supera la temperatura de ignición, es decir, cuando surge el fuego propiamente dicho, hacen su aparición los humos debidos a la combustión del carbón, que son fácilmente perceptibles.
- e) En ocasiones pueden llegar a oírse ruidos característicos debidos a la rotura o desmoronamiento de estratos, aunque su identificación suele ser más complicada.

La aparición de vahos, la condensación de vapor de H_2O sobre el sostenimiento y el olor a fuego, son característicos del comienzo de la pirólisis, seguido de humos más espesos cargados de alquitrán y un olor más agrio, señalan pues que un calentamiento, que se ha incubado sin duda desde varias semanas ha franqueado ya el umbral de la irreversibilidad; la aceleración del fenómeno es entonces cierta y algunas horas más tarde, el incidente puede llegar a ser grave. Las observaciones visuales u olfativas no pueden detectar el nacimiento de un calentamiento, una detección más precoz reposa sobre la búsqueda del CO, cuyo desprendimiento es sensible a baja temperatura y aumenta cuando la temperatura se eleva; otros métodos permiten verificar la realidad de la alerta y localizar el calentamiento.

10.1.2. Inspección térmica.

Antes de que surja un fuego en la mina, la temperatura en el interior tiende a mostrar un aumento debido al calentamiento espontáneo. En consecuencia, una forma de prevenir el fuego es detectar esos aumentos de temperatura mediante una inspección sistemática de las temperaturas, especialmente en zonas de mayor probabilidad, como son labores abandonadas, zonas con pilares, especialmente si hay grietas o fisuras, lugares donde se acumula el carbón, sobre todo si lo hace en forma de polvo, etc.

Para la medición de la temperatura pueden usarse métodos directos o indirectos. Los primeros se basan en la introducción de un elemento sensor a la temperatura, como puede ser un termopar, en la zona donde se sospecha que puede haber un autocalentamiento. Los métodos indirectos consisten en detectar los cambios de temperatura a distancia; los elementos de medición más empleados son los termómetros o pirómetros infrarrojos, que captan las radiaciones emitidas por los focos caloríficos.

10.1.3. Análisis del aire en la mina.

Los productos gaseosos generados durante el calentamiento del carbón pueden desplazarse fácilmente hasta zonas alejadas del foco de calor debido a la ventilación y a las corrientes convectivas engendradas por las diferencias térmicas.

En consecuencia, un análisis de los cambios en la composición del aire de la mina puede ser muy útil para detectar autocalentamientos, así como para fijar el grado de progreso de los mismos. Para ello es imprescindible conocer perfectamente la composición del aire de la mina en condiciones normales.

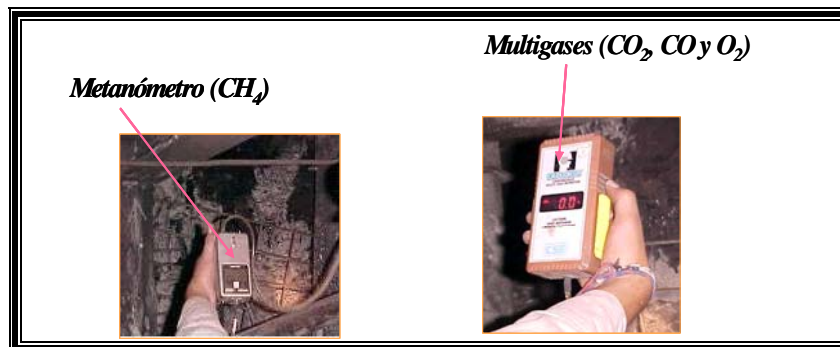
Algunos de los métodos de análisis se basan en la detección de los gases emanados como consecuencia del calentamiento, tal es el caso del CO o de algunos hidrocarburos no saturados. Otros se basan en la disminución del porcentaje de otros gases, como es el caso del O_2 y del CO emitido en los instantes iniciales como consecuencia de la evolución del fuego.



10.1.3.1. Análisis de muestras tomadas a distancias.

- Este tipo de análisis se realiza en la Mina III - MIMOSA de las siguientes formas:
 - Monitoreo de gases en el ambiente. (Información investigada).
 - Monitoreo de zonas ya minadas. (Información proporcionada por MIMOSA).
 - Monitoreo permanente del CH_4 . (Información proporcionada por MIMOSA).
- Monitoreo de gases en el ambiente (información investigada).

Efectuado en los cañones 5 Ote. Aux. (cañón de materiales), descabece de la frente (terminal, a la mitad de la frente y la cabeza) y 6 Ote. (cañón de banda). La toma de lecturas se realizó a intervalos de 100 m y por un periodo de tiempo de dos semanas consecutivas en donde la mina operó de manera normal. Se realizó la toma de lecturas de los gases CH_4 , CO_2 , CO y O_2 con el equipo mostrado en las fotografías siguientes:



Fotografía 10.1. Equipo para cuantificar la presencia de gases en la atmósfera minera.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

El monitoreo arrojó los siguientes resultados promedio:

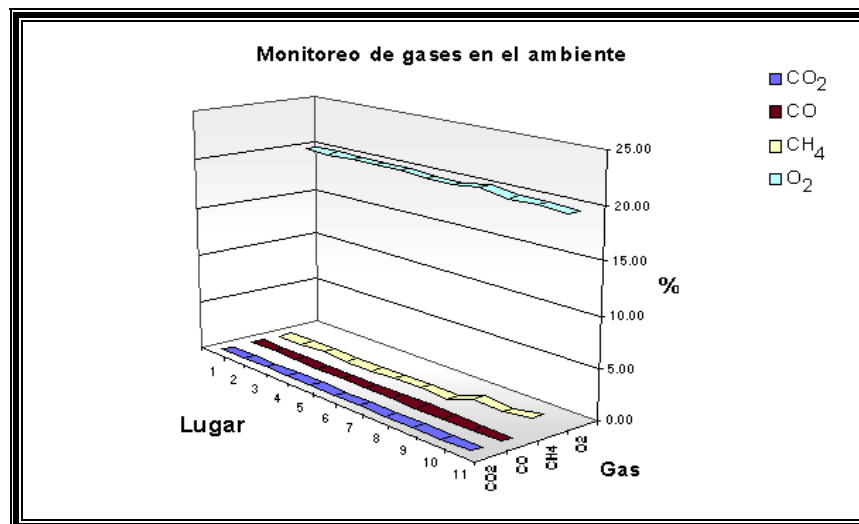


Figura 10.1. Monitoreo de gases en el ambiente.
(Fuente: Información recabada en la Mina III – MIMOSA por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).



Tabla 10.1. Lecturas promedio del monitoreo de gases en el ambiente en las inmediaciones de la Fte. 5 Ote. de la Mina III – MIMOSA.

LUGAR		EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	Cn. 5 Ote. X°5 a -20m	415	1	0.0415	0.0001	0.0333	20.0250
2	Cn. 5 Ote. X°5	372	0	0.0372	0.0000	0.0167	19.8917
3	Cn. 5 Ote. X°5 a +10m	371	0	0.0371	0.0000	0.0167	19.8500
4	Cn. 5 Ote. X°10	385	1	0.0385	0.0001	0.0000	19.9583
5	Terminal de la F. L.	392	1	0.0392	0.0001	0.0000	19.8417
6	A la mitad de la F. L.	418	1	0.0418	0.0001	0.1250	19.6250
7	Cabeza de la F. L.	436	1	0.0436	0.0001	0.1083	19.6250
8	Cn. 6 Ote. Banda X°10	410	1	0.0410	0.0001	0.0167	19.9250
9	Cn. 2 Aux 6 Ote. entrada	483	3	0.0483	0.0003	1.0000	19.4917
10	Cn. Aux 6 Ote. X°1	483	4	0.0483	0.0004	0.8667	19.5417
11	Cn. Aux 6 Ote. X°16	480	10	0.0480	0.0010	1.3000	19.3750

Nota: Cn → cañón.
X° → crucero.

(Fuente: Información recabada en la Mina III – MIMOSA por Luz Campuzano y Gabriel Rivas).

El desglose de lecturas del monitoreo se pueden consultar en el anexo XII.

➤ **Monitoreo de zonas ya minadas (información proporcionada por MIMOSA).**

Este análisis consiste en detectar con anticipación una posible combustión espontánea o una atmósfera en rango explosivo y así prevenir un riesgo de incendio o explosión.

Esta inspección se realiza de forma bimestral y en ella se valoran los porcentajes de metano (CH₄), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂), la temperatura y la humedad relativa; así como además de las condiciones físicas de la taponería de cierre en las zonas explotadas de cada una de las minas.

Todas las áreas ya minadas deben aislarse inmediatamente después de la recuperación de equipos por medio de taponeros de cierre definitivo que separan las entradas de aire limpio de los regresos con aire viciado, deben estar contruidos con las siguientes características:

- Las cárceles deben construirse amplias, hasta encontrar terreno no intemperizado.
- Con materiales incombustibles como el concreto, roca, bloque, lámina, tabique, debiendo estar debidamente enjarrados con la finalidad de evitar fugas de gases y con suficiente resistencia para soportar presiones normales.
- El tapón ya construido se protege de la presión del terreno mediante la colocación de huacales de madera por ambos lados, en la parte de la galería activa debe quedar suficiente espacio entre los huacales y las tablas para permitir el libre acceso al personal encargado de revisar o reparar estos taponeros.
- Contar con dispositivos (tubería) que permita realizar el monitoreo de los gases.



Para realizar la inspección y muestreo de gases en la taponería de zonas minadas se debe cumplir:

- Se realizado por un mínimo de dos personas.
- Este personal no debe de penetrar en áreas no ventiladas.

Para su inspección la taponería de cierre definitivo debe de cumplir con los siguientes requisitos:

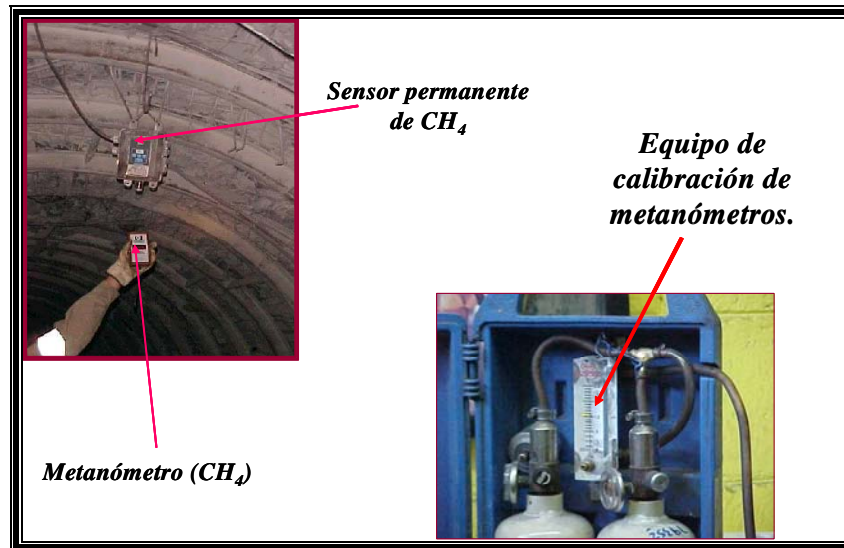
- 1) Debe tener acceso libre.
 - 2) Debe estar bien ventilado (por medio de un codo de lona).
 - 3) Debe contar con avisos preventivos.
 - 4) Tubo para muestreo con tapón en buenas condiciones.
 - 5) Tubo para desagüe con trampa (cuando se requiera).
 - 6) Debe contar con un enhuacalado de madera.
- a) Equipo empleado:
- Multigases Industrial Scientific Modelo ATX620, el cual monitorea los porcentajes de O₂, el CO y CO₂, en ppm.
 - Metanómetro Industrial Scientific Modelo MDU420, monitorea el metano de 0 a 100 % de concentración.
 - Metanómetro Digital CSE Modelo 102, monitorea el metano de 0 a 5 % de concentración.
 - Bomba Dräger.
 - Tubo de humo para ventilación.
- b) Procedimiento de análisis:
- Se verifica si hay libre acceso.
 - Se revisa el porcentaje de metano CH₄ en el ambiente.
 - Se abre el tapón del tubo de muestreo y se verifica la dirección del flujo del aire, es decir, si es soplante o aspirante.
 - Si es soplante se procede a analizar con el:
 - i) Metanómetro de bolsillo la concentración del CH₄ (de 0 a 5%).
 - ii) Si la concentración del CH₄ es mayor del 5% se usa el metanómetro de 0 a 100%.
 - iii) Equipo multigases la concentración de CO₂, CO, O₂.
 - Se cierra el tubo de muestreo.
 - Se verifican las condiciones físicas en las que se encuentra el tapón de cierre.

Estos datos se encuentran desglosados en el anexo XIII.

- Monitoreo permanente del CH₄ (información proporcionada por MIMOSA).

Se realiza a través del sistema informático CONSPEC, a través de una red de sensores ubicados estratégicamente en toda la mina. Las lecturas obtenidas son almacenadas en una estación de monitoreo computarizada.

Los sensores de CH₄ están calibrados al 1.0% en la cabeza de frente larga y 1.5% en las galerías de retorno de aire. En caso de falla del sistema de monitoreo de CH₄, la operación de la frente larga es automáticamente suspendida.



Fotografía 10.2. Equipo de monitoreo permanente de CH₄.
(Fuente: Mina III – MIMOSA).

Las concentraciones máximas permisibles de los gases en interior mina son:

PERÍODO DE EXPOSICIÓN	GASES					
	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO + NO ₂)	SULFURO DE HIDRÓGENO (SH ₂)	DIÓXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	HIDRÓGENO (H ₂)
8 HORAS	50 ppm	5,000 ppm ó 0.50 %	10 ppm	10 ppm	5 ppm	1,000 ppm ó 0.10%
CORTO	100 ppm	12,500 ppm ó 1.25%	25 ppm	50 ppm	10 ppm	10,000 ppm ó 1%

(Fuente: Fernández, Alberto. "Apuntes de Seguridad integral". Facultad de Ingeniería, UNAM).

En cuanto al metano (CH₄) es del:

- 1% de concentración para la permanencia del personal.
- 1.5% de concentración para detener la operación de la maquinaria y desalojar la mina.
- Si comparamos los valores registrados en la tabla anterior con los obtenidos del riesgo higiénico, no existe riesgo alguno para la salud de los trabajadores (caso CO y CO₂), ver tabla 10.1.

10.2. Otros métodos para confirmar la alerta o localizar el calentamiento.

1. La alerta señala una posibilidad de calentamiento o de fuego; por lo cual, el primer paso es verificar si ella es debida a otras fuentes de CO; en caso negativo, la alerta será confirmada.
2. Se ha comprobado que el desprendimiento de etileno, es posterior al del óxido de carbono, en cantidad denunciante para temperaturas de 75 °C a 175 °C según el tipo de carbón; su presencia en la atmósfera, así como la del propileno, indica entonces que el calentamiento es real y que la temperatura se eleva.



3. La medida de las temperaturas puede ser prevista para vigilar las zonas críticas, en un macizo o un montón de carbón desprendido, accesibles por sondeos o canalizaciones abandonadas detrás del tajo; ella puede a veces dar la alerta más rápidamente que la búsqueda de CO, principalmente en caso de fuegos de macizos o de paramentos sobre las entradas de aire.
4. La inspección metódica de una galería por medio de tubos calorimétricos permite detectar las salidas de gases, y por consecuencia localizar los retornos de aire del calentamiento.

El examen de planos bien documentados y la consulta de experiencias previas permiten determinar los circuitos de fuga susceptibles de desembocar sobre los retornos conocidos, y de reparar las zonas críticas en donde se pueden presentar los calentamientos, a través de tubos de humo y de gas trazador.



CAPÍTULO 11

Lucha contra fuegos e incendios.

Introducción.

11.1. Principios básicos en la lucha contra fuegos e incendios.

11.2. Métodos de lucha.

11.2.1. Ataque directo del fuego.

11.2.2. Estanqueificación superficial.

11.2.3. Otros métodos de estanqueificación de los terrenos.

11.2.4. Reglas para abrir campos de fuegos e incendios.

11.2.5. Reglas para trabajar en atmósfera pobre en oxígeno.

11.2.6. La lucha contra el fuego por equilibrado de presiones.

11.2.7. La lucha contra fuegos mediante la construcción de tabiques de presión nula.

11.2.8. Seguridad en las intervenciones de lucha.

11.3. Consideraciones sobre los agentes extintores más frecuentemente utilizados en la lucha contra el fuego.

11.3.1. El agua.

11.3.2. Las espumas.



Introducción.

Para extinguir un calentamiento o un fuego es preciso detener la reacción de oxidación que ocasiona la combustión, bastando con destruir o anular uno de los elementos del tetraedro de fuego: combustible, oxígeno, calor y reacción en cadena.

11.1. Principios básicos en la lucha contra fuegos e incendios.

Estos principios básicos de lucha contra el fuego se tocaron de manera general en el Capítulo 3, punto 3.4 actuaciones preventivas sobre el tetraedro del fuego, por lo que en este punto ahondamos más en ellos.

Los principios básicos son:

➤ *Dilución del combustible.*

Como la velocidad de propagación de la llama depende de la relación aire - combustible, un exceso de aire produce una dilución del combustible y, al mismo tiempo, aleja la mezcla inflamable de la fuente de combustión.

Si se diluye suficientemente en aire un combustible gaseoso, puede obtenerse una relación aire-vapor superior al límite superior de inflamación.

➤ *Creación de una atmósfera inerte.*

La creación de atmósferas inertes mediante gases o suspensiones de polvo, tienen un doble efecto enfriante, una parte mediante el calor específico y el efecto de pantalla contra el calor creado por las llamas.

➤ *Extinción por eliminación del calor.*

El medio más efectivo para extinguir fuegos, sobre todo de clase A (combustibles sólidos ordinarios), es la eliminación del calor, enfriando el combustible. Tan pronto como se consigue, el desprendimiento de vapores combustibles decrece hasta quedar por debajo del límite inferior de inflamación y el fuego se apaga.

La efectividad de un agente extintor como medio enfriante, depende de su calor específico y latente, cuanto mayores sean éstos, mayor será su poder enfriante.

Como gran parte del calor liberado por el fuego se transmite por conducción, convección y radiación, para enfriar el combustible sólo es necesario eliminar parte del total de dicho calor.

➤ *Extinción química.*

Se conoce el efecto extintor de algunos hidrocarburos halogenados (halones) y de algunas sales inorgánicas. Sin embargo, sus propiedades físicas no indican que sean particularmente adecuados para extinguir el fuego por alguno de los procesos ya expuestos, pues su efectividad es desproporcionada y no depende de las propiedades físicas, sino a las reacciones químicas entre el agente extintor y productos intermedios de la reacción en cadena que constituye la combustión. Estos agentes actúan como inhibidores. La parte activa es el átomo del halógeno o el metal alcalino y la efectividad aumenta con el peso molecular del halógeno o del metal. En desuso por formar gases tóxicos.

La reacción extintora del fosfato monoamónico, base de los polvos seco tipo ABCE (antibrasa), es mucho más compleja. A la supresión de las llamas une una acción refrigerante debido al recubrimiento de la zona de combustión con ácido o anhídrido fosfórico, producidos por la descomposición del fosfato, que impiden continuar la combustión de las brasas.



11.2. Métodos de lucha.

Cuando un fuego ha alcanzado una galería de ventilación, se puede tratar de abatir el carbón incandescente y extinguirlo sobre el terreno; pero el ataque directo no es eficaz más que en determinados casos.

Cuando el fuego sea visible o inaccesible se puede actuar a distancia mediante medidas tendientes a:

- Aumentar la resistencia de los circuitos de fuga.
- Reemplazar el aire que circula por un gas inerte o por agua.
- Disminuir la diferencia de carga en los bornes o quiebres de estos circuitos.

En los casos más graves, que degeneran frecuentemente en incendio, puede ser necesario aislar el cuartel siniestrado mediante el tabicado o tapón de concreto del mismo (tapón de cierre).

11.2.1. Ataque directo del fuego.

El ataque directo del fuego no es posible, a menos que el fuego sea accesible o cuando las medidas de temperatura realizadas lo sitúan en la proximidad inmediata a un punto accesible. Esta operación consiste en quitar o arrancar la totalidad del carbón incandescente; así entendido, esto solamente es posible cuando el volumen de carbón es reducido y fácilmente accesible:

- Cuando se trata de un fuego de paramento bien delimitado.
- De un fuego de corona en un superespesor local.
- De un fuego en un tramo carbonoso de débil espesor.

El material incandescente abatido y aplastado debe ser inmediatamente apagado por todos los medios disponibles: extintores, arena, polvo entre otros. Es necesario regar agua abundantemente, pero el agua debe ser empleada con precaución, teniendo en cuenta que el contacto con el carbón incandescente produce vapor de H_2O y gases explosivos ($CO + H_2$).

- Debe ser utilizada preferentemente para enfriar los materiales apagados por otros medios, así como el macizo y los elementos combustibles próximos al fuego, para impedir su progresión.
- No debe utilizarse para apagar el carbón incandescente más que si la corriente de aire es lo bastante viva como para arrastrar los gases combustibles del fuego.

Cuando se trata de un fuego de macizo, el arranque de un volumen superficial de carbón incandescente no tiene efecto útil; sino al contrario, al disminuir la resistencia de los circuitos de fuga que lo alimentan, se aviva el fuego y se facilita su extensión en profundidad. El ataque directo en este caso sólo debe limitarse a enfriar la proximidad del fuego; toda tentativa de ataque directo está condenada al fracaso.

11.2.2. Estanqueificación superficial.

La operación tiene por objeto privar de aire al fuego taponando las extremidades de los circuitos de fuga que lo alimentan; a este efecto las galerías son tapizadas de un revestimiento estanco:

- En la zona donde los humos se juntan a la ventilación principal.
- En la zona donde se supone que el aire penetra en el macizo.



11.2.2.1. El gunitado.

El gunitado consiste en proyectar, por pasadas sucesivas, una capa de algunos centímetros de mortero de fraguado rápido sobre las paredes de la galería. Para su puesta en funcionamiento se utiliza una mezcladora, una bomba (50 bar 12 m³/h), un compresor, canalizaciones flexibles de transporte (distancia de transporte limitada a 60 m) y una lanza de proyección.

El revestimiento sostenido es estanco, pero se fisura, y a veces cae en placas bajo la influencia del movimiento del terreno; ciertas fórmulas permiten aumentar la resistencia (incorporación de finas telas metálicas) a la plasticidad.

Una mejor estanqueidad se obtiene por un gunitado al yeso: Se utiliza entonces una mezcla especial, más plástica que la de las barreras, a base de anhídrido (sulfato de calcio anhidro) con un 7.5% de aditivos destinados a plastificar el producto, condensar la mezcla y acelerar el fraguado.

11.2.3. Otros métodos de estanqueificación de los terrenos.

Varios productos son utilizados actualmente con la ventaja sobre el enlodado de una puesta en funcionamiento más práctica o una eficacia superior.

11.2.3.1. Las espumas.

Las espumas son productos reticulares de baja densidad, que contienen gas aprisionado en las mallas de la red:

- Las espumas físicas se obtienen por borboteo de aire o nitrógeno en el agua adicionando un producto espumante.
- En las espumas químicas, el gas, CO₂ por ejemplo, es desprendido por la reacción resultante de la mezcla de los productos constituyentes. Existen espumas químicas rígidas, utilizadas para la consolidación de terrenos, y espumas plásticas que sirven para rellenar huecos.

11.2.3.2. El mortero.

El mortero, cemento y yeso es utilizado para rellenar grandes fisuras y para consolidar los terrenos, principalmente en zonas débiles y para rellenados de campanas de desprendimiento (hundidas).

11.2.3.3. La bentonita.

La bentonita es una arcilla natural caracterizada por propiedades de absorción y de hinchamiento muy acusadas. Mezclada con un aditivo (hezametafosfato de sodio) forma con el agua (18 litros por kg de bentonita) un gel muy consistente que no disminuye el volumen al envejecer y no seca, lo que permite continuar la inyección si es preciso por el mismo agujero del sondeo.

Las inyecciones de bentonita son muy eficaces para la estanqueificación de tabiques, de galerías aplastadas, de los pilares residuales, de los terrenos alrededor de las barreras; las Hulleras de Lorena han desarrollado una explotación de bentonita para sus propias necesidades.



11.2.4. Reglas para abrir campos de fuegos e incendios.

Para enfriar un fuego abierto y sofocarlo ha sido necesario a veces tener la zona del fuego tabicada y cerrada durante meses. Para algunas combustiones espontáneas debieron emplearse, según las experiencias ganadas, por los menos 6 meses.

Los tajos y talleres solían sufrir bajo las influencias de las presiones de la roca y de agua estancada. Los trabajos posteriores de la brigada de salvamento resultaban muy difíciles por haberse adaptado la temperatura ambiente de su entorno a la temperatura de la roca, teniendo una humedad relativa de aprox. 100%. Atención especial tenía que tenerse en caso de esperar mezclas de gases explosivos al ventilar estos tajos o talleres.

La separación rigurosa entre aislamiento y puesta al descubierto (abrir) de campos de fuegos e incendios, practicada hasta la actualidad, puede olvidarse a razón de la aplicación de la inertización. Hoy en día existe una relación estrecha entre lucha contra el incendio o fuego y la recuperación posterior. Los trabajos para el saneamiento del fuego se empiezan en el entorno del mismo con la mayor rapidez posible. De esta forma se excluyen las desventajas citadas, obteniendo no obstante una enorme ganancia de tiempo.

En vista a la puesta al descubierto y a la ventilación se está -por la inertización- en condiciones de producir un campo de incendios con mezclas inexplorativas de gases, que siguen siendo inexplorativas aunque sean enrarecidas con aire.

Al tener la garantía, por controles constantes y por la técnica de medición llevados a cabo en el campo del siniestro, de que el fuego no pueda reavivarse y que mezclas explosivas no puedan generarse al ser enrarecidas con aire, podrá recuperarse el campo del incendio con la ayuda de un barrido dosificado de aire bajo ciertas circunstancias solamente por el barrido de secciones de la zona.

Todos los demás trabajos pueden entonces realizarse en atmósfera normal sin necesidad de usar protección respiratoria. Sin embargo, se aconseja no volver a ocupar los tajos hasta que la brigada de salvamento pueda confirmar, que todos los tajos estén libres de gases peligrosos y que el fuego o incendio esté totalmente sofocado.

Otra ventaja y mejora es, si se compara este sistema con el de abrir la zona del incendio después de mucho tiempo, que el área del incendio sufre menos alteración desfavorable en lo que se refiere a presión de la roca, agua, hundimientos, etc. Se obtienen grandes ventajas en lo referente a los procedimientos engorrosos de planificación, que se requieren para obtener el permiso para abrir un campo de incendio. La mejora climática en el área del incendio por la introducción de nitrógeno frío y seco es otra ventaja del procedimiento, por disponer la brigada de salvamento avanzada de más tiempo para las obras.

11.2.5. Reglas para trabajar en atmósfera pobre en oxígeno.

La inertización traerá consigo por un lado gran cantidad de tareas nuevas para las brigadas de salvamento, y por el otro un campo de trabajo diferente y desacostumbrado en atmósfera pobre en oxígeno. Al trabajar en atmósfera inerte debe guardarse sobre todo disciplina en lo que se refiere a la protección respiratoria.



Mientras que un fuego abierto produce una señal de alarma por si solo con el desarrollo de humo, la falta de oxígeno únicamente se comprueba por aparatos medidores. Sin estos aparatos falta todo aviso, lo cual representa un peligro eminente.

El trabajo en atmósfera inerte puede ser tan peligroso o más que el trabajo en elevadas concentraciones de gas de incendio, ya que la falta de oxígeno lleva al desmayo sin aviso previo. Por tanto es de importancia vital, que las acometidas de los tubos respiratorios estén perfectamente fijos y herméticos, lo cual debe comprobarse en intervalos cortos y regulares.

Los trabajadores que lleven boquillas respiratorias deben guardar rigurosamente la prohibición de hablar. La comunicación telefónica constante entre el grupo avanzando en atmósfera inerte y el puesto de guardia debe ser siempre clara y audible.

Cuidado especial debe guardarse al trabajar cerca del chorro de nitrógeno, que bajo ciertas circunstancias produce un ruido ensordecedor. Por razones de seguridad debe garantizarse alguna separación local entre el lugar de trabajo y la salida del nitrógeno del conducto, por ejemplo deberán llegar los tubos (en la inertización local) unos 20 metros más allá del muro contra incendios.

11.2.6. La lucha contra el fuego por equilibrado de presiones.

11.2.6.1. Teoría del equilibrio de presiones.

11.2.6.1.1. ¿Por qué equilibrar?

La autoinflamación es el resultado de una reacción química cuando se encuentran en presencia un cierto número de elementos sin duda en proporciones bien determinadas; carbón, pirita, agua, bacterias, temperatura y oxígeno.

No se sabe gran cosa sobre estos factores, lo que es cierto es que el oxígeno es indispensable. No hay fuego sin oxígeno. El minero por otro lado es incapaz de actuar sobre otros elementos, pirita, bacterias. Se podrá quizá un día encontrar un inhibidor, pero será un proceso excesivamente caro porque será necesario inhibir todas las labores.

Por contra es el minero mismo quien introduce el oxígeno en la mina por la necesidad de respirar, siendo entonces el único factor sobre el que se puede actuar. Debe poder evitarse el enviar oxígeno donde no sea preciso.

De esto se deduce naturalmente el fundamento del método: entre dos puntos el aire circula bajo el efecto de una diferencia de presión, es suficiente equilibrar la presión entre estos puntos para anular todo aporte de oxígeno y extinguir un fuego que se hubiese declarado entre esos dos puntos.

A título preventivo el equilibrado entre ciertos puntos cuidadosamente escogidos puede bastar a menudo para evitar la eclosión de un calentamiento. Preventivamente no es posible equilibrarlo todo, ni realizar un equilibrado perfecto. Esto no es absolutamente necesario.



Los Rusos han tenido en cuenta en diversos estudios la influencia del paso de aire a través de labores viejas. Ellos toman como criterio el caudal en litros por m^2 de superficie. El fuego no se manifiesta más que entre dos límites variables con la susceptibilidad. Demuestran así que por debajo de un cierto caudal no hay nada que temer. El fundamento de la prevención es entonces tratar de mantenerse por debajo del mínimo con un equilibrado incluso imperfecto, se minimiza así muy fuertemente el riesgo de que un calentamiento tenga lugar, se dispone también de un gas trazador gratuito, el CO, que facilita el reglaje perfecto. El dispositivo de prevención permite intervenir, muy rápidamente, lo que es muy apreciado.

Antes de haberlo constatado incluso *de visu*, no puede uno imaginarse que el aire pueda circular con muy débiles depresiones a distancias considerables a través de terrenos vírgenes bastante lejos de la explotación, o a través de trabajos antiguos. Existen pruebas de ello.

Por otra parte en terrenos vírgenes y a gran profundidad, se encuentra agua que ha llegado generalmente través de las fallas. Basta pensar que el aire pasa muy fácilmente donde el agua más pura no pasa.

11.2.6.1.2. ¿Cómo equilibrar las presiones?

Dispositivos elementales de reglaje de la presión.

Los métodos más simples de equilibrado de las presiones de dos puntos A y B entre los que puede establecerse un circuito de fugas, son tres:

- 1°. Por disposición de dos ventiladores principales.
- 2°. Por disposición de dobles puertas.
- 3°. Por disposición de puerta y ventilador auxiliares.

Tomando la presión barométrica como referencia que llamaremos O (cero), pa será la presión en el punto A en milímetros de columna de agua y Hab la pérdida de carga entre 2 puntos A y B igualmente en mm de agua.

La combinación de tres dispositivos elementales permite obtener en un punto cualquiera de la mina la presión escogida sin modificar los caudales.

1° Dispositivo de dos Ventiladores Principales (figura 11.1).

Se parte de lo siguiente:

- Se considera el circuito ES con dos derivaciones: Cuartel 1 y Cuartel 2.
- Se supone que la diferencia de carga de E a S son 200 mm C.A. (Columna de agua).
- Se supone un solo ventilador en S : La curva de pérdida de carga se representa por una raya continua, que corresponde al circuito EXAYS. La presión en A , son 140 mm C.A.

Si deseamos obtener en A una presión o "carga" próxima a cero, habrá que disponer en E un ventilador soplante que produzca una sobrepresión $Hea = 140$ mm C.A. y en S un ventilador aspirante que produzca una depresión $Has = 60$ mm C.A. para el mismo caudal Q .

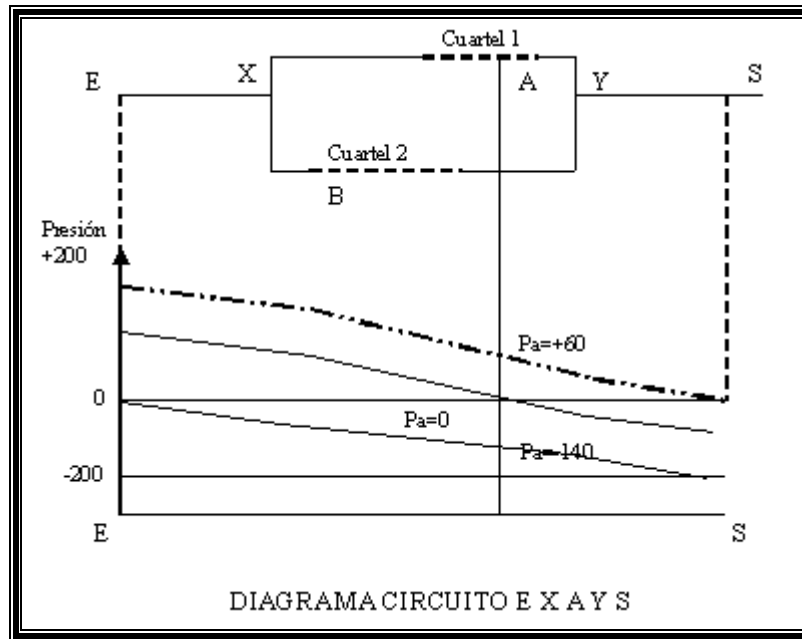


Figura 11.1. Dos ventiladores principales.

(Fuente: Simode, E. "Estabilización de la ventilación en caso de incendio en los trabajos subterráneos". Teoría de Budryk. Doct. SIMN3, Capítulo XIII).

Si sólo se dispusiera un ventilador soplante en E , la curva de presión sería la de azul (— · — · —).

Si la explotación se desplaza, corre el riesgo de desplazarse también el punto en el que se quiere una presión determinada. Se puede también desear modificar esta presión. Es necesario entonces modificar las presiones de los ventiladores para un mismo caudal. Basta para esto utilizar ventiladores con paletas regulables o de álabes directrices variables. En las modernas instalaciones, presionando un simple botón, se hace variar instantáneamente la presión en un punto dado.

Si se dispone de tales ventiladores es suficiente tener: una puerta con postigo cerca de cada ventilador, abriendo una y cerrando otra en la misma superficie no cambia la apertura de la mina pero se desplaza el punto O .

La vida diaria de la mina (puerta mal cerrada, tren obturando el circuito, etc.) perturba el reglaje. A título preventivo sin gran error: Las pequeñas perturbaciones son despreciadas; cuando son grandes son registradas en un depresiómetro diferencial que registra la presión en el punto O ; con un poco de práctica se sabe donde está el defecto y se remedia.

A título de lucha inmediata, es preciso una regulación automática que es lo que se hace en algunos cuarteles con un regulador electrónico. A veces se dispone de un regulador automático para regular con una puerta, pero si hay uno solo la autorregulación no es perfecta.

Este dispositivo permite escoger un solo punto de un circuito de la mina donde se puede hacer variar la presión. Para obtener el mismo resultado en un punto cualquiera hacen falta otros dispositivos.



2° Dispositivo de Doble Puerta. (figura 11.2).

Se representa el circuito suponiendo que para regular los caudales q_1 y q_2 nos veamos obligados a introducir sobre el circuito XBY del cuartel 2 una resistencia bajo forma de una puerta P_1 dando, por ejemplo para fijar ideas 40 mm de H_p medidos a través de la puerta.

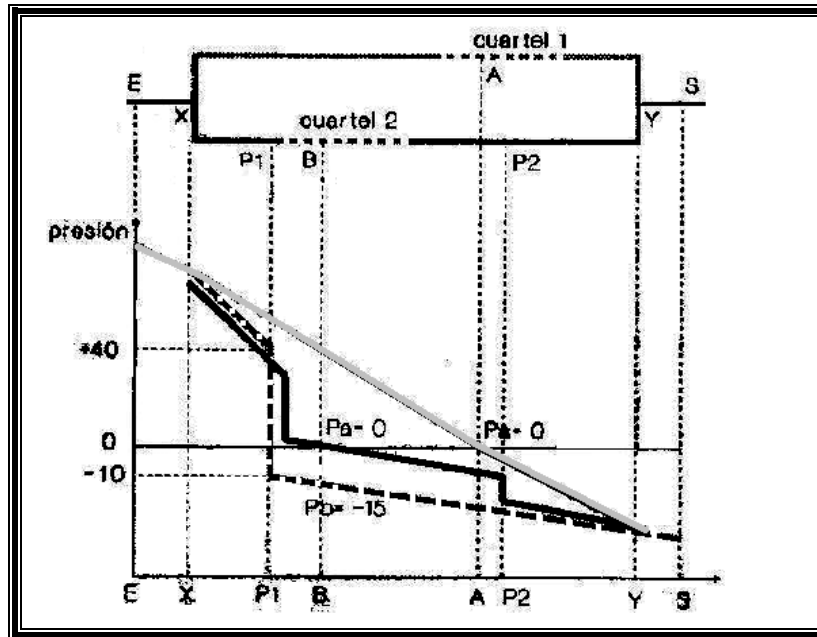


Figura 11.2. Doble puerta.

(Fuente: Simode, E. "Estabilización de la ventilación en caso de incendio en los trabajos subterráneos". Teoría de Budryk. Doct. SIMN3, Capítulo XIII).

Si se ha puesto esta puerta por encima de B los diagramas de presión en los dos circuitos son los que están sobre la gráfica.

Si se quiere igualar las presiones en A y en B basta con encuadrar B por dos puertas P_1 y P_2 . Habiendo medido la diferencia de presión Aab , de 15 mm por ejemplo, basta con regular las puertas para que P_1 cree una pérdida de carga H_p de $40 - 15 = 25$ mm y P_2 de 15 mm. La resistencia total introducida es la misma, el caudal permanece igual pero $p_a = p_b$. El nuevo diagrama en el circuito 2 está representado en rojo (—) sobre la gráfica.



3° Dispositivo Puerta-Ventilador Auxiliar (figura 11.3).

Se supone que sobre una misma derivación tenemos 2 cuarteles ventilados en serie y representado en violeta el diagrama de presiones. Queremos igualar las presiones en A y B . Bastaría con subir la de B , o bien con bajar la de A .

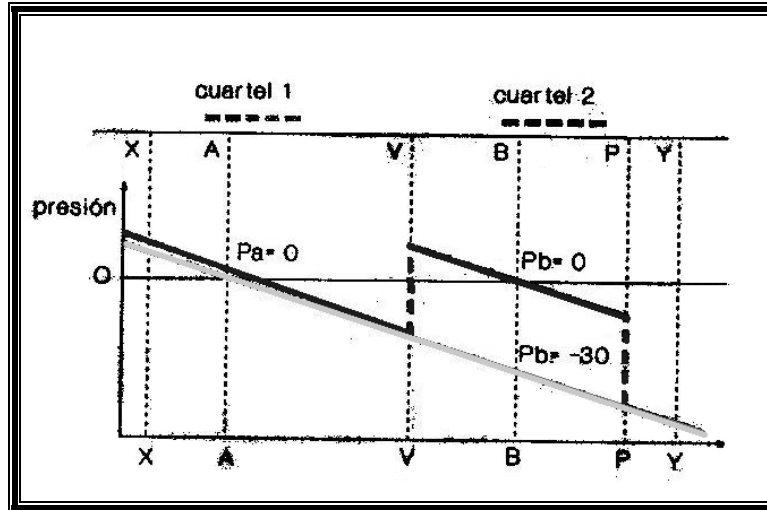



Figura 11.3. Puente de ventilación.

(Fuente: Simode, E. "Estabilización de la ventilación en caso de incendio en los trabajos subterráneos". Teoría de Budryk. Doct. SIMN3, Capítulo XIII).

Para subir la presión de B , instalamos encima de B un ventilador (o un grupo): Dando un caudal ligeramente superior al caudal reinante en el circuito y una curva característica muy horizontal de forma que una variación de presión importante no dé más que una débil variación de caudal.

Este ventilador sopla a través de una barrera prevista de una puerta con postigo. Delante de B se pone una puerta igualmente con postigo. Regulando los dos postigos se puede aumentar la presión de forma considerable entre ventilador y puerta, sin modificar sensiblemente el caudal. Se iguala entonces sin dificultad la presión de B con la de A , sin modificar el régimen general de ventilación. El diagrama de presiones es entonces el señalado con rojo ().

Si por alguna razón es preferible bajar la presión A para alcanzar el equilibrio, se invertirá el dispositivo; puerta encima y ventilador debajo.

11.2.6.1.3. ¿Dónde se debe equilibrar?

A continuación se exponen una serie de esquemas entre otros, que muestran dónde se pueden localizar circuitos parásitos susceptibles de cebar un fuego.



a) *Comunicación, cuartel (frente de trabajo)-antiguas labores.*

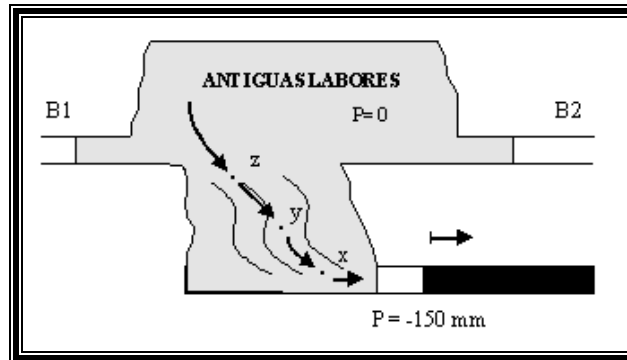


Figura 11.4. Comunicación cuartel-antiguas labores.
(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).

Supongamos antiguos trabajos cuidadosamente tabicados. En este recinto reina la presión barométrica, y no comunica nada más que con la superficie, por antiguos pozos, coladeros, galerías en pendiente y las fisuras microscópicas que no son localizables; los deterioros de superficie prueban bien esta fisuración.

Si 50 ó 100 m más abajo abrimos una explotación, un tajo en dirección por ejemplo donde reina la presión 150 mm llega un momento en que las fisuras que él crea, junta o comunican antiguas labores. El fuego puede también declararse tanto en X como en Y o en Z. Remedio: Dispositivo n°1 (2 ventiladores principales), si se puede o dispositivo n° 3 (ventilador-puerta).

b) *Comunicación entre cuarteles por antiguos trabajos.*

Una vieja galería en roca puede facilitar el paso de aire a gran distancia. Remedio: Dispositivos 2) y 3).

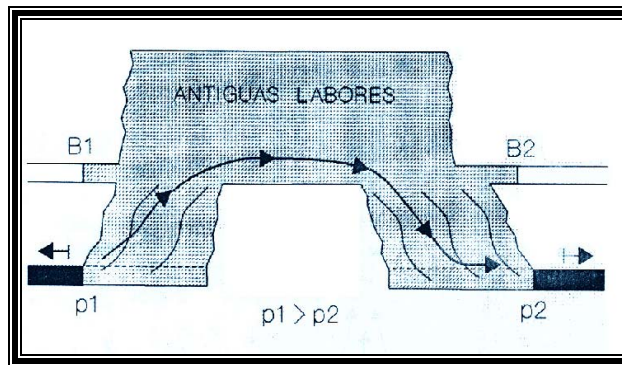


Figura 11.5. Comunicación entre cuarteles por antiguos labores.
(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).

c) *Comunicación entre tajos vecinos.*

Supongamos dos capas vecinas que se explotan por tajos en dirección a unos 100 ó 200 m de distancia. Supongamos incluso que:

- La capa 2 es bastante potente, la resistencia del tajo es R_2 y el caudal Q_2 . La pérdida de carga debida al tajo es $H_2 = R_2 \cdot Q_2$.



- La capa 1 es estrecha, la resistencia del tajo es bastante más grande $R_1 = 2R_2$ por ejemplo. El caudal con motivo del grisú debe ser más fuerte $Q_1 = 1.5Q_2$.

La pérdida de carga debido al tajo 1 es:

$$H_1 = R_1 Q_1 = 2R_2 \times (1.5Q_2) = 4.5R_2 Q_2$$

$$H_1 = 4.5H_2$$

Fijemos ideas tomando $H_2 = 6\text{mm}$ el valor es de $H_1 = 27\text{mm}$. Podemos despreciar las pérdidas de carga en las galerías, ya que son muy débiles.

Como las presiones en la extremidad de los dos circuitos son las mismas, para obtener los caudales Q_1 y Q_2 es preciso poner sobre el circuito 2 una puerta P dando una pérdida de carga de:

$$27 - 6 = 21 \text{ mm}$$

- Es importante elegir la ubicación de la puerta P :

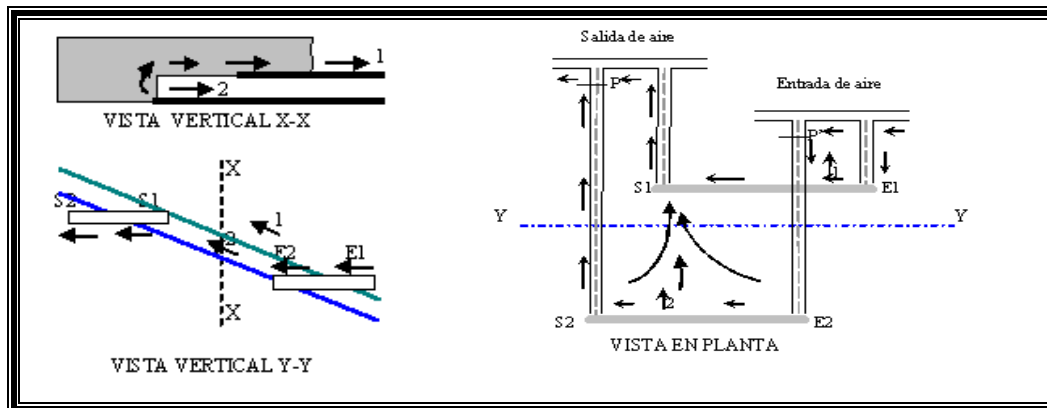


Figura 11.6. Comunicación entre tajos vecinos.

(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).

Suponiendo que esta puerta P la hayamos colocado después del tajo 2, vemos que:

- Las presiones en E_1 y E_2 son las mismas.
- La diferencia de presión entre E_2 y S_1 es de 27 mm, con lo que se originarán circuitos en el hundimiento entre estos dos puntos.

Si colocamos esta puerta en P' antes del tajo 2:

- La diferencia de presión entre E_1 y E_2 es de 21 mm, lo cual no es precisamente lo mejor.

Repartiendo estos 21 mm entre P y P' : 7,5 mm en P , 13,5 mm en P' , obtenemos 13, de diferencia a la red entre E_1 E_2 y E_2 S_1 . Este desequilibrio es admisible cuando los tajos marchan, porque los circuitos de fuga varían todos los días. El riesgo se agrava cuando se detienen. Pero entonces se puede disminuir el caudal en 1.



En este caso, poner un solo freno sea detrás, sea delante, de este tajo sería un error; es preciso repartirlo de una parte y otra del tajo. Se puede así obtener un equilibrio en casi 3 ó 4 mm, lo que es muy bueno a título preventivo.

Si se considera todavía insuficiente, se puede poner un único ventilador en medio del tajo 1, que disminuyendo la presión en E_1 y aumentándolo en S_1 permita obtener un equilibrio perfecto entre los tres puntos E_1 , E_2 y S_1 .

d) *Fuegos de paramento.*

Por hipótesis, el calentamiento es alimentado por circuitos de fuga que circulan en el paramento de una galería AB, que se supone horizontal para simplificar la exposición, despreciando la influencia de la pendiente. Sea q el caudal que circula en la galería; entre dos puntos cualesquiera, las diferencias de carga son proporcionales a q^2 ; para reducirlos y para reducir los caudales de fuga que les son sensiblemente proporcionales, basta con reducir q ; en minas grisuosas es necesario siempre que el caudal sea suficiente para evitar la elevación peligrosa del contenido en grisú.

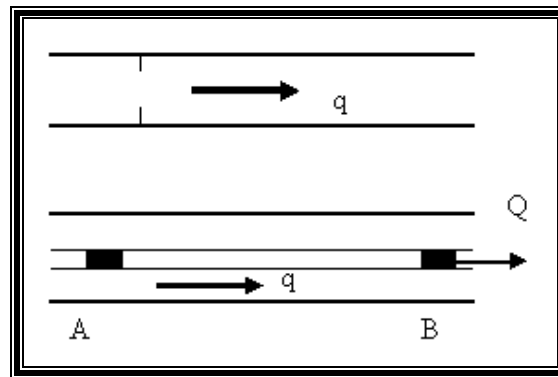


Figura 11.7. Reducción de la pérdida de carga a lo largo de una galería.
(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).

- i. Si el caudal en la galería puede disminuirse sin inconveniente teniendo en cuenta las necesidades de aire atrás o delante, es suficiente colocar un freno de ventilación reduciendo el caudal al valor deseado.
- ii. Pero en general es un caudal superior ($Q + q$) que debe circular entre A y B; es necesario en este caso instalar en la galería una canalización de ventilación secundaria, equipada de un ventilador desarrollando una fuerza aeromotriz v , y por la cual pasa un caudal Q .

Entre A y B, suponiéndose despreciable la influencia de la pendiente, la variación de presión es: En la galería: $PA - PB = rq_2$.

➤ En la canalización de ventilación secundaria: $PA - PB = RQ_2 - v$.

Se ajustará la resistencia R por medio de un registro, teniendo en cuenta la curva característica del ventilador, de forma de obtener el resultado deseado.



e) *Fuegos de macizo.*

En el caso de un fuego de macizo, las zonas a y b, extremidades de los circuitos de fuga se sitúan:

- En dos galerías de ventilación.
- En una galería de ventilación y un pozo de circulación de aire parásito.
- En una galería de ventilación y la superficie, si los trabajos son de pequeña profundidad.

Entre las extremidades A y B de un circuito de fugas, la variación de presión es:

$$PA - PB = DI = DJ$$

- DI representa el término $\int pgdz$ que depende del desnivel y de la densidad del aire del circuito; no se puede hacer nada para modificarlo.
- DJ representa las pérdidas de carga; se pueden reducir e incluso anular modificando PA o PB en el sentido deseado.

En algunos casos es posible actuar sobre la diferencia $PA - PB$ desplazando ciertas puertas reguladoras de ventilación o modificando los caudales en las galerías de ventilación entre A y B; más generalmente, se puede modificar la presión p entre dos puntos M y N de una galería, sin modificar el caudal, asociando la acción de una puerta con postigo y la de una barrera atravesada por una canalización equipada de ventilador; el aire circulando de M hacia N:

- Se aumenta la presión p colocando el ventilador en M y la puerta de postigo en N; es lo que conviene hacer si MN es una zona de retorno de corrientes de fuga.
- Se disminuye p por la disposición inversa; es lo que conviene hacer si MN es una zona de partida de corrientes de fuga.

Las dos medidas tienen la misma influencia sobre las fugas, se pone una u otra en funcionamiento siguiendo las condiciones locales:

- Si una de las vías a y b, extremidades de los circuitos de fuga es la única accesible, o la única conocida, su elección es obligada.
- Si dos galerías a y b son accesibles, se escoge aquella en que la colocación de las barreras necesarias es menos costosa.
- El montaje a realizar, sobrepresión o depresión, viene entonces impuesto por el sentido de las corrientes de fuga.

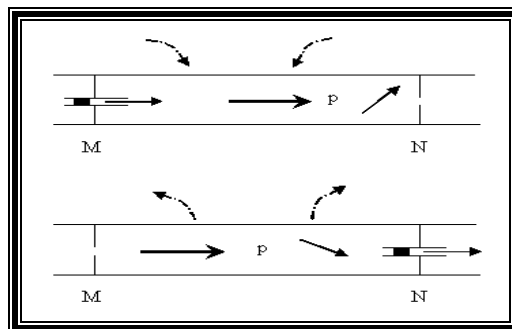


Figura 11.8. Acción bajo la presión en una galería.

(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).



Pero la carga de aire no es constante a lo largo de las galerías a y b; si las diferencias de carga se anulan entre las zonas medias de estas galerías, ellas no existen cuando se separan: las corrientes de fuga subsisten, pero reducidas en la misma proporción que las diferencias de carga e invertidas en ciertas zonas.

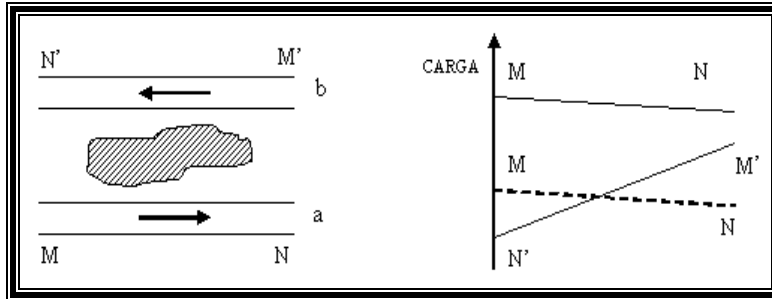


Figura 11.9. Igualación de cargas entre dos galerías.
(Fuente: Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques).

A título de ejemplo, la figura 11.9 esquematiza la evolución de la carga entre dos galerías paralelas donde el aire circula en sentido inverso:

- En trazo lleno (—) antes de toda medida de equilibrado de cargas.
- En trazado interrumpido (- - -) después de la reducción de la carga en la galería a.

Por equilibrado de cargas, las corrientes de fuga no son pues totalmente suprimidas, pero la actividad del foco es reducida y su progresión detenida; pudiéndose así ganar un tiempo precioso, por ejemplo para acabar sin riesgos la explotación de un panel, o recuperar el material.

11.2.7. La lucha contra fuegos mediante la construcción de tabiques de presión nula.

Un método eficaz y práctico para extinguir fuegos ocultos es la construcción de tabiques de presión nula. El método fue introducido en las minas de Andorra (Teruel) por los técnicos soviéticos y lo cita A. Novitzky en su libro de Ventilación de Minas. Se utilizó también con éxito en las minas de Asturias.

La figura 11.10 representa su esquema y construcción.

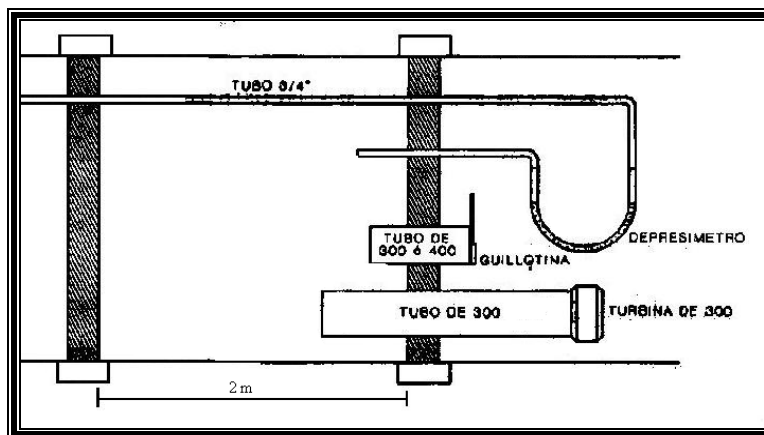


Figura 11.10. Tabique de presión nula.
(Fuente: Marvy, A. "Un procedé original a lutte contre l'incendie en travaux miniers souterrains").



Tiene como fin crear una depresión en la corriente de entrada, cerca de los tabiques de cierre y una sobrepresión en la corriente de salida, con lo cual se corta la entrada y la salida del aire del campo del incendio.

Para ello es preciso construir dos tabiques, a ser posible de bloque, separados entre 2 y 5 m, entre los que se crea una cámara de presión. En el del lado de aire fresco se instalan dos tubos, uno para acoplar un ventilador y el otro con una guillotina para regular el paso de aire y la presión en la cámara.

Un manómetro controla la depresión entre el lado del incendio y la cámara de presión de manera que se igualen y el manómetro marque cero. La presión del lado del fuego, debe ser 1 ó 2 mm mayor que en el lado de la entrada de aire.

Debe controlarse la lectura del manómetro, actuando sobre la guillotina si se desequilibra la columna, prestando especial atención cuando se produzcan variaciones de la presión barométrica.

11.2.8. Seguridad en las intervenciones de lucha.

1° Cuando un fuego no puede ser extinguido por medio de las medidas mencionadas en los párrafos precedentes:

- Puede permanecer aislado en zonas inaccesibles, y el único medio de hacerlo es construir barreras o inertizar por medio de los métodos ya descritos.
- Puede desembocar sobre una galería abierta, llegar a ser extremadamente violento y degenerar en incendio; los dispositivos a adoptar en este caso, o cuando esta evolución es de temer, son propios de la lucha contra incendios.

2° El peligro de un fuego, antes de que sea apagado, o que el efecto de la lucha no sea patente, resulta sobre todo de la presencia de óxido de carbono en el retorno de aire, la seguridad de los equipos de intervención que en este caso son utilizados se fundamenta esencialmente sobre el conocimiento de los efectos del monóxido de carbono:

- El control permanente de los contenidos en CO (analizadores continuos y manuales)
- La utilización eventual de aparatos respiratorios.
 - a) Dispuestos para su utilización si el contenido sobrepasa las 100 ppm - utilizados si el contenido sobrepasa las 300 ppm.

3° Ciertas intervenciones exigen precauciones suplementarias:

- Si se trabaja en una galería en la que el fuego amenaza con llegar, es bueno seguir su progresión por medidas de temperatura de pared.
- En el caso de ataque directo de un fuego incandescente:
 - a) Evitar proyectar agua sobre el carbón incandescente.
 - b) Mantener una corriente de aire bastante viva para separar del fuego los gases de destilación y el gas de agua que pueda formarse.
- En caso de inertización local, controlar los caminos de retorno del nitrógeno en la ventilación general:
 - a) El caudal de nitrógeno es normalmente demasiado débil para que una dilución homogénea en la ventilación general sea molesta.
 - b) Pero localmente un flujo excesivo de nitrógeno puede hacer el aire irrespirable.



11.3. Consideraciones sobre los agentes extintores más frecuentemente utilizados en la lucha contra el fuego.

11.3.1. El agua.

El agente extintor más barato es el agua, que es, además, uno de los más eficaces debido a su elevado calor latente de vaporización. Puede emplearse inyectándola en la capa o regando las superficies externas. Sin embargo su uso implica ciertos inconvenientes, como son la posible proyección de partículas incandescentes la interacción con equipos eléctricos o la generación de grandes cantidades de vapor de agua, que puede poner en peligro al equipo de rescate y que puede dar lugar a la formación de gases explosivos ($\text{CO} + \text{H}_2$) si el vapor caliente entra en contacto con la masa de carbón incandescente.

Los efectos extintores del agua se basan en las siguientes propiedades físicas:

- A temperaturas normales es un líquido pesado y relativamente estable, desde el punto de vista químico. Su calor específico es de 1 cal/kg.
- Su calor latente de vaporización es de 537 cal/kg a 0 °C.

Básicamente, el agua puede apagar el fuego por emulsión (dilución del combustible), por ahogo (dilución de agente oxidante) y, principalmente, por enfriamiento (eliminación del calor).

Con la extinción por enfriamiento, la cantidad de calor absorbido es función del calor latente de evaporación así como de la superficie específica. A mayor superficie por unidad de volumen, mayor vaporización y mayor absorción de calor.

Empleando, para extinguir un fuego, 1 kg de agua a 15 °C aplicado en forma de chorro pleno (hipótesis), admitiendo que alcanza los 100 °C, el calor absorbido será de 85 cal. Pero si este mismo kg de agua se vaporiza, previa pulverización del agua, el calor absorbido será de las 85 cal. más 537 cal. de vaporización, que hacen un total de 662 cal. Lo que representa que, con la pulverización del agua, el rendimiento extinto es 7.3 veces superior que con chorro pleno.

La cantidad de calor absorbido es proporcional a la superficie específica del líquido. Así 1 litro de agua en forma esférica presenta una superficie de 0.048 m², si se pulveriza en gotas de 1 mm de diámetro medio, la superficie obtenida es de unos 6 m² (125 veces mayor) y, si el diámetro medio de las gotas se reduce a 0,1 mm la superficie total es de unos 60 m² (1,250 veces mayor).

Se ha encontrado que el diámetro óptimo de la gota está comprendido entre 0.35 mm y 1 mm conjugando el poder refrigerante con una buena capacidad de proyección, ya que las gotas han de ser lo suficientemente grandes para vencer la resistencia del aire, la gravedad y las corrientes de aire (corrientes de convección producidas por el fuego, así como el posible viento reinante).

Las propiedades extintoras del agua pueden ser mejoradas mediante empleo de otros agentes que le confieren propiedades especiales que la hacen más apta para determinados fuegos. Tales aditivos son: anticongelantes, surfactantes y aglutinantes.



En efecto, una forma de conseguir el enfriamiento y, a la vez, disminuir los huecos abiertos en la capa en la zona de fuego es mediante la inyección de barro, especialmente si no se tiene acceso directo al foco de calor. Tiene la ventaja adicional de favorecer la consolidación de los pilares y protegerlos del fuego. La técnica es básicamente la misma que se usa al inyectar agua, sólo que ahora se le añaden sólidos de pequeño tamaño (arena, cenizas) en una proporción tal que no quede ni muy espeso, para que pueda entrar en las fisuras y grietas, ni muy líquido, para que quede retenido. Una proporción adecuada puede ser de diez partes de agua por una de sólidos.

Otra posible solución para evitar la propagación de un fuego, especialmente si no abarca una extensión muy grande, es el empleo de ciertos agentes extintores. Estos pueden ser líquidos, como son las disoluciones de algunas sales (NaHCO_3 , NaCl , NH_4Cl , CaCl_2 , NH_4 , 2HPO_4), pueden ser de tipo espuma, normal o de expansión, o pueden ser pulverulentos, como NaHCO_3 , KHCO_3 o $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Existen también extintores a base de derivados halogenados de hidrocarburos, llamados haluros, cuyo uso en la mina es prácticamente nulo debido a su elevado precio y a la posibilidad de formación de gases tóxicos.

11.3.2. Las espumas.

Las espumas están formadas por un conjunto de burbujas de aire o gas producidas por agitación de soluciones acuosas y cuya densidad relativa es inferior a la del más ligero de los líquidos inflamables. Su efecto extintor principal se basa en la separación física entre el combustible y el aire.

Se dividen en espumas químicas y espumas físicas.

11.3.2.1. Espumas químicas.

Prácticamente han caído en desuso, pues producen corrosión sobre los equipos o productos en que se aplican habiendo sido casi totalmente desplazadas por las espumas físicas.

Se obtienen por reacción de dos soluciones, una ácida y otra alcalina. El gas producido, CO_2 , lleva las burbujas de espumas. Normalmente, los compuestos empleados son sulfato de aluminio y bicarbonato sódico. Su relación de expansión oscila entre 7 a 1 y 16 a 1, esto es de 7 a 16 veces el volumen de las soluciones originales.

11.3.2.2. Espumas físicas.

La mezcla de un agente espumógeno con agua da origen al espumante, el cual, al incorporarle aire por medios mecánicos creando turbulencia, produce la espuma.

Las proporciones de espumógeno/agua y espumante/aire para la formación de espumas, vienen definidas por el diseño y operación del equipo generador propiamente dicho, llamado también proporcionador en algunos casos.

Las espumas se clasifican en de baja, media y alta expansión, según coeficientes de expansión obtenidos (relación volumen de espuma/volumen de espumante). Las de baja expansión tienen un coeficiente de 5:1 hasta 25:1, las de media expansión de 30:1 hasta 150:1 y las de alta expansión desde 200:1 en adelante.



Los espumógenos pueden subdividirse en:

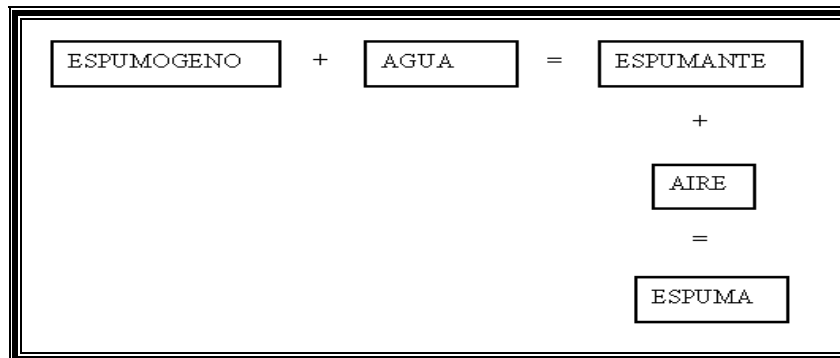
- Espumógenos no proteínicos, fabricados a partir de diversos productos, como albúminas, etc., con incorporación de sales metálicas polivalentes para conferir resistencia térmica y mecánica a las espumas.
- Espumógenos proteínicos, fabricados mediante hidrolización de proteínas animales o vegetales, con aditivos similares a los no proteínicos.
- Espumógenos fluoroproteínicos, de base semejante a los proteínicos y caracterizados por una mayor efectividad frente al fuego.

Existen también otros tipos de espumógenos concebidos para trabajar en circunstancias especiales (bajas temperaturas, en presencia de polvo químico seco, etc.).

Normalmente los espumógenos no deben mezclarse, pues suele producirse la precipitación del compuesto activo y, por tanto, el deterioro del espumógeno.

Las espumas de gran expansión son muy adecuadas para actuar por inundación en espacios cerrados. Su alto coeficiente de expansión (hasta 1.000:1) y su fluidez permite su derrame hasta lugares inaccesibles para manguera. Sus principales efectos son:

- Aislamiento del aire con relación al fuego.
- Dilución de la concentración de oxígeno.
- Refrigeración al vaporizarse el agua que contienen.
- Aislamiento contra el calor.



(Fuente: López, Juan. Blasco, José. "Curso de Prevención de Riesgos Laborales". Segunda edición Valencia España Ed. Tirant Lo Blanch.. 1999).



Capítulo 12

Conclusiones y recomendaciones.

- 12.1. Conclusiones.
- 12.2. Recomendaciones.



Como colofón a este trabajo, es motivo de este capítulo resumir, en una serie de breves puntos, lo que a lo largo del mismo se ha podido comprobar y determinar, hechos que, a modo de conclusiones y recomendaciones, pretenden servir de un apoyo confiable, real y práctico para **Minerales Monclova, S.A. de C.V.** (MIMOSA); a saber:

12.1. Conclusiones.

- Se llevó a buen fin el trabajo de investigación al alcanzar con éxito los objetivos fijados al inicio de éste.
- A lo largo de este trabajo se presenta y propone (para futuros estudios prácticos) una metodología técnica que permite determinar la susceptibilidad de los carbones al autocalentamiento espontáneo en una zona limitada a fin de saber qué tan riesgosa es. Así, la valorización cuantitativa del riesgo de fuego en la frente larga de investigación (5 Ote.) se llevó a cabo a través de la aplicación y comparación de tres metodologías distintas, las cuales consideran y engloban las características naturales de la hulla (bituminosa) en estudio, así como las del método de explotación, asignándoles un valor numérico (cuantitativo) a cada una de ellas. Así, la experiencia comprobada, junto a la amplia bibliografía consultada, permite concluir que es el método “S.E.S.” el más confiable de los tres considerados (“Cuadro de riesgo” e “Índice de riesgo”). No obstante lo anterior, el resultado de cada uno de los tres métodos coinciden en determinar el riesgo de incendio en la frente larga de investigación como “**medio**”, lo cual da una garantía absoluta al trabajo.
- El estudio, realizado a profundidad y con rigor técnico, de la legislación mexicana vigente en el ámbito de la prevención de riesgos laborales y, concretamente en materia de prevención y protección contra incendios dentro de la minería de carbón, ha llevado al análisis detallado de la norma NOM-023-STPS-2003, “*Trabajos en minas- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo*” (misma que entró en vigor el 31 de marzo de 2004), concretamente el de sus apéndices E y N (“*Prevención y Protección Contra Incendios*” y “*Minas Subterráneas de Carbón*” respectivamente). Así, se concluye que la citada norma carece de una profundidad técnica acorde a las nuevas tecnologías, no advierte una secuencia lógica de prevención – protección – control del riesgo específico en cada causa de riesgo tratada y no establece ningún procedimiento metodológico técnico – científico que permita homogeneizar y normar la evaluación del riesgo de fuego en capas carboníferas en una mina subterránea carbonífera.
- Durante la fase de diseño - ingeniería de la frente de trabajo y, en sí, de la totalidad de la explotación, no se consideraron –en términos absolutos- las técnicas de prevención de este riesgo específico, si bien es cierto que el potencial riesgo de generación de un fuego (incendio) en la explotación minera analizada si fue previsto, a juzgar por las técnicas de protección y control de éste implementadas y observadas en la unidad minera.
- La diferente información técnica de ingeniería - producción (planos, diagramas, datos, etc.) con que se cuenta y la cual se requiere, sin lugar a duda, para este tipo de estudios de investigación, se muestra como inexacta, contradictoria en algunos casos y no actualizada (en términos de los constantes y permanentes cambios que acontecen en la explotación minera, propias del avance extractivo).



- Los sistemas de los servicios en el interior de la mina requieren de unos programas más amplios y rigurosos de mantenimiento correctivo y preventivo.

12.2. Recomendaciones.

- 1º. Llevar a cabo un “*estudio de riesgos*” en la fase de diseño e ingeniería; por ejemplo, realizar los cálculos para el diseño de la fortificación, considerando el grado de seguridad derivado de la evaluación específica del riesgo de fuego; lo anterior con la finalidad de mantener – garantizar, o alargar en el tiempo, la estabilidad en las galerías durante un incendio, ya que el carbón durante su combustión se transforma en cenizas (material sumamente deleznable), provocando u debilitamiento estructural.
- 2º. Ampliar y generalizar a cada unidad minera de la empresa (y, por supuesto, a cada frente de trabajo) el análisis de riesgo, haciendo de obligado uso la puesta en práctica de las técnicas prevencionistas, adaptando las de protección y control a los resultados desprendidos del citado análisis.
- 3º. Analizar, desde el punto de vista de resistencia al fuego, los materiales, equipos y maquinaria que se usarán (o que se usan), como insumos, en la futura explotación minera, tales como rozadoras, rodillos, bandas transportadoras, arcos y vigas de acero, entre otros.
- 4º. Mantener al día los planos y demás información crítica que indiquen la organización integral del sistema de lucha contra incendios (ubicación de extintores, hidrantes, etc.), así como una situación real de los demás servicios de la mina según el avance puntual de la propia explotación.
- 5º. Incrementar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos existentes destinados al control de incendios (hidrantes, extintores, motores, etc.), de ventilación (motores eléctricos, mangas, ductos mariposa, etc.) y del sistema eléctrico (empalmes de cables, transformadores, etc.).
- 6º. Capacitar:
 - A todo el personal en el uso de extintores e hidrantes en el interior de la mina, así como realizar simulacros de evacuación desde el interior de la mina. La capacitación debe extenderse al campo de la prevención, y no solo del control y de la protección contra el riesgo;
 - A personal encargado de la prevención del riesgo de fuego, proporcionando los medios requeridos para que su labor concluya con resultados positivos.
- 7º. Propiciar, a nivel de Empresa, un debate propositivo con las autoridades competentes y con el conjunto empresarial, que se oriente a la discusión, elaboración y publicación de normas y reglamentos oficiales que garanticen una mayor protección a los bienes de las empresas y al conjunto de los trabajadores de las minas de carbón mexicanas.



ANEXOS



ANEXO I

NEUMOCONIOSIS DEL MINERO.



NEUMOCONIOSIS DEL MINERO

Definición: Es una enfermedad respiratoria causada por la inhalación del polvo de carbón por períodos prolongados.

Nombres alternativos: Enfermedad del pulmón negro; pneumoconiosis.

Causas, incidencia y factores de riesgo: La neumoconiosis de los trabajadores del carbón se presenta en dos formas: simple y complicada (fibrosis masiva progresiva) y es causada por la inhalación del polvo de carbón. La forma simple normalmente no incapacita a la persona, pero la forma complicada sí. El hábito de fumar no aumenta la frecuencia de esta enfermedad, pero puede provocar un efecto perjudicial adicional sobre la función pulmonar. El riesgo de desarrollar la enfermedad se relaciona con la duración y magnitud de exposición al polvo del carbón. La mayoría de los trabajadores afectados tienen más de 50 años. La incidencia es de 6 por cada 100,000 personas.

Síntomas: Dificultad respiratoria y tos crónica.

Signos y exámenes: Radiografía de tórax y pruebas de la función pulmonar.

Tratamiento: No hay ningún tratamiento específico para este trastorno que no sea el tratamiento de las complicaciones. Se recomienda evitar la exposición extensa al polvo del carbón.

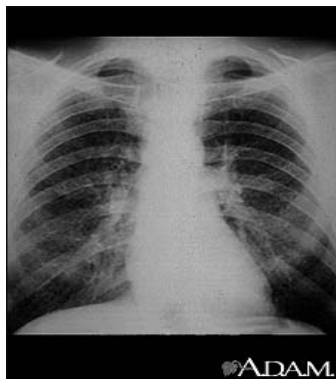
Expectativas (pronóstico): Por lo general, el resultado de la forma simple de esta condición es satisfactorio; sin embargo, la forma complicada puede convertirse en una enfermedad incapacitante.

Complicaciones: Cor pulmonale (insuficiencia cardíaca derecha) y tuberculosis pulmonar.

Situaciones que requieren asistencia médica: Se debe consultar al médico si se desarrollan síntomas que sugieren neumoconiosis en trabajadores del carbón.

Prevención: El respeto de los niveles máximos de polvo permitidos en los sitios de trabajo y el uso de máscaras protectoras son medidas preventivas usadas para minimizar la exposición laboral al polvo de carbón.

RADIOGRAFÍAS PULMONARES DE UN TRABAJADOR DE LA MINERÍA DEL CARBÓN.



Pulmones de un trabajador del carbón; Rayos X.

Esta radiografía de tórax muestra los pulmones de un minero. A ambos lados de los pulmones hay áreas difusas, pequeñas (de 1 a 3 mm cada una) y claras. Las enfermedades que pueden explicar estos hallazgos en una radiografía son la neumoconiosis del minero (NCM) etapa I, silicosis simple, tuberculosis miliar, histiocitosis X (granuloma eosinofílico) y otras enfermedades pulmonares infiltrativas difusas.

Neumoconiosis del minero, Etapa II.

Esta radiografía de tórax muestra la neumoconiosis del minero etapa II. A ambos lados del pulmón hay áreas difusas, pequeñas (de 2 a 4 mm cada una) y claras. Las enfermedades que pueden explicar estos hallazgos en una radiografía son la neumoconiosis del minero (NCM) etapa II, silicosis simple, tuberculosis diseminada, cáncer metastásico de pulmón y otras enfermedades pulmonares infiltrativas difusas.



Neumoconiosis del minero, Etapa II #2.

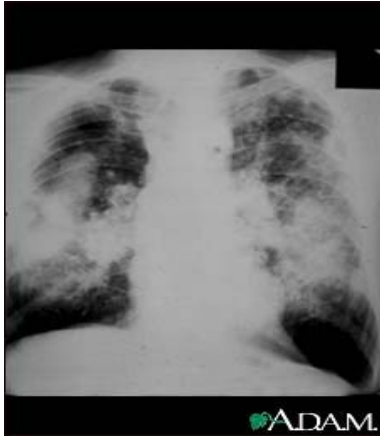


Esta radiografía de tórax muestra la neumoconiosis del minero etapa II. A ambos lados del pulmón hay áreas difusas, pequeñas (de 2 a 4 mm cada una) y claras. En la parte superior del pulmón derecho (al lado izquierdo de la imagen), hay un área clara (mide aproximadamente 2 x 4 cm), con bordes poco definidos que representa una unificación de áreas claras previamente diferenciadas. Las enfermedades que pueden explicar estos hallazgos en una radiografía son la neumoconiosis del minero (NCM) etapa II, silicotuberculosis, tuberculosis diseminada, cáncer metastásico de pulmón y otras enfermedades pulmonares infiltrativas difusas.

Neumoconiosis complicada del minero.

Esta imagen muestra la neumoconiosis complicada del minero. A ambos lados del pulmón hay áreas difusas, pequeñas (de 3 a 5 mm) y claras. Hay áreas claras grandes junto a los bordes poco definidos en la parte superior de ambos pulmones. Las enfermedades que pueden explicar estos hallazgos en una radiografía son la neumoconiosis complicada del minero (NCM), silicotuberculosis, tuberculosis diseminada, cáncer metastásico de pulmón y otras enfermedades pulmonares infiltrativas difusas.





Neumoconiosis en trabajadores del carbón; complicada #2.

Esta imagen muestra la neumoconiosis complicada del minero. En la parte superior y media de ambos pulmones, hay áreas difusas, masivas y claras que corren paralelas y están superpuestas a un fondo de pequeñas áreas claras, difusas y difíciles de distinguir, que cubren ambos pulmones. Las enfermedades que pueden explicar estos hallazgos en una radiografía son la neumoconiosis complicada del minero (NCM), silicotuberculosis, y cáncer metastásico de pulmón.

(Fuente: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus.htm>).



ANEXO II

FUNDAMENTOS LEGALES DE LA SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL EN MÉXICO.



LEY FEDERAL DEL TRABAJO.

- *Título Segundo: Relaciones Individuales de Trabajo.*
Capítulo IV Rescisión de las Relaciones de Trabajo.

Artículo 47

Son causas de rescisión de la relación de trabajo, sin responsabilidad para el patrón:

Fracción VII. Comprometer el trabajador, por su imprudencia o descuido inexcusable, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en el;

Fracción XI. Desobedecer el trabajador al patrón o a sus representantes, sin causa justificada, siempre que se trate del trabajo contratado;

Fracción XII. Negarse el trabajador a adoptar las medidas preventivas o a seguir los procedimientos indicados para evitar accidentes o enfermedades;

Fracción XIII. Concurrir el trabajador a sus labores en estado de embriaguez o bajo la influencia de algún narcótico o droga enervante, salvo que, en este último caso, exista prescripción médica. Antes de iniciar su servicio, el trabajador deberá poner el hecho en conocimiento del patrón y presentar la prescripción suscrita por el médico;

Artículo 51

Son causas de rescisión de la relación de trabajo, sin responsabilidad para el trabajador:

Fracción VII. La existencia de un peligro grave para la seguridad o salud del trabajador o de su familia, ya sea por carecer de condiciones higiénicas el establecimiento o porque no se cumplan las medidas preventivas y de seguridad que las leyes establezcan;

Fracción VIII. Comprometer el patrón, con su imprudencia o descuido inexcusables, la seguridad del establecimiento o de las personas que se encuentren en el;

- *Título Tercero: Condiciones de Trabajo.*
Capítulo II: Jornada de Trabajo.

Artículo 60

Jornada diurna es la comprendida entre las seis y las veinte horas.

Jornada nocturna es la comprendida entre las veinte y las seis horas.

Jornada mixta es la que comprende periodos de tiempo de las jornadas diurna y nocturna, siempre que el periodo nocturno sea menor de tres horas y media, pues si comprende tres y media o más, se reputará jornada nocturna.

Artículo 61

La duración máxima de la jornada será: ocho horas la diurna, siete la nocturna y siete horas y media la mixta.

Artículo 65

En los casos de siniestro o riesgo inminente en que peligre la vida del trabajador, de sus compañeros o del patrón, o la existencia misma de la empresa, la jornada de trabajo podrá prolongarse por el tiempo estrictamente indispensable para evitar esos males.

- *Título Cuarto: Derechos y Obligaciones de los Trabajadores y de los Patrones.*
Capítulo I Obligaciones de los Patrones.

Artículo 134

Son obligaciones de los trabajadores:

Fracción II. Observar las medidas preventivas e higiénicas que acuerden las autoridades competentes y las que indiquen los patrones para la seguridad y protección personal de los trabajadores;

Fracción VIII. Prestar auxilios en cualquier tiempo que se necesiten, cuando por siniestro o riesgo inminente peligren las personas o los intereses del patrón o de sus compañeros de trabajo;



Fracción X. Someterse a los reconocimientos médicos previstos en el reglamento interior y demás normas vigentes en la empresa o establecimiento, para comprobar que no padecen alguna incapacidad o enfermedad de trabajo, contagiosa o incurable;

Fracción XI. Poner en conocimiento del patrón las enfermedades contagiosas que padezcan, tan pronto como tengan conocimiento de las mismas;

Fracción XII. Comunicar al patrón o a su representante las deficiencias que adviertan, a fin de evitar daños o perjuicios a los intereses y vidas de sus compañeros de trabajo o de los patrones;

Artículo 135

Queda prohibido a los trabajadores:

Fracción I. Ejecutar cualquier acto que pueda poner en peligro su propia seguridad, la de sus compañeros de trabajo o la de terceras personas, así como la de los establecimientos o lugares en que el trabajo se desempeñe;

Fracción IV. Presentarse al trabajo en estado de embriaguez;

Fracción V. Presentarse al trabajo bajo la influencia de algún narcótico o droga enervante, salvo que exista prescripción médica. Antes de iniciar su servicio, el trabajador deberá poner el hecho en conocimiento del patrón y presentarle la prescripción suscrita por el médico;

Capítulo III Bis de la Capacitación y Adiestramiento de los Trabajadores.

Artículo 153-F

La capacitación y el adiestramiento deberán tener por objeto:

Fracción I. Actualizar y perfeccionar los conocimientos y habilidades del trabajador en su actividad; así como proporcionarle información sobre la aplicación de nueva tecnología en ella;

Fracción II. Preparar al trabajador para ocupar una vacante o puesto de nueva creación;

Fracción III. Prevenir riesgos de trabajo;

Fracción IV. Incrementar la productividad; y,

Fracción V. En general, mejorar las aptitudes del trabajador.

➤ *Titulo Noveno Riesgos de Trabajo.*

Artículo 472

Las disposiciones de este título se aplican a todas las relaciones de trabajo,

Artículo 473

Riesgos de trabajos son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

Artículo 474

Accidente de trabajo es toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste.

Artículo 475

Enfermedad de trabajo es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios.

Artículo 477

Cuando los riesgos se realizan pueden producir:

Fracción I. Incapacidad temporal;

Fracción II. Incapacidad permanente parcial;

Fracción III. Incapacidad permanente total; y

Fracción IV. La muerte.



Artículo 478

Incapacidad temporal es la pérdida de facultades o aptitudes que imposibilita parcial o totalmente a una persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo.

Artículo 479

Incapacidad permanente parcial es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar.

Artículo 480

Incapacidad permanente total es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que la imposibilita para desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida.

Artículo 483

Las indemnizaciones por riesgos de trabajo que produzcan incapacidades, se pagaran directamente al trabajador.

Artículo 484

Para determinar las indemnizaciones a que se refiere este título, se tomara como base el salario diario que perciba el trabajador al ocurrir el riesgo y los aumentos posteriores que correspondan al empleo que desempeñaba, hasta que se determine el grado de la incapacidad, el de la fecha en que se produzca la muerte o el que percibía al momento de su separación de la empresa.

Artículo 487

Los trabajadores que sufran un riesgo de trabajo tendrán derecho a:

- Fracción I. Asistencia médica y quirúrgica;
- Fracción II. Rehabilitación;
- Fracción III. Hospitalización, cuando el caso lo requiera;
- Fracción IV. Medicamentos y material de curación;
- Fracción V. Los aparatos de prótesis y ortopedia necesarios; y
- Fracción VI. La indemnización fijada en el presente título.

Artículo 488

El patrón queda exceptuado de las obligaciones que determina el artículo anterior, en los casos y con las modalidades siguientes:

- Fracción I. Si el accidente ocurre encontrándose el trabajador en estado de embriaguez;
 - Fracción II. Si el accidente ocurre encontrándose el trabajador bajo la acción de algún narcótico o droga enervante, salvo que exista prescripción medica y que el trabajador hubiese puesto el hecho en conocimiento del patrón y le hubiese presentado la prescripción suscrita por el medico;
 - Fracción III. Si el trabajador se ocasiona intencionalmente una lesión por si solo o de acuerdo con otra persona; y
 - Fracción IV. Si la incapacidad es el resultado de alguna riña o intento de suicidio.
- El patrón queda en todo caso obligado a prestar los primeros auxilios y a cuidar del traslado del trabajador a su domicilio o a un centro medico.

Artículo 489

No libera al patrón de responsabilidad:

- Fracción I. Que el trabajador explicita o implícitamente hubiese asumido los riesgos de trabajo;
- Fracción II. Que el accidente ocurra por torpeza o negligencia del trabajador; y
- Fracción III. Que el accidente sea causado por imprudencia o negligencia de algún compañero de trabajo o de una tercera persona.



Artículo 512-D

Los patrones deberán efectuar las modificaciones que ordenen las autoridades del trabajo a fin de ajustar sus establecimientos, instalaciones o equipos a las disposiciones de esta ley, de sus reglamentos o de los instructivos que con base en ellos expidan las autoridades competentes. Si transcurrido el plazo que se les conceda para tal efecto, no se han efectuado las modificaciones, la secretaria del trabajo y previsión social procederá a sancionar al patrón infractor, con apercibimiento de sanción mayor en caso de no cumplir la orden dentro del nuevo plazo que se le otorgue.

Si aplicadas las sanciones a que se hace referencia anteriormente, subsistiera la irregularidad, la secretaria, tomando en cuenta la naturaleza de las modificaciones ordenadas y el grado de riesgo, podrá clausurar parcial o totalmente el centro de trabajo hasta que se de cumplimiento a la obligación respectiva, oyendo previamente la opinión de la comisión mixta de seguridad e higiene correspondiente, sin perjuicio de que la propia secretaria adopte las medidas pertinentes para que el patrón cumpla con dicha obligación.

Cuando la secretaria del trabajo determine la clausura parcial o total, lo notificara por escrito, con tres días hábiles de anticipación a la fecha de la clausura, al patrón y a los representantes del sindicato. Si los trabajadores no están sindicalizados, el aviso se notificara por escrito a los representantes de estos ante la comisión mixta de seguridad e higiene.

➤ *Titulo décimo sexto responsabilidades y sanciones.*

Artículo 992

Las violaciones a las normas de trabajo cometidas por los patrones o por los trabajadores, se sancionaran de conformidad con las disposiciones de este titulo, independientemente de la responsabilidad que les corresponda por el incumplimiento de sus obligaciones.

La cuantificación de las sanciones pecuniarias que en el presente titulo se establecen, se hará tomando como base de calculo la cuota diaria de salario mínimo general vigente, en el lugar y tiempo en que se cometa la violación.

Fuente: Trueba Urbina, Alberto; Trueba Barrena, Jorge; "Ley Federal del Trabajo".
<http://www.tareaweb.com/data/leyes/leyinfo/133/22.htm>

LEY DEL SEGURO SOCIAL.

CAPITULO III: Del seguro de riesgos de trabajo.

Sección Primera Generalidades.

Artículo 41

Riesgos de trabajo son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

Artículo 42

Se considera accidente de trabajo toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior; o la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualquiera que sea el lugar y el tiempo en que dicho trabajo se preste.

También se considerará accidente de trabajo el que se produzca al trasladarse el trabajador, directamente de su domicilio al lugar del trabajo, o de éste a aquél.

Artículo 43

Enfermedad de trabajo es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo, o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios. En todo caso, serán enfermedades de trabajo las consignadas en la Ley Federal del Trabajo.



Artículo 44

Cuando el trabajador asegurado no esté conforme con la calificación que del accidente o enfermedad haga el Instituto de manera definitiva deberá interponer el recurso de inconformidad. En el supuesto a que se refiere el párrafo anterior, entre tanto se tramita el recurso o el juicio respectivo, el Instituto otorgará al trabajador asegurado o a sus beneficiarios legales las prestaciones a que tuvieran derecho en los seguros de enfermedades y maternidad o invalidez y vida, siempre y cuando se satisfagan los requisitos señalados por esta Ley.

En cuanto a los demás seguros se estará a lo que se resuelva en la inconformidad o en los medios de defensa establecidos en el artículo 294 de esta Ley.

Artículo 45

La existencia de estados anteriores tales como discapacidad física, mental o sensorial, intoxicaciones o enfermedades crónicas, no es causa para disminuir el grado de la incapacidad temporal o permanente, ni las prestaciones que correspondan al trabajador.

Artículo 46

No se considerarán para los efectos de esta Ley, riesgos de trabajo los que sobrevengan por alguna de las causas siguientes:

- I. Si el accidente ocurre encontrándose el trabajador en estado de embriaguez;
- II. Si el accidente ocurre encontrándose el trabajador bajo la acción de algún psicotrópico, narcótico o droga enervante, salvo que exista prescripción suscrita por médico titulado y que el trabajador hubiera exhibido y hecho del conocimiento del patrón lo anterior;
- III. Si el trabajador se ocasiona intencionalmente una incapacidad o lesión por sí o de acuerdo con otra persona;
- IV. Si la incapacidad o siniestro es el resultado de alguna riña o intento de suicidio, y
- V. Si el siniestro es resultado de un delito intencional del que fuere responsable el trabajador asegurado.

Artículo 47

En los casos señalados en el artículo anterior se observarán las reglas siguientes:

- I. El trabajador asegurado tendrá derecho a las prestaciones consignadas en el seguro de enfermedades y maternidad o bien a la pensión de invalidez señalada en esta Ley, si reúne los requisitos consignados en las disposiciones relativas, y
- II. Si el riesgo trae como consecuencia la muerte del asegurado, los beneficiarios legales de éste tendrán derecho a las prestaciones en dinero que otorga el presente capítulo. Por lo que se refiere a las prestaciones en especie de enfermedades y maternidad, éstas se otorgarán conforme al capítulo IV de este Título.

Artículo 48

Si el Instituto comprueba que el riesgo de trabajo fue producido intencionalmente por el patrón, por sí o por medio de tercera persona, el Instituto otorgará al asegurado las prestaciones en dinero y en especie que la presente Ley establece y el patrón quedará obligado a restituir íntegramente al Instituto las erogaciones que éste haga por tales conceptos.

Artículo 49

En los términos establecidos por la Ley Federal del Trabajo, cuando el asegurado sufra un riesgo de trabajo por falta inexcusable del patrón a juicio de la Junta de Conciliación y Arbitraje, las prestaciones en dinero que este capítulo establece a favor del trabajador asegurado, se aumentarán en el porcentaje que la propia Junta determine en laudo que quede firme. El patrón tendrá la obligación de pagar al Instituto el capital constitutivo sobre el incremento correspondiente.

Artículo 50

El asegurado que sufra algún accidente o enfermedad de trabajo, para gozar de las prestaciones en dinero a que se refiere este capítulo, deberá someterse a los exámenes médicos y a los tratamientos que determine el Instituto, salvo cuando exista causa justificada. El Instituto deberá dar aviso al patrón cuando califique de profesional algún accidente o enfermedad.



Artículo 51

El patrón deberá dar aviso al Instituto del accidente o enfermedad de trabajo, en los términos que señale el reglamento respectivo.

Los beneficiarios del trabajador incapacitado o muerto, o las personas encargadas de representarlos, podrán denunciar inmediatamente al Instituto el accidente o la enfermedad de trabajo que haya sufrido. El aviso también podrá hacerse del conocimiento de la autoridad de trabajo correspondiente, la que, a su vez, dará traslado del mismo al Instituto.

Artículo 52

El patrón que oculte la realización de un accidente sufrido por alguno de sus trabajadores durante su trabajo o lo reporte indebidamente como accidente en trayecto, se hará acreedor a las sanciones que determine esta Ley y el reglamento respectivo.

Artículo 53

El patrón que haya asegurado a los trabajadores a su servicio contra riesgos de trabajo, quedará relevado en los términos que señala esta Ley, del cumplimiento de las obligaciones que sobre responsabilidad por esta clase de riesgos establece la Ley Federal del Trabajo.

Artículo 54

Si el patrón hubiera manifestado un salario inferior al real, el Instituto pagará al asegurado el subsidio o la pensión a que se refiere este capítulo, de acuerdo con el salario en el que estuviese inscrito, sin perjuicio de que, al comprobarse su salario real, el Instituto le cubra, con base en éste la pensión o el subsidio.

En estos casos, el patrón deberá pagar los capitales constitutivos que correspondan a las diferencias que resulten, incluyendo el cinco por ciento por gastos de administración sobre el importe de dicho capital, como parte integrante del mismo.

Artículo 55

Los riesgos de trabajo pueden producir:

- I. Incapacidad temporal;
- II. Incapacidad permanente parcial;
- III. Incapacidad permanente total, y
- IV. Muerte.

Se entenderá por incapacidad temporal, incapacidad permanente parcial e incapacidad permanente total, lo que al respecto disponen los artículos relativos de la Ley Federal del Trabajo.

Sección Sexta: De la Prevención de Riesgos de Trabajo.

Artículo 80

El Instituto está facultado para proporcionar servicios de carácter preventivo, individualmente o a través de procedimientos de alcance general, con el objeto de evitar la realización de riesgos de trabajo entre la población asegurada.

En especial, el Instituto establecerá programas para promover y apoyar la aplicación de acciones preventivas de riesgos de trabajo en las empresas de hasta cien trabajadores.

Artículo 81

El Instituto se coordinará con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, de las entidades federativas y concertará, en igual forma, con la representación de las organizaciones de los sectores social y privado, con el objeto de realizar programas para la prevención de los accidentes y las enfermedades de trabajo.

Artículo 82

El Instituto llevará a cabo las investigaciones que estime convenientes sobre riesgos de trabajo y sugerirá a los patrones las técnicas y prácticas convenientes a efecto de prevenir la realización de dichos riesgos.



El Instituto podrá verificar el establecimiento de programas preventivos de riesgos de trabajo en aquellas empresas que por su índice de siniestralidad, puedan disminuir el monto de la prima de este seguro.

Artículo 83

Los patrones deben cooperar con el Instituto en la prevención de los riesgos de trabajo, en los términos siguientes:

- I. Facilitarle la realización de estudios e investigaciones;
- II. Proporcionarle datos e informes para la elaboración de estadísticas sobre riesgos de trabajo, y
- III. Colaborar en el ámbito de sus empresas a la adopción y difusión de las normas sobre prevención de riesgos de trabajo.

Sección Sexta : De la Medicina Preventiva.

Artículo 110

Con el propósito de proteger la salud y prevenir las enfermedades y la discapacidad, los servicios de medicina preventiva del Instituto llevarán a cabo programas de difusión para la salud, prevención y rehabilitación de la discapacidad, estudios epidemiológicos, producción de inmunobiológicos, inmunizaciones, campañas sanitarias y otros programas especiales enfocados a resolver problemas médico-sociales.

Artículo 111

El Instituto se coordinará con la Secretaría de Salud y con otras dependencias y organismos públicos, con objeto de realizar las campañas y programas a que se refiere el artículo anterior.

Fuente: <http://web.tramitanet.gob.mx/info/movafil/leyseguro.html>.

LEY MINERA.

Artículo 34

Los titulares de concesiones de explotación o quienes lleven a cabo estos trabajos mediante contrato, deberán designar como responsable del cumplimiento de las normas de seguridad en las minas a un ingeniero legalmente autorizado para ejercer.

El responsable deberá dedicarse fundamentalmente a verificar el cumplimiento de dichas normas, cerciorarse de que se tomen las medidas necesarias para prevenir accidentes y notificar de inmediato aquéllas que no se hayan adoptado, al titular de la concesión de explotación o a quien lleve a cabo estos trabajos.

Artículo 43

El derecho para realizar las obras y trabajos de exploración o de explotación se suspenderá cuando éstos:

- I. Pongan en peligro la vida o integridad física de los trabajadores o de los miembros de la comunidad, o
- II. Causen o puedan causar daños a bienes de interés público, afectos a un servicio público o de propiedad privada.

Si la visita de inspección que en su caso se practique revela peligro o daño inminente, la Secretaría dispondrá de inmediato la suspensión provisional de las obras y trabajos, al igual que las medidas de seguridad por adoptarse dentro del plazo que al efecto fije. De no cumplirse en el plazo señalado, ordenará la suspensión definitiva de tales obras y trabajos.



Artículo 57

Se sancionarán con multa equivalente de diez a dos mil días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal, las infracciones siguientes:

- III. Retirar o destruir las obras permanentes de fortificación, los ademes y demás instalaciones necesarias para la estabilidad y seguridad de las minas;
- IV. Impedir u obstaculizar las visitas de inspección que practique el personal comisionado por la Secretaría;
- V. No concurrir por sí o debidamente representado a las visitas de Inspección que practique la Secretaría, sin que medie causa justificada;
- VI. No designar al ingeniero responsable del cumplimiento de las normas de seguridad en las minas o encomendarle actividades que le impidan el desarrollo de sus funciones propias;
- VII. Omitir la notificación prevista en el artículo 34, párrafo segundo, de esta Ley, sobre las medidas necesarias para prevenir accidentes que no se adopten, cuando pongan en peligro la vida o integridad física de los trabajadores o de los miembros de la comunidad, o bien, no tomar las medidas procedentes, en caso de haberse recibido tal notificación;
- XI. Comprobar extemporáneamente la ejecución oportuna de obras y trabajos de explotación por medio de la obtención de minerales o sustancias, a fin de dejar sin efecto el procedimiento de cancelación de una concesión minera,

Fuente: <http://www.economia.gob.mx/?P=1031>.

REGLAMENTO DE LA LEY MINERA.

Artículo 62

La designación del ingeniero responsable del cumplimiento de las normas de seguridad en las minas se hará por cada concesión de explotación o agrupamiento de éstas. Cuando laboren en las obras y trabajos de explotación hasta cincuenta trabajadores, si el titular de la concesión o quien lleve a cabo los mismos mediante contrato es persona física podrá asumir las responsabilidades relativas al cumplimiento de las normas de seguridad en las minas.

Las obras permanentes de fortificación, los ademes y demás instalaciones necesarias para la estabilidad y seguridad de las minas son accesiones de éstas y, por consiguiente, no podrán ser retirados o destruidos.

Para la realización de obras o actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales o sustancias, los interesados deberán cumplir con las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sus reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás normatividad aplicable en esta materia.

Fuente: <http://www.economia.gob.mx/?P=1031>.



ANEXO III

ROZADORA JOY 4LS.

Características del JOY 4LS; los cuatro tipos de atracción que ocupa el JOY son Eicotrack, Ultratrak, Dynatrak,

Eicotrack y Ultratrak “Motriz Directa”, consiste en una rueda dentada motriz que engrana dentro de una cremallera estacionaria ó escalera fabricada dentro de las secciones de canalones del transportador. El sistema de tracción Ultratrak, es similar en concepto y una cremallera con un perfil tipo engrane.



Fotografía A3.1. Rozadora.
(Fuente: Mina III-MIMOSA).

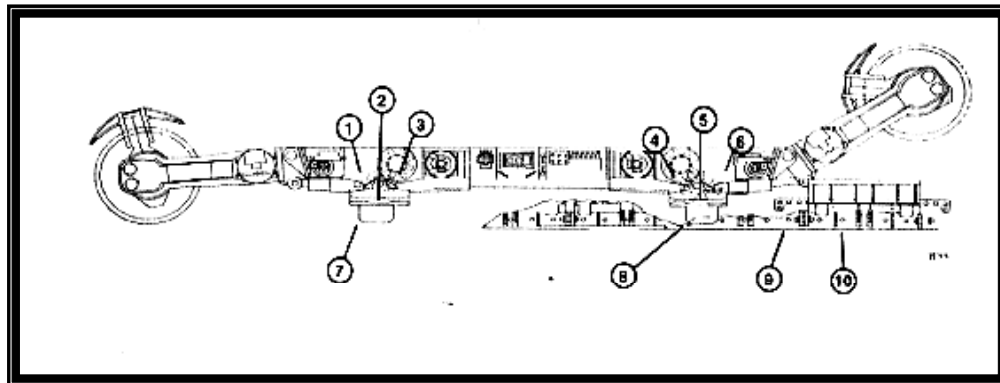


Figura A3.1. Partes de la Rozadora.
(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Barra de tracción. | 6. Barra de tracción. |
| 2. Rueda dentada de cremallera. | 7. Zapato de agarre. |
| 3. Rueda dentada motriz. | 8. Zapato de Agarre. |
| 4. Rueda dentada de cremallera. | 9. Cremallera. |
| 5. Rueda dentada motriz. | 10. Secciones de eicotrack. |

Dynatrak y Supertrak “Motriz Indirecta”, ambos consiste de un rueda dentada motriz, que engrana dentro de una cadena estacionaria sujeta en las secciones de canalones de transportador.

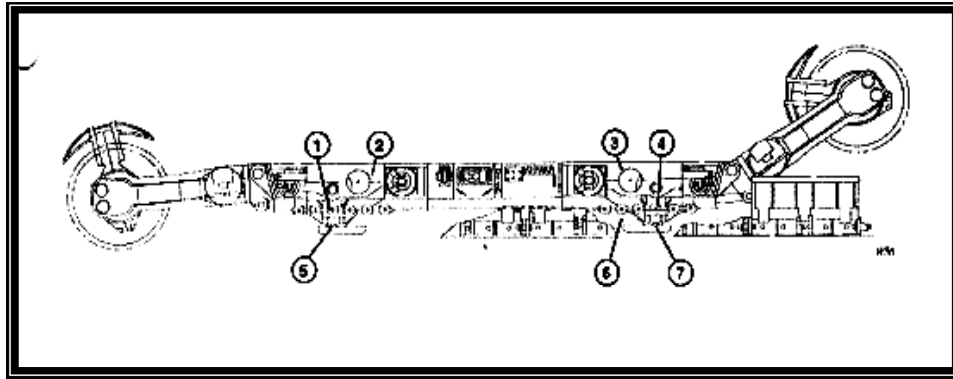


Figura A3.2.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Rueda dentada motriz. | 5. Zapato de agarre. |
| 2. Barra de tracción. | 6. Cadena. |
| 3. Barra de tracción. | 7. Zapato de agarre. |
| 4. Rueda dentada motriz. | |

➤ **Motor de tracción.**

Forma de armado.

1. Es alimentado por energía eléctrica.
2. Tiene un piñón instalado en la flecha del motor.
3. Tiene un Anillo - O en el piloto del motor.
4. Se desliza el motor parcialmente dentro de su lugar, reconectan los conductores del motor, reempaque de la brida, y se vuelve a colocar la cubierta de hoyo de mano.
5. Deslice el motor del resto del camino e instale los cuatro tornillos de montaje del lado de la frente de la máquina.
6. Se conectan las líneas de agua al motor.
7. Se coloca el freno de tracción.
8. Se conectan todas las mangueras de frente del motor y remontan los fijadores de la bomba de llenado forzado y válvulas de derivación.
9. Hay que llenar la caja de engranes de tracción con lubricante al nivel correcto.
10. Conecte la energía eléctrica a la máquina.

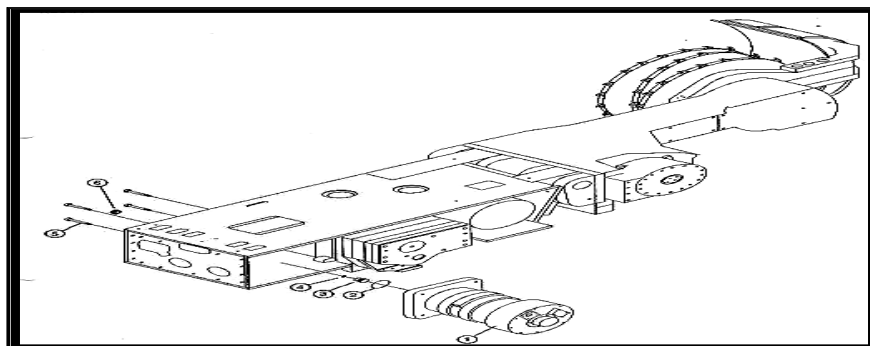


Figura A3.3.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| 1. Motor de tracción. | 4. Tornillo de montaje. |
| 2. Anillo - O. | 5. Tapón. |
| 3. Engrane a arillo de presión. | |

➤ **Freno de tracción.**

Contiene las siguientes partes; Una conexión eléctrica a la máquina un conjunto de cajas del freno dentro del motor, tornillos de montaje M10 x 120 mm, y líneas hidráulicas al freno.

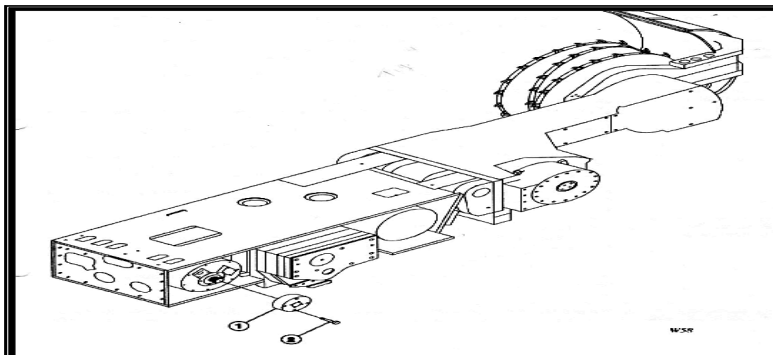


Figura A3.4.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

➤ **Zapato de soporte y viga del zapato.**

Introducción.

Varios tipos de zapatos de soporte y vigas están disponibles para la cortadora 4LS. El zapato de soporte se encuentra del lado de la frente o la viga del zapato de soporte en la cortadora 4LS.

Advertencia.

Nunca use los dedos para revisar el alineamiento de los agujeros del pasador.

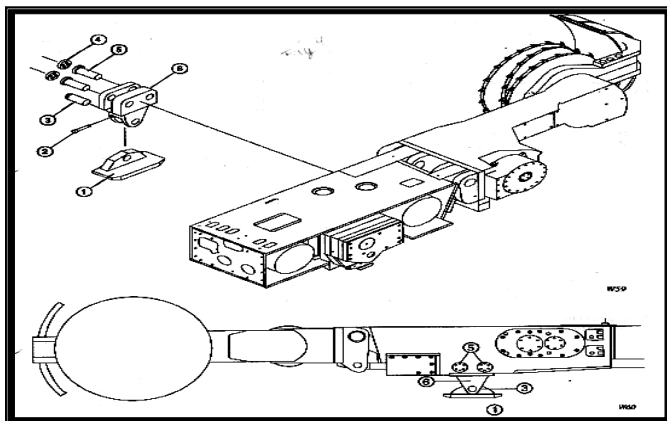


Figura A3.5.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

1. Zapato de soporte.
2. Tornillo de cierre.
3. Pasador de montaje del zapato.
4. Pasador de montaje de la viga del zapato.
5. Viga de soporte.

➤ **Caja de Engranés de tracción.**

Introducción.

Los componentes de la caja de engranes de tracción puede ser alcanzados a través de la superficie de la caja de engranes.

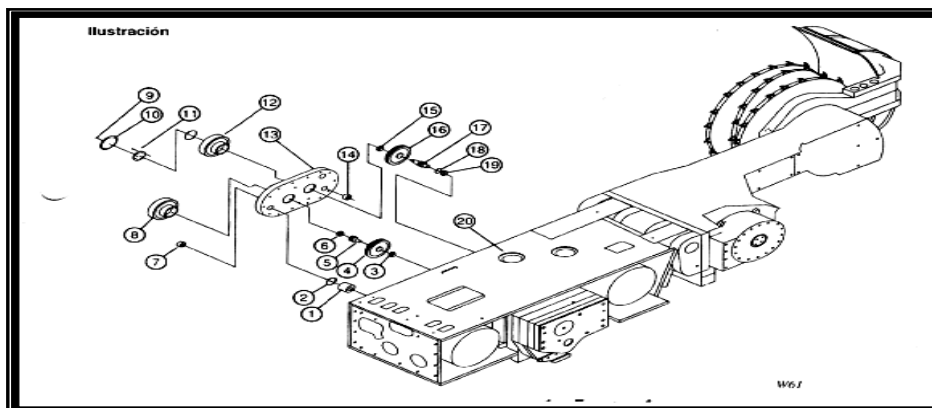


Figura A3.6.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

- | | |
|---|--|
| 1. Engrane A. | 11. Tapa. |
| 2. Arillo de presión. | 12. Tapa portadora del balero del engrane E. |
| 3. Balero del engrane B. | 13. Cubierta. |
| 4. Engrane B. | 14. Dovela. |
| 5. Engrane C. | 15. Balero exterior del engrane E. |
| 6. Balero del engrane C. | 16. Engrane D. |
| 7. Placa de cubierta del engrane A. | 17. Engrane E. |
| 8. Tapa portadora del balero del engrane. | 18. Arillo de presión. |
| 9. Tapón. | 19. Balero interior del engrane E. |
| 10. Arillo de presión. | 20. Puerto de inspección. |

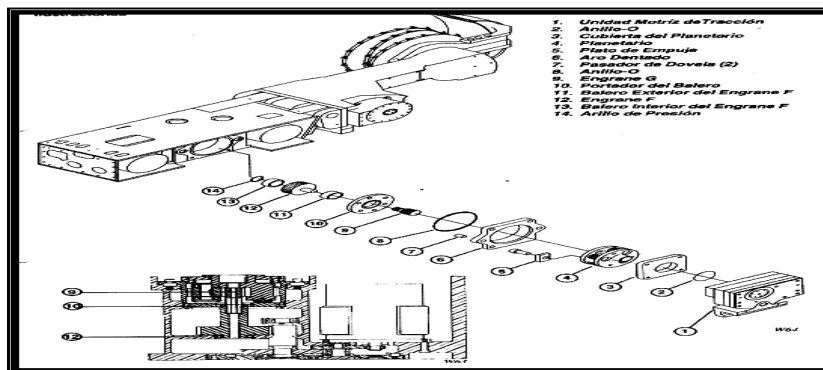


Figura A3.7.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Unidad de motriz de tracción. | 8. Anillo – O. |
| 2. Anillo – O. | 9. Engrane G. |
| 3. Cubierta del planetario. | 10. Portador del balero. |
| 4. Planetario. | 11. Balero exterior del engrane F. |
| 5. Plato de empuje. | 12. Engrane F. |
| 6. Aro dentado. | 13. Balero interior del engrane F. |
| 7. Pasador del dovela (2). | 14. Arillo de presión. |

➤ **Zapato de Agarre.**

1. Cuenta con corriente eléctrica.
2. La posición del zapato en la guía de la cadena se ubica abajo, montada sobre la barra del Dynatrac.
3. Se tiene que bajar la máquina sobre el zapato de agarre.
4. El aseguramiento del zapato de agarre se lleva a cabo con ocho tornillos de montaje.

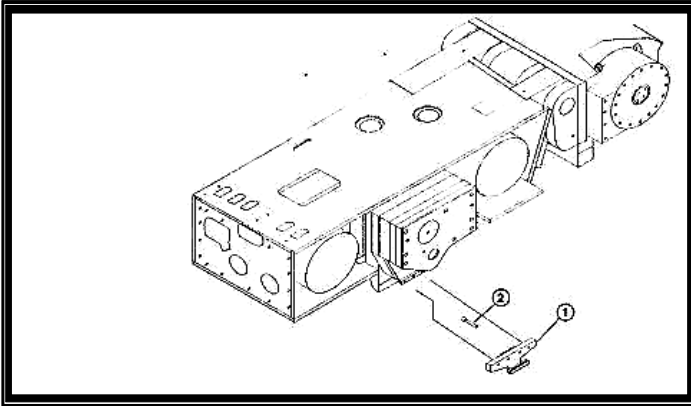


Figura A3.8.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

1. Zapato de agarre.
2. Tornillo de montaje (8).

➤ **Zapato de agarre atornillado.**

Se tiene que instalar una cuña en el cuñero de la barra de tracción, la posición del zapato en la guía de cadena, y alineación de la cuña en la barra de tracción con el cuñero en el zapato de agarre.

Se instala los cinco tornillos de montaje.

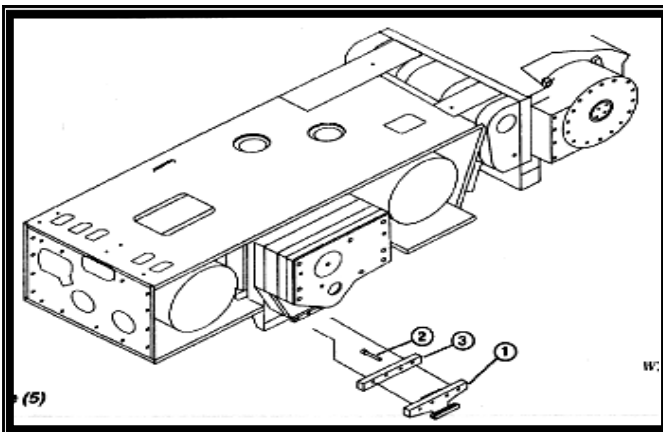


Figura A3.9.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

1. Zapato de agarre.
2. Cuña.
3. Tornillo de montaje (5).

➤ **Zapato de Agarre con Pasador.**

La posición del zapato en la guía de cadena, se alinea con los hoyos de los pasadores en la barra de tracción con los orificios de los pasadores en el zapato de agarre. Contiene sujetadores para los pasadores en cada pasador de montaje y sus tornillos.

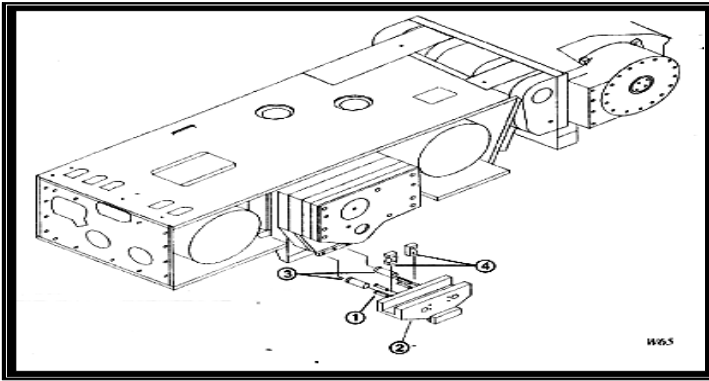


Figura A3.10.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

1. Tornillo de montaje del sujetador.
2. Zapato de agarre.
3. Pasador de montaje.
4. Sujetadores.

➤ **Rueda dentada de la cadena (Dynatrac y Supertara).**

Los platos de empuje están en la barra de tracción, posteriormente la rueda dentada debe estar en el engrane de la flecha. La máquina está acoplada en la rueda dentada dentro de la cadena del Dynatrac y unida al zapato de agarre.

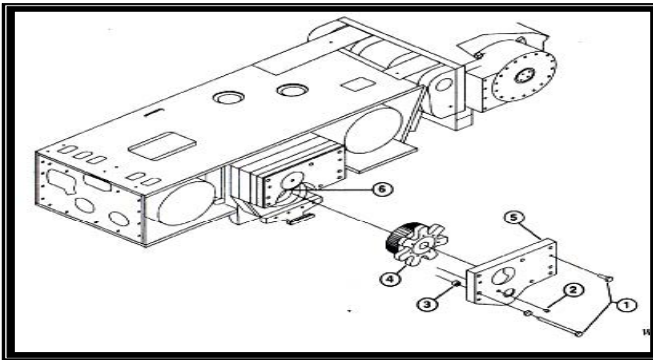


Figura A3.11.

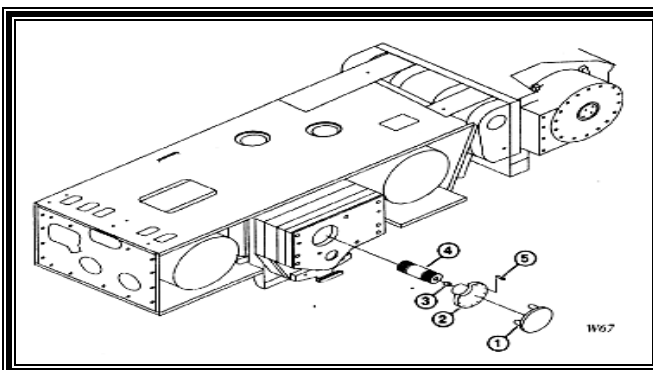
(Fuente: Joy Technologies Inc).

Donde:

1. Tornillo de montaje de la cubierta.
2. Tapones de los hoyos de empujar.
3. Dovelas (4).
4. Unidad rueda dentada / engranes.
5. Cubierta.
6. Platos de empuje.

➤ **Flecha motriz de la tracción.**

La flecha motriz se encuentra en la caja de engranes, que se ubica en el área de relieve marcada hacia la frente, contiene un tapón en el extremo de la flecha motriz.



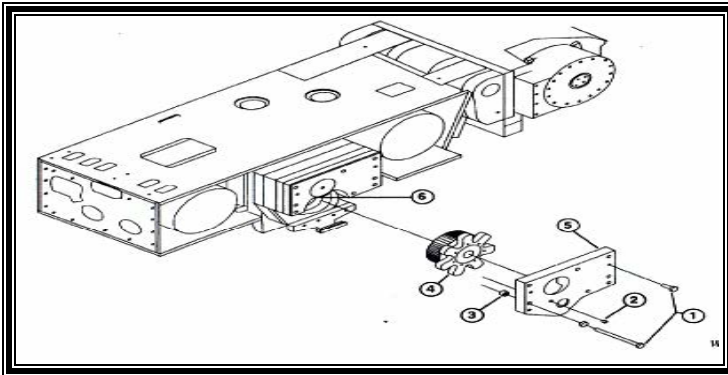
Dibujo A3.11a.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

1. Cubierta de acceso.
2. Tapa.
3. Espaciador.
4. Flecha motriz.
5. Tornillos de montaje de la tapa (11).

➤ **Barra de tracción (dynatrac y supertrac).**

Se compone de las siguientes partes:

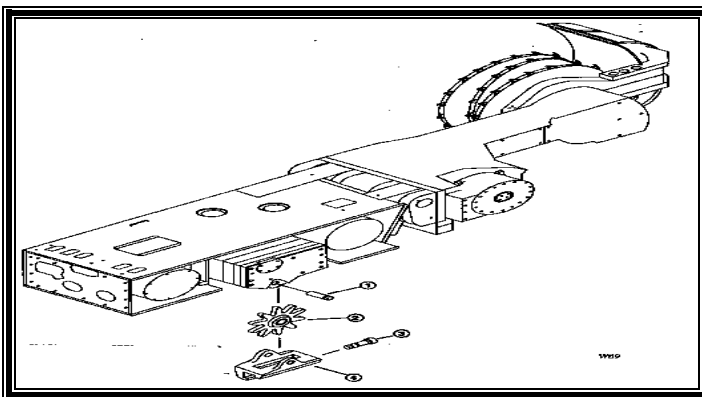


Dibujo A3.12.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

1. Cubierta de acero.
2. Tapa.
3. Flecha motriz.
4. Cubierta.
5. Rueda dentada.
6. Zapato de agarre.
7. Barra de tracción.
8. Espaciador.
9. Anillo - O.

➤ **Zapato de agarre y rueda dentada de la cremallera.**
Se constituye de:

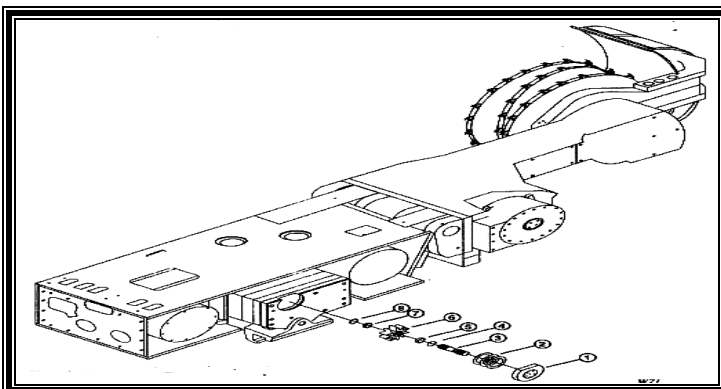


Dibujo A3.13.

(Fuente: Joy Technologies Inc).

1. Pasador de montaje.
2. Rueda dentada de cremallera.
3. Tornillo de cierre.
4. Zapato de agarre.

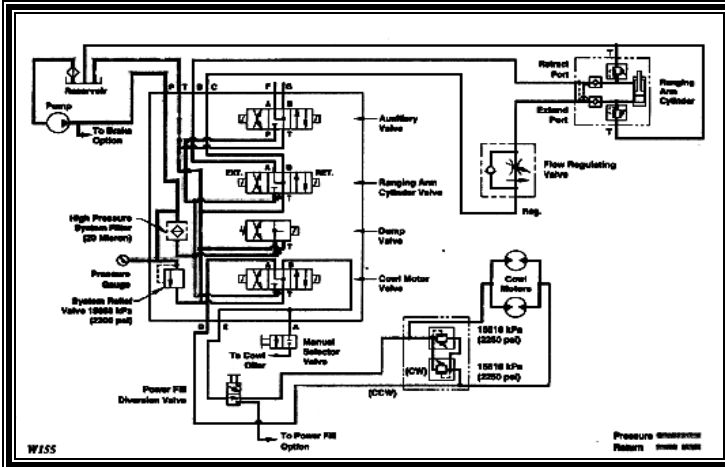
➤ **Flecha motriz y rueda dentada de la tracción (Eicotrack).**
Las partes que las componen son:



Dibujo A3.14.

(Fuente: Joy Technologies Inc.)

1. Cubierta.
2. Calzas.
3. Flecha motriz.
4. Sello de aceite.
5. Balero.
6. Rueda dentada.
7. Balero.
8. Sello de aceite.



Dibujo A3.18.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

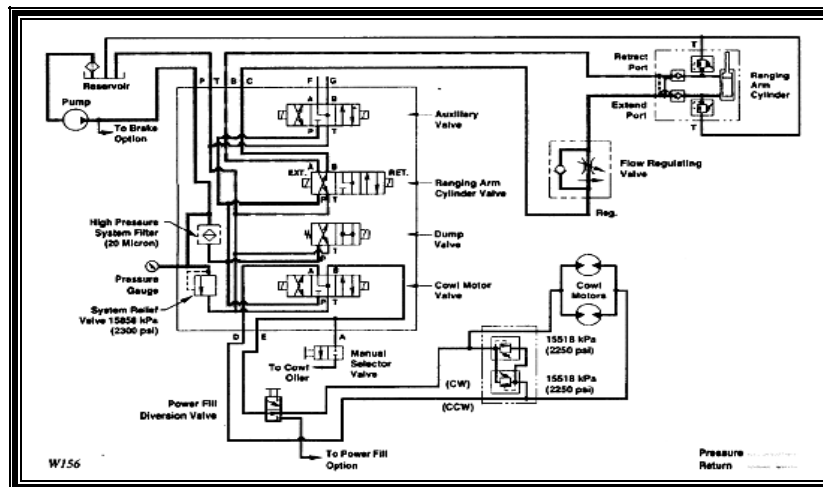
1. Motor de la banda.
2. circuito de operación (ninguna función hidráulica accionada).

➤ Circuito del brazo basculante.

Introducción.

El circuito del brazo basculante es el circuito hidráulico usado para posicionar los brazos basculantes durante las varias fases del ciclo de minado. Este circuito permite al operador levantar, sostener y bajar el brazo basculante.

El circuito del brazo basculante está protegido por válvulas de retención operadas por un piloto atornilladas en bloques de colectores en cada cilindro de brazo basculante.

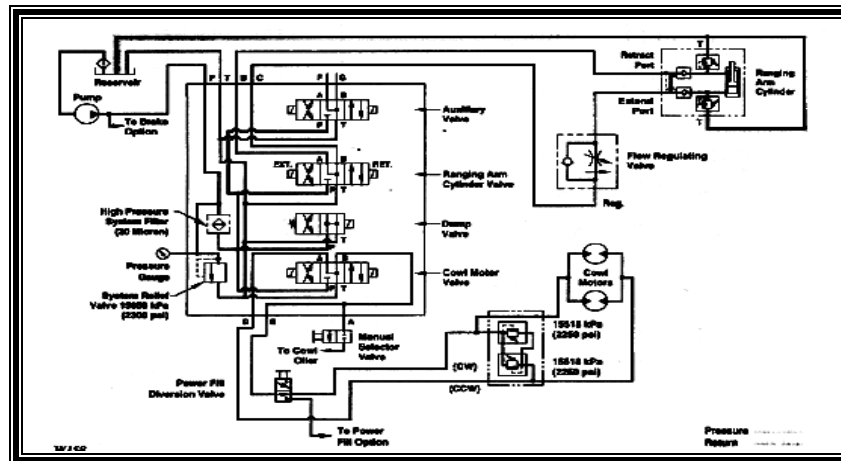


Dibujo A3.19.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ Válvulas de retén.

Los cilindros del brazo basculantes están protegidos por válvulas de retén de doble piloto en el circuito del brazo basculante. Estas están diseñadas para soportar los brazos basculantes.



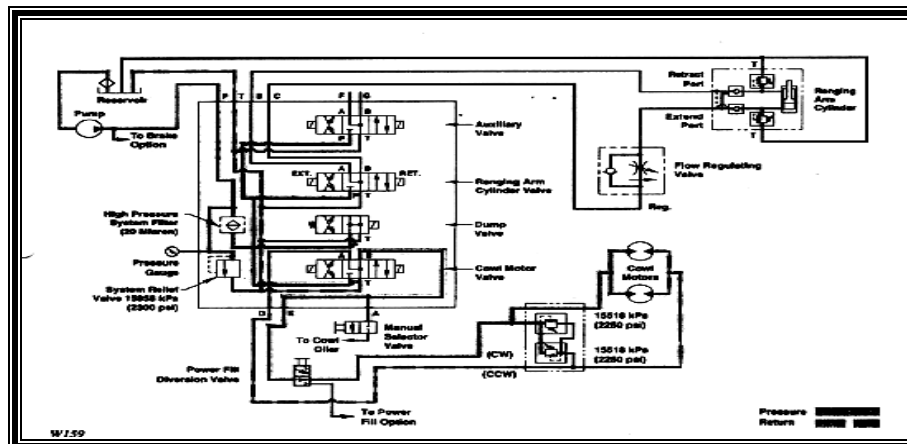
Dibujo. A3.20.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ Circuito del brazo del motor del deflector.

Introducción.

El circuito del motor de los deflectores es el circuito hidráulico usado para girar los deflectores durante las varias fases de un ciclo de minado. La rotación de estos deflectores es controlada por motores hidráulicos montados en las unidades de los reductores en los brazos basculantes.



Dibujo A3.21.

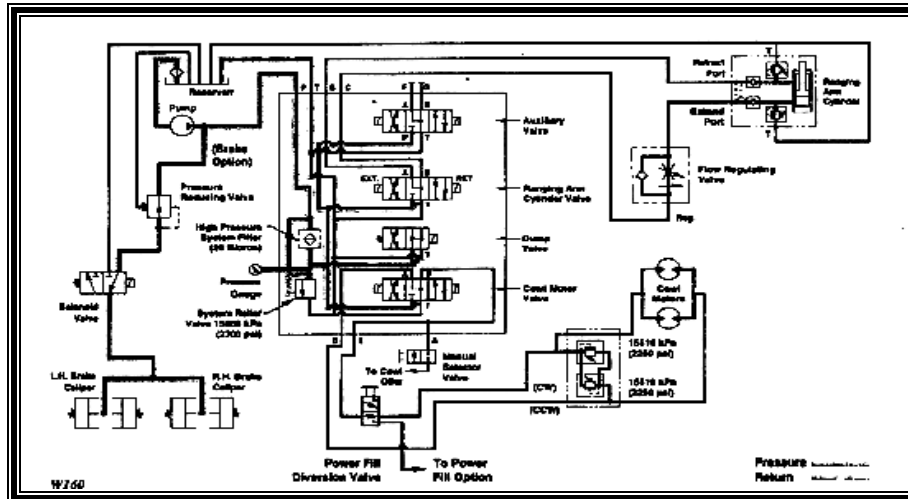
(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ Circuito del freno de tracción.

Introducción.

Un sistema de freno opcional para los motores de tracción está disponible para la cortadora 4LS. Estos frenos son aplicados por resorte y liberados hidráulicamente. Una válvula de reducción de presión está localizada entre la bomba de la máquina a 900 psi para usarse en los frenos. La presión del sistema en exceso de 900 psi se desvía a través de la válvula y regresa al tanque.

Cuando el interruptor de tracción es activado, la válvula de solenoide del freno se abrirá. Esto permite a la presión pasar sin restricción a través de la válvula de solenoide y aplicar fuerza contractante a los resortes del freno, liberando así los frenos. Cuando el solenoide es removido el camino de retorno es abierto a través de la válvula de solenoide, permitiendo al aceite escapar de regreso al tanque. Cuando esto pasa, los resortes se expanden y aprisionan los frenos.



Dibujo A3.22.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

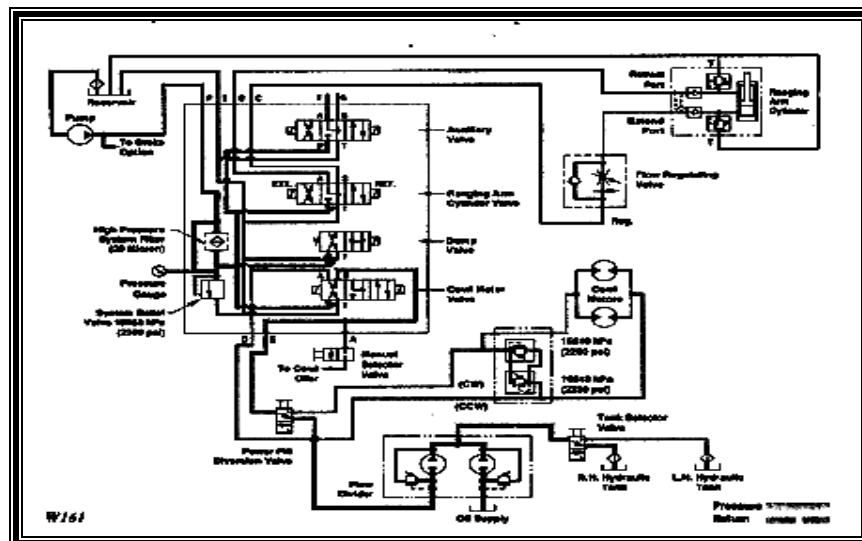
➤ **Sistemas de llenado forzado.**

Los componentes del sistema de llenado forzado son un divisor de flujo, dos válvulas de diversificación, dos conjuntos de filtro y uno de mangueras de llenado. Estos componentes, junto con sus mangueras asociadas están localizados en el compartimiento del motor de tracción a mano derecha, en el lado del caído.

Las válvulas diversificadoras están montadas en un soporte fijo arriba del compartimiento del motor de tracción a mano derecha. La válvula del lado izquierda permite que se llene el tanque hidráulico. La válvula a la derecha permite seleccionar la operación de llenado forzado.

➤ **El filtro está localizado en cada tanque hidráulico.**

Visores de vidrio son proporcionados a cada extremo de la máquina dentro del compartimiento del colector, permitiendo un chequeo visual rápido de los niveles de aceite hidráulico en cada tanque.



Dibujo A4.23.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).



➤ **Componentes hidráulicos.**

Es una lista parcial de los componentes hidráulicos usados en la cortadora 4LS.

Descripción.	Número por máquina
Motor de bomba 7.5 kW (10 hp).	2
Bomba.	2
Reservorio (tanque) ventilado 90 l (24 gal).	2
Válvula-15858 kpa (2,300 psi) presión max. de alivio del sistema.	2
Válvula de apagado manual deflector a nivel.	2
Filtro.	2
Colector.	2
Medidor de presión.	2
Válvula direccional (solenoides) tres posiciones 24 Vdc.	2
Válvula direccional (solenoides) dos posiciones 24 Vdc (vuelco).	2
Válvula piloto retén / alivio máx. alivio ajustable 34,474 kpa (5,000 psi).	6
Válvula piloto retén / alivio máx. alivio ajustable 43,437 kpa (6,300 psi).	2
Cilindro - doble acción.	2
Motor hidráulico (reversible) deflector.	2 ó 4
Respiradero.	4
Medidor de visor.	2
Filtro magnético.	2
Llenado forzado.	1

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ **Circuitos Eléctricos.**

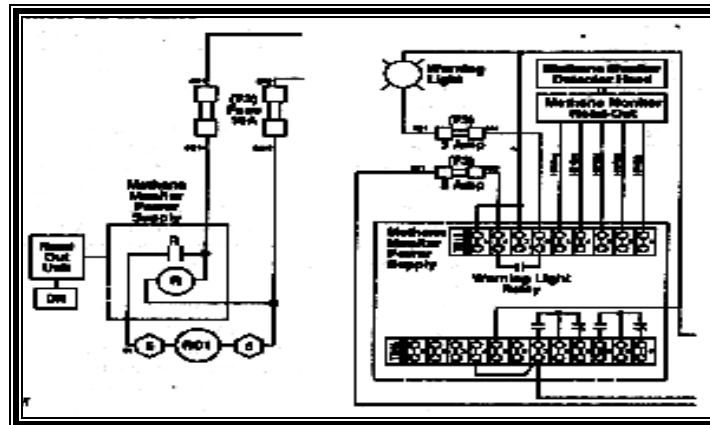
Arreglo del diagrama de circuito.

- Monitor de tierra:* El circuito del monitor de tierra proporciona protección para falla de tierra y alambre de tierra abierto, así como la habilidad de controlar remotamente el centro de fuerza de la galería de cabeza que abastece al cable de arrastre de la cortadora. Los voltajes del circuito varían de mina a mina, pero este circuito abre generalmente de 16 – 28 V.
- Cierre de fuerza:* Estos circuitos pueden ser de 950, 4160 ó 480 V tres fases. Los dispositivos de interrupción de fuerza son usados para control de los motores de bomba duales, y motores de corte izquierdo y derecho.
- Lógica diagnóstico y aislamiento:* Esta área controla las funciones de la máquina por información recibida desde los circuitos de control remoto. La inicialización de la máquina, parámetros, selección de control remoto, voltaje de control, medición de diagnóstico y status operacional, protección de sobrecarga.
- Controles del motor:* Abastecimiento por los circuitos de lógica, diagnóstico y aislamiento, estos circuitos de estilo relevador proporcionan control de los motores de la máquina a través del aparejo de conexión en los circuitos de fuerza.
- Control remoto:* El control remoto proporciona un control comprensivo de la operación de la cortadora y el despliegue de diagnóstico. Control remoto por cable ó radio es usado para seleccionar la velocidad de la máquina, dirección hidráulica, paro de emergencia remoto y funciones de selección de diagnóstico.
- Opción SIRSA:* El sistema de avance de soporte de techo iniciado por la máquina proporciona avance automático del sistema de soporte de techo. Los sensores determinan el viaje y posición de la máquina.

➤ **Monitor de metano.**

Tres monitores de metano surtidos, son proporcionados en la cortadora. Todos los monitores funcionan desenergizando los contactos de motor cuando se detecta un 2% de CH₄.

La opción de monitoreo de CH₄ es abastecida por el circuito de fuerza de control de 120 V, Contactos cerrados normalmente entrelazan el monitor de metano a los circuitos de fuerza de control de 28 V y 120 V, así como, circuitos auxiliares tales como un sistema de SIRSA opcional.



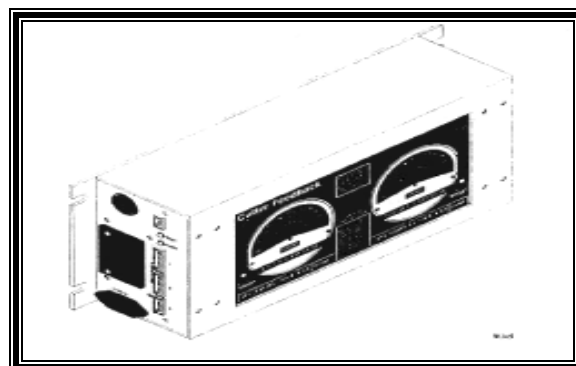
Dibujo A3.24.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ **Despliegue gráfico.**

El despliegue gráfico de Frente Larga proporciona al operador con información que es vital para la operación de la máquina, y al personal de mantenimiento con información de diagnóstico.

Operación Fundamental: La cortadora de Frente larga incluye un microprocesador conocido como el "HOST". El HOST monitorea electrónicamente la información vital de la máquina. El despliegue gráfico permite al operador ver los datos del HOST en un formato útil. Cada despliegue gráfico está individualizado por un módulo de parámetro, ó chip TAG, instalado en cada unidad de despliegue. Hay dos TAG's en la cortadora. El TAG para el despliegue le dice que tipo de máquina está instalada y cuáles de los puertos de despliegue de datos son usados. El TAG para el HOST contiene las posiciones que individualizan la operación de la máquina tales como sobrecargas del motor, retroalimentación del corte, etc. La ilustración muestra la localización del TAG en el despliegue gráfico.



Dibujo A3.25.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).



Etiquetas de Seguridad: Este manual usa etiquetas pictográficas para llamar la atención a riesgos potenciales sobre o alrededor de la máquina. Estas etiquetas llaman la atención a todo riesgo posible.

➤ **Tipos de etiquetas que usa:**

a) PELIGRO.

Las etiquetas de peligro llaman la atención hacia riesgos que causarán daño severo o muerte si no son evitados.

b) ADVERTENCIA.

Las etiquetas de Advertencia llaman la atención hacia riesgos que pueden causar daño severo o muerte si no son evitados.

c) PRECAUCIÓN.

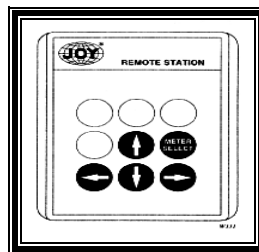
Las etiquetas de precaución llaman la atención hacia riesgos que puede resultar en daño.

➤ **Desplegar selección de página.**

Hay dos maneras para que un operador seleccione la información deseada: Selección desde la estación de diagnóstico. Otro método de selección de página es usar una estación remota localizada cerca de cada punto de articulación de la máquina. Selección desde la estación de diagnóstico.

Seleccionar páginas desde la estación de diagnóstico (cambiar de página) es el método más conveniente. Los pasos siguientes detallan la selección de página.

1	Presione el botón SELECT para desplegar la página de menú.
2	Presione los botones ARRIBA y ABAJO para resaltar cualquiera de las 12 páginas.
3	Una vez seleccionada la página presione SELECT .
4	La página deseada aparece en el despliegue.
5	Para retornar a página de menú, presione el botón SELECT .

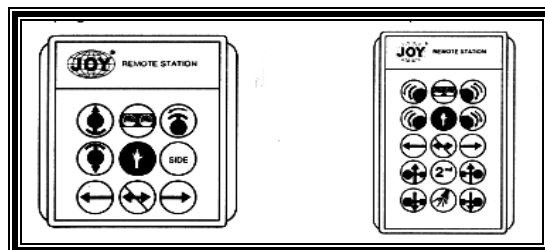


Dibujo A3.26.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ **Selección desde una estación remota del operador de 9 botones.**

Un método alternativo de selección de página es usar una estación remota del operador. El método de selección de página depende del estado del relevador ESR que es desplegado en la línea de estado.



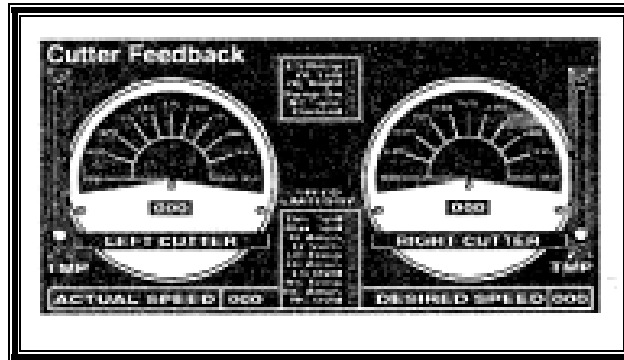
Dibujo A3.27.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).



El ejemplo siguiente ilustra la selección de página desde una estación remota de 9 botones. La página de información general de corte aparece en el despliegue después de aplicar la fuerza a la máquina.

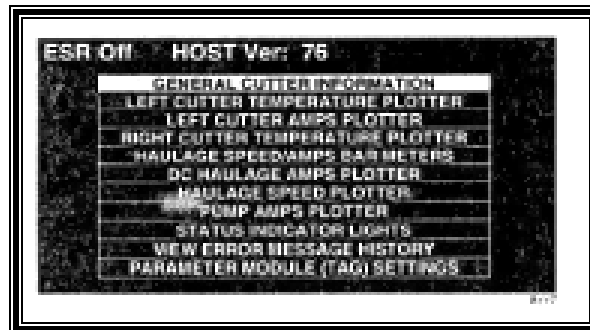
Presionando juntos los botones **ARRIBA** y **ABAJO** llaman la página de menú.



Dibujo A3.28.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

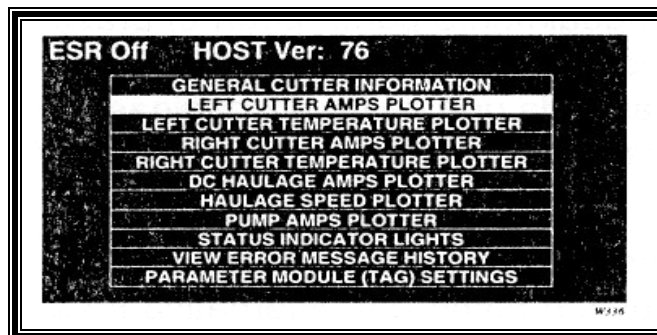
La página de menú aparece. Presionando el botón **ABAJO** se mueve y resalta el siguiente cuadrante.



Dibujo A3.29.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

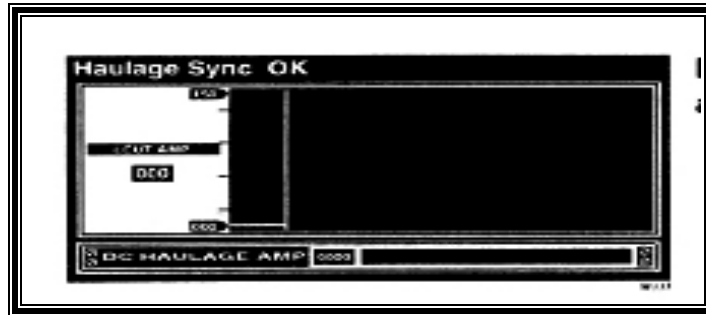
El título de trazador de amperios del corte izquierdo es resaltado. Presionando juntos los botones **ARRIBA** y **ABAJO** otra vez, llamarán la página del trazador de amps del corte.



Dibujo A3.30.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

La página del trazador de amperios del corte aparece en el despliegue.



Dibujo A3.31.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

Cuando el relevador está encendido, la máquina está lista para operar. Presionando los botones ARRIBA y ABAJO individualmente controlarán el brazo basculante de la cortadora. Fotografía A3. 2.

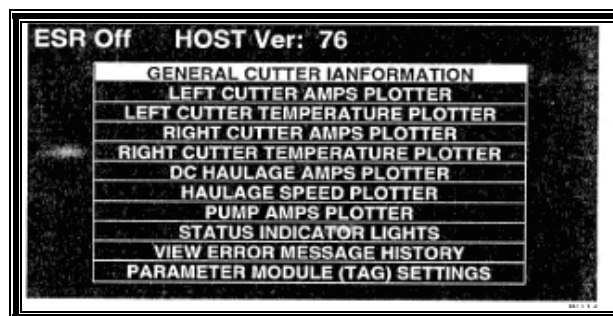


Fotografía A3.2. Del brazo basculante.

(Fuente: Mina III - MIMOSA).

➤ **Desplegar descripciones de página.**

Desplegar secuencia de página. Cada una de las 12 páginas está listada; en la página de menú mostrada abajo. Cuando los relevadores están encendidos, el operador no puede llamar la página de menú. Por lo tanto, las páginas son desplegadas en el orden que aparecen en el menú.



Dibujo A3.33.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

➤ **Información general del corte.**

Esta página despliega las velocidades actuales y deseadas, factores que limitan la velocidad de tracción, la corriente del corte, y datos de la sobrecarga termal del corte.



Dibujo A3.34.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

Los indicadores de sobrecarga termal del corte en el extremo izquierdo y derecho de la página despliegan el estado de la sobrecarga termal del motor de corte. Si el indicador alcanza la parte superior de la escala, la sobrecarga termal del motor de corte disparará y la máquina se apagará. La sobrecarga ocurre cuando los motores de corte son sobretrabajados. Dos amperímetros tipo cuadrante despliegan la corriente, en amperes, de los motores de corte izquierdo y derecho. Los despliegues digitales en el centro de cada amperímetro indican también la corriente en amperes. La máquina se apagará si los motores de corte exceden la posición del TAG para la sobrecarga termal de atoramiento del corte.

➤ **Trazador de amperios del corte izquierdo.**

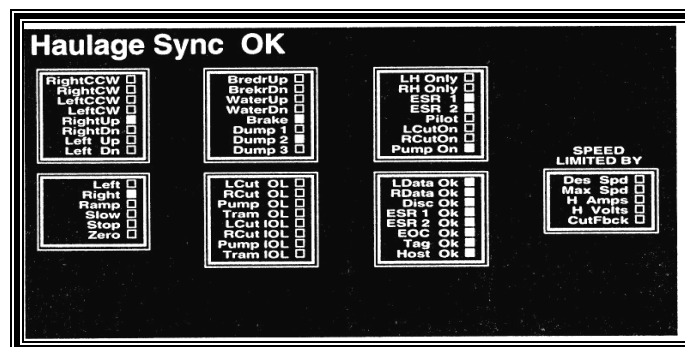
La página del trazador de amperios del corte izquierdo proporciona al operador datos de la corriente eléctrica para el motor de corte izquierdo. Esta página de despliegue muestra la corriente del motor de corte izquierdo en ambas formas: gráficas y numéricas.

➤ **Trazador de temperatura del corte izquierdo.**

La página de temperatura de corte izquierdo proporciona al operador datos de temperatura para el motor de corte izquierdo. Esta página de despliegue muestra la temperatura de motor de corte izquierdo en °C, en ambas formas gráfica y numérica.

➤ **Luces indicadores de estado.**

La página de luces indicadores de estado despliega luces que muestran la situación de ciertas características operacionales, cuando esta en funcionamiento sus brazos basculantes, sus picas, etc.



Dibujo A3.35.

(Fuente: Joy Technologies Inc.).

Para este proceso de descripción sobre la rozadora, fue para conocerla y poder trabajar con ella, y saber como se desenvuelve en la frente larga.



Fotografía A3.3. Rozadora en el taller.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).



ANEXO IV

FORTIFICACIÓN.

A4.1. Geología.

1.-Estructura del techo.

Los estratos son bandas o capas de rocas. Capas de arcillas, lutitas, limonitas, areniscas o mantos de carbón forman los extractos. Debido a que las rocas se forman a partir de una gran variedad de estos materiales, y presentan características muy distintas. Algunas rocas son duras y algunas otras son relativamente suaves.

Se considera que el techo de una galería está conformado por un inmediato y el principal. (Dibujo A4.1).

a) *Techo inmediato.*

El techo inmediato es la masa de roca localizada directamente sobre el manto de carbón. Este techo requiere soporte inmediato. Comúnmente consta de capas delgadas de lutitas, con bandas de limonitas suaves conteniendo partículas de carbón, presentando areniscas. Generalmente las lutitas son arcillosas y contienen venas con fragmentos de carbón y materiales orgánicos los cuales pueden debilitar los depósitos. Este tipo de techo inmediato presenta problemas y dificultades para su control. Las venas de carbón que se presentan cercanas a las bases de grandes depósitos de areniscas, lutitas o limonitas, crean planos de debilidad. El techo inmediato frecuentemente contiene lutitas con alto contenido de arcillas debilitadas por migración de agua.

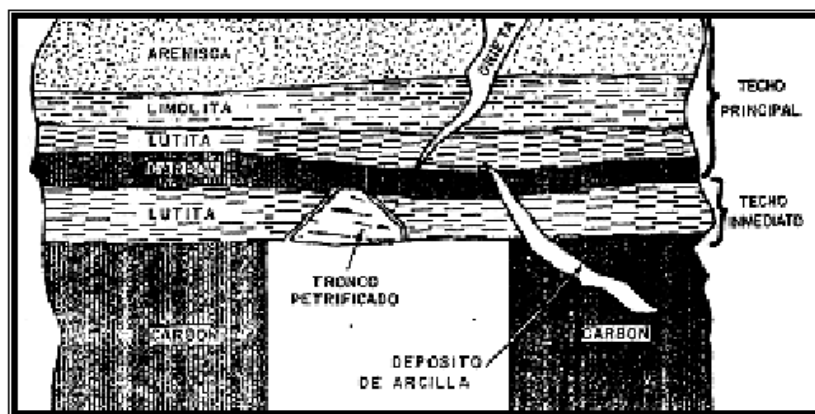
b) *Techo principal.*

El techo principal es la parte localizada sobre el techo inmediato. Este puede variar desde una ligera cubierta hasta varios cientos de metros de espesor. El tipo más común de techo principal son mezclas de lutitas, limonitas y areniscas conteniendo arcillas.

2. Defectos en los estratos suprayacentes.

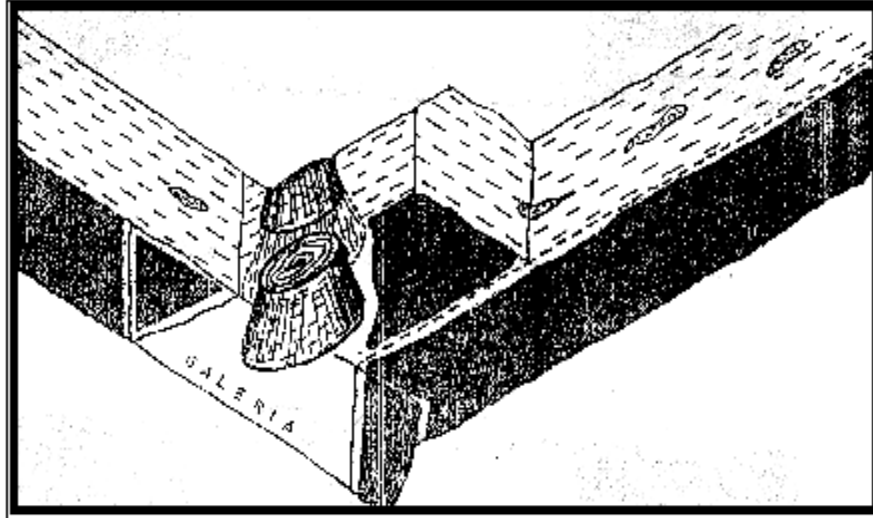
El techo puede tener planos de deslizamiento, fracturas, tapones o troncos petrificados dibujo A4.2. y vetas arcillosas. Una delgada capa de carbón generalmente oculta planos de deslizamiento o tapones. Los planos de deslizamiento o las grietas en el techo son las causantes de una gran cantidad de caídos.

Estos caídos pueden ocurrir inmediatamente después de realizado el corte o mientras se carga el carbón. Los tapones generalmente se desprenden antes de que sean descubiertos. Las venas de lutitas que cortan a través del manto de carbón, rompen la continuidad del techo causando el desprendimiento de fragmentos del mismo. Estas condiciones son sumamente riesgosas.



Dibujo A4.1.Techo inmediato y techo principal.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).

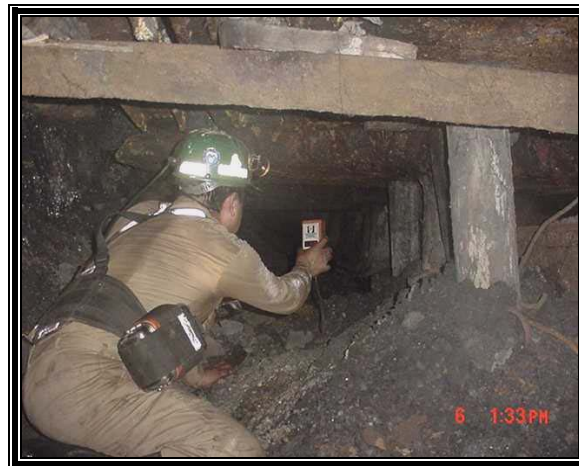


Dibujo A4.2. Caído.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).

3. Sostenimientos en galerías.

Al romper el equilibrio de los estratos con la apertura del hueco de una galería. El macizo rocoso tiende a restablecer el equilibrio de fuerzas rellenando la sección (fotografía A4.1).



Fotografía A4.1. Se restablece el equilibrio rellenando la sección.

(Fuente: Mina III - MIMOSA).

El soporte del techo es esencial en la minería subterránea del carbón. Este sirve para preservar la salud y seguridad de todos los trabajadores, además de mantener la sección de las galerías requeridas para la ventilación y el traslado de equipo y material.

El tipo de soporte a usar para una mina depende de:

- La calidad de la roca de los estratos al manto del carbón.
- El espesor del manto.
- La profundidad del manto.
- El método de minado utilizado.

3.1. Diseño del perfil horizontal (viga).

3.1.a. Altura de la carga.

Primeramente se calcula la altura de carga de la sección, la cuál es función del promedio obtenido de nuestras condiciones:

$$H = B \cdot \frac{(100 - RMR)}{100}$$

Donde:

H = altura de carga.

RMR = rango del macizo rocosa de la clasificación geomecánica.

B = ancho de galería = 4.3 m.

MR (promedio) = 45.

Sustituyendo:

$$H = 4.3m \left(\frac{(100 - 45)}{100} \right) = 2.4m$$

3.1.b. Peso de la roca.

Se procede a calcular el peso de roca por metro lineal de galería considerando el caso más crítico que sería el peso total del bloque de roca:

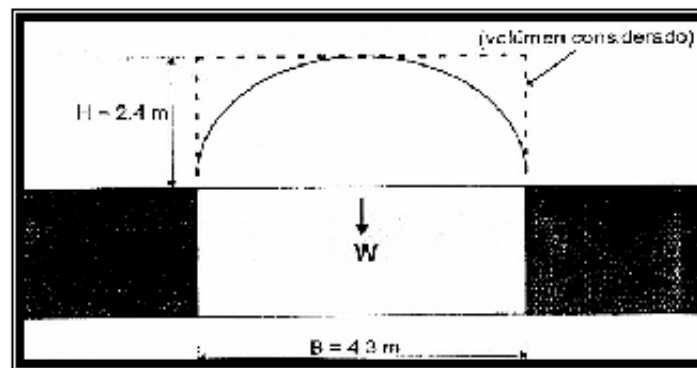


Figura A4.1.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).

$$W = B \cdot \delta \cdot H$$

Donde:

W = carga por metro lineal de galería.

B = ancho de galería.

δ = densidad de la roca = 2.5 ton / m³.

Sustituyendo:

$$W = (4.3m) \left(\frac{2.5 \text{ ton}}{m^3} \right) (2.4m) = 25.8 \text{ ton} / m \text{ lineal}$$



3.1.c. Modulo de sección.

A continuación se efectúa del módulo de sección necesario, utilizando la fórmula de la flexión (dibujo A4.2):

$$Fb = Mc/I$$

Donde:

fb = esfuerzo por flexión en kg/cm².

M = momento flexionante en kg – cm.

C = distancia del eje neutro a la fibra extrema en cm.

I = momento de inercia en cm⁴.

Fy = límite elástico mínimo aparente en kg/cm².

El módulo de sección se define como:

$$Sx = I/c$$

Con lo que la fórmula de la flexión se puede escribir como:

$$Fb = Mc/I = M/Sx$$

Despejando:

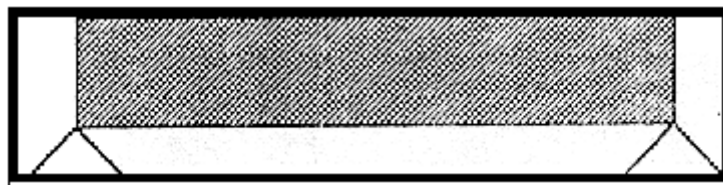
$$Sx = M/Fb$$

Para W = 25.8 ton.

$$Y \quad Fb = 1.5Fy = 3797 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = WL$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8}wL^2$$



Dibujo A4.2. L = 4.3 m.

Despejando: $w = W/L$

Sustituyendo: $w = \frac{25,800 \text{ kg}}{430 \text{ cm}} = 60 \text{ kg/cm}$

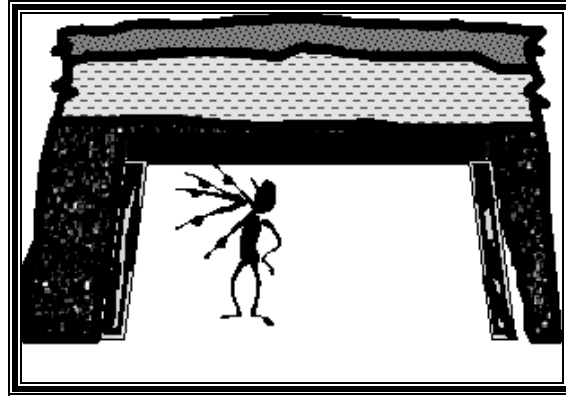
$$M_{\max} = \frac{1}{8}wL^2$$

Sustituyendo: $M_{\max} = \frac{1}{8} (60 \text{ kg/cm} \cdot (410 \text{ cm})^2) = 1'260,750 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

Sx necesario = Mmax / fb.

Sx necesario = 1,260,750 kg cm / 3797 kg/cm².

Sx necesario = 332 cm³.



Dibujo A4.3.

(Fuente: Mina III – MIMOSA).

A partir de la mecanización de las minas y la explotación de mantos de carbón, más profundos, surgió la necesidad de dar mayor resistencia y seguridad a la conservación de galerías, ademándolas con un cabezal de viga de acero soportado por puntales de madera rolliza con capacidad de sostenimiento de 30 ton.

4. Sistema de anclaje.

4.1.a. Mecanismo de anclaje.

Los mecanismos de anclaje conocidos son los de suspensión, fricción confinamiento y bloqueo de cuñas.

4.1.b. Suspensión.

Este efecto es el más fácil de imaginar, puesto que si consideramos los estratos del techo como capas que tienden a flexionar y desprenderse, las anclas fijadas en un estrato resistente impedirá tal proceso.

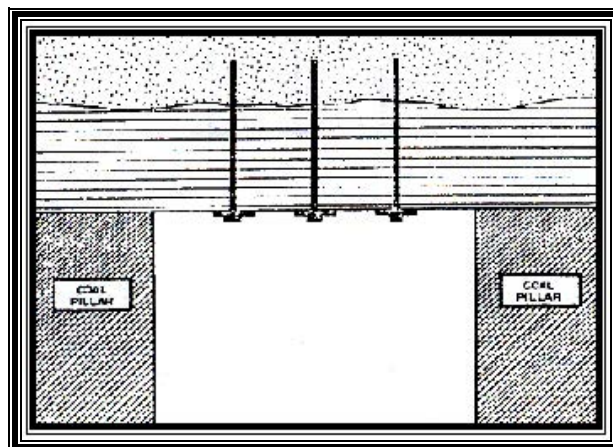


Figura A4.2.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).



El peso soportado por las anclas puede ser fácilmente conocido si consideramos una sección del techo de longitud L , ancho B , espesor t , y peso específico w .

Si hay N_1 línea que contiene cada una N_2 anclas en la sección, entonces el espaciamiento entre anclas será:

$$\frac{L}{N_1 + 1} \text{ y } \frac{B}{N_2 + 1}$$

Si el techo es completamente suspendido con ancla, la carga por anclas será:

$$P = \frac{(wtBL)}{(N_1 + 1) \times (N_2 + 1)}$$

Esta será la carga máxima, pues en realidad una parte del techo es soportado por las paredes a cada lado de la galería. Es recomendable que el anclaje debe fijarse al menos 25 cm a extractos más resistente a fin de lograr un buen anclaje.

Fricción – confinamiento (construcción de viga)

Sucede que en mina III no existe un techo resistente al cuál fijar el ancla y sin embargo el anclaje trabaja bien.

La deformación máxima por flexión para esta viga formada por diferentes estratos de espesor t está definida por la expresión:

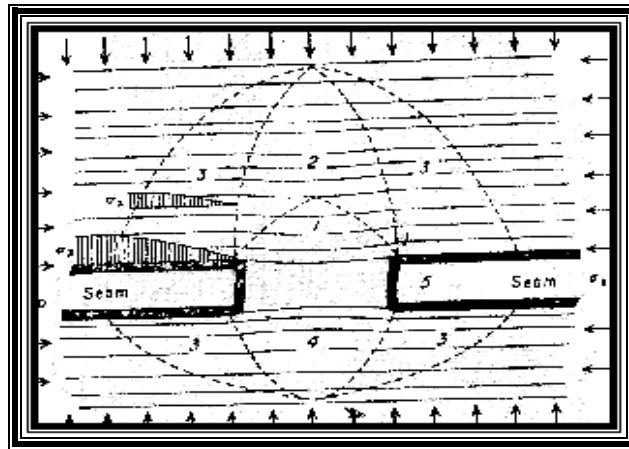


Figura A4.3.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).

$$\varepsilon_{\text{máx}} = \frac{wL^2}{2Et}$$

Donde:

ε máx. = deformación máxima.

E = módulo de Young.

La disminución en deformación debido al anclaje es en este caso:

$$\varepsilon_{\text{máx}} = f - fu$$

donde: f y fu deformación máxima en el techo anclado y sin anclar respectivamente.

El factor de refuerzo **FR** debido a la fricción es:

$$FR = \frac{1}{1 + (f + fu)}$$

4.1.c. Bloques inestables (cuñas).

En algunos casos los techos a soportar están formados por extractos que son interceptados por planos de debilidad con ciertas orientaciones respecto a la línea del techo.

El anclaje a través de esos planos reduce su movimiento. El efecto de reforzamiento de esos bloques se obtiene de:

σ_b : la fuerza aplicada por el anclaje.

σ_h : el esfuerzo horizontal.

Tan Φ : el coeficiente de fricción del plano de fractura.

α : el ángulo entre la normal al plano de fractura y al plano horizontal.

Las condiciones de estabilidad cuando el ancla es colocada inclinadamente respecto a la línea de techo es:

$$\text{Tan}\Phi(\sigma_b + \sigma_h \cos \alpha) > \sigma_h \text{sen} \alpha \cos \alpha$$

Igualmente de estabilidad cuando el ancla inclinada respecto a la línea de techo es:

$$\frac{(\alpha_h - \alpha_d \text{sen} \alpha \cos \alpha)}{(\alpha_h - \alpha_d \cos^2 \alpha + \alpha_d \text{sen}^2 \alpha)} < \tan$$

en ambos casos para que el anclaje sea efectivo, α_h debe ser débil.

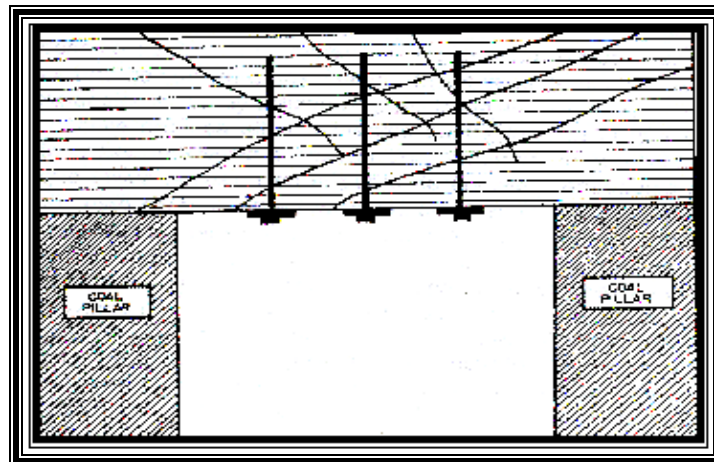


Figura A4.4.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).



4.1.d. Determinación de parámetros de un patrón de atornillamiento.

Los parámetros son determinados a partir de las fórmulas siguientes:

$$H = B(100 + RMR) / 100$$

donde:

H = altura de carga de la roca.

B = ancho de la galería.

RMR = rango del macizo rocosa de la clasificación geomecánica.

2-. Longitud del ancla: L_b

$$L_b = H/2 \quad \text{ó} \quad L_b = B/3, \quad L_b = (B)^{2/3}$$

3-. Capacidad de anclaje C_b (determinado por ensayo de extracción).

$$C_b = f_y \quad \text{ó} \quad lf \quad \text{(la que sea mas pequeña)}$$

Donde:

f_y = esfuerzo de cedencia del acero.

lf = esfuerzo de cadena del anclaje.

4-. Espaciamiento S_b (incluido un factor de seguridad de 1.7, a fin de reunir las disposiciones de seguridad).

$$S_b = (C_b)^{1/2} \quad \text{ó} \quad S_b = L_b/2$$

5. Arcos Rígidos.

Este modelo de carga provoca una combinación de esfuerzos axiales, por lo que en el análisis se tomaran en cuenta para la selección del perfil. El análisis estático se realiza con base en las siguientes expresiones:

$$Ay = By = \frac{(0.785h + 0.666r)}{(0.666h^3 + \pi rh^2 + 1.57r^3)}$$

$$M_{\text{máx}} = Ay \left[h + \left(\frac{0.5Ay}{q_t} \right) \right]$$

$$N = q_t \cdot r$$

$$\sigma = \left(\frac{q_t r}{F} \right) + Ay \left(h + \left(\frac{0.5Ay}{q_t} \right) \right) / W \leq \sigma_{st}$$

$$M = 0.5q_t r^2 \text{sen}^2 \alpha - Ay(h + r \text{sen} \alpha) \quad \text{para } 0 \leq \alpha < \pi.$$



$$M = A_y \cdot x \quad \text{para } 0 \leq \alpha < h'$$

$$N = q_r r \cos^2 \alpha - A_y \sin \alpha$$

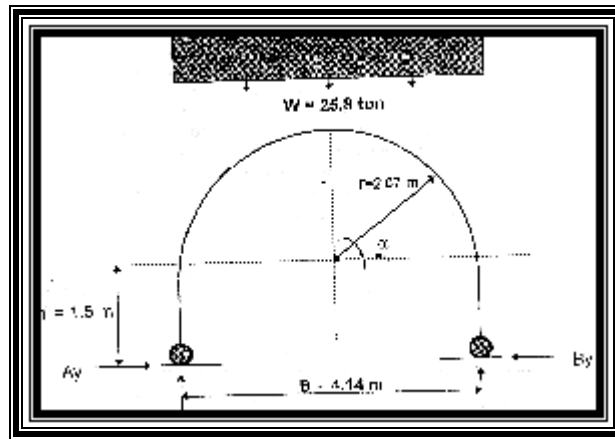


Figura A4.5.

(Fuente: Manual de entrenamiento en control de techos. Grupo Acerero del Norte).

Donde:

$A_y = B_y$ = reacciones de los lados en toneladas.

h' = distancia vertical del arco en m.

r = radio de arco en m.

α = ángulo formado con la horizontal en grados.

q_r = carga uniforme del techo en ton / m.

M = momento en ton - m.

N = fuerza normal al perfil.

σ = valor absoluto del esfuerzo en ton / m².

σ_{sf} = esfuerzo permisible del acero (1.5 F_y) en ton/m².

W = módulo de sección del perfil en m³.

F = área de la sección en m².

FY = límite elástico mínimo aparente en kg / cm² (ASTM - 36).

5.1.a. Determinación del momento flexionante.

Para determinar el momento flexionante máximo conoceremos primeramente la reacción A_y .

$$A_y = \frac{[(0.785 \times 1.5) + (0.666 \times 2.07 \times 6.23 \times (2.07)^3)]}{(0.666)(1.5)^3 + \pi(2.07)(1.5)^2 + (4)(1.5)(2.07)^2 + (1.57)(2.07)^3}$$

$$A_y = B_y = 2.499 \text{ ton.}$$

$$M_{\text{máx}} = (0.5)(6.23)(2.07)^2 - (2.499)(1.5 + 2.07).$$

$$M_{\text{máx}} = 4.24 \text{ ton - m.}$$

5.1.b. Determinación del modulo de sección.

El módulo de sección se determina con la siguiente expresión:

$$W = \frac{M}{\sigma_{sf}}$$

Como:

$$\sigma_{sf} = 2531 \times 1.5 = 3797 \text{ kg/cm}^2$$

(valor del esfuerzo de fluencia del acero ASTM A - 36 aplicando el factor de diseño considerando por algunos autores para el cálculo de soporte en minas de carbón).

$$\sigma_{sf} = 1.5F_y = (1.5)(2531) = 3797 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{sf} = 37,970 \text{ ton/m}^2.$$

$$W = 4.2497 / 37,970.$$

$$W = 0.000111843 \text{ m}^3.$$

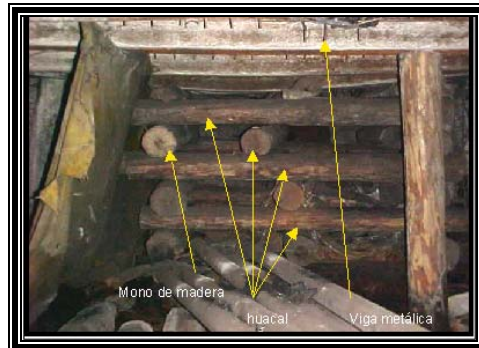
$$W = 111.8 \text{ cm}^3.$$

Los métodos de fortificación de galerías son variados y a continuación vamos a tratar algunos de ellos.

6. Madera.

Ha sido usada exclusivamente durante muchos años. En forma de cuadros con piezas entalladas entre sí. Su número suele ser de dos o tres, pero puede ser mayor su fortificación. Las clases de madera más frecuentes son el pino y el eucalipto.

Aunque poco usada para la fortificación en forma de cuadros, se sigue utilizando frecuentemente como huacales (fotografía A4.4). Pero ésta empieza a ser escasa y cara, ya que no se puede reutilizar



Fotografía A4.4. Huacal.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).



ANEXO V

VENTILACIÓN.



A.5.1. Fundamentos del flujo del aire.

1. En una mina se induce el flujo del aire por la diferencia de presión entre los conductos de entrada y salida.
2. La diferencia de presión se provoca aplicando alguna forma de energía en alguno o en varios puntos del sistema de ventilación.
3. La presencia aplicada debe ser suficiente para contrarrestar la resistencia friccional y las pérdidas por choque.
4. Debe contarse conductos de entrada y salida para el paso del aire.
5. El aire siempre se mueve de un punto de alta presión a otro de baja presión.
6. La corriente y el flujo de aire sigue una relación cuadrática entre volúmenes y presiones, es decir un volumen doble requiere cuatro veces la presión.
7. Las presiones en la ventilación minera puede ser, con respecto a la presión atmosférica, positivas (soplado) o negativa (descargando). Las presiones de ventilación que producen circulaciones se miden ya sea en pies de columna de aire o en pulgadas de agua equivalentes. En muchos cálculos las presiones deben reducirse a pulgadas de agua; una pulgada de agua representa una presión de 5.2 psf (libras por pie cuadrado).
8. La caída de presión de cada ramal que se separa en un punto común y regresa a otro punto común, será la misma independiente de la cantidad de aire que fluye por cada ramal.

De lo anterior se desprende que no puede haber movimiento del aire a través de obra mineras del aire a través de obras mineras a menos que haya diferencias de presiones en el circuito para vencer las pérdidas de carga. El flujo se debe a la diferencia de presión y ésta sólo puede originarla una fuente de energía.

Hay dos fuentes de energía que pueden generar una diferencia de presión: la natural y la mecánica, para nuestro estudio veremos la mecánica.

A.4.2. Ventilación mecánica.

Dado que pocas veces se puede depender de la ventilación natural para disponer del volumen y la presión determinados para satisfacer los requerimientos en todos los lugares de trabajo, en las minas modernas se usan la ventilación mecánica, en especial en la carbonífera.

Por ventilación mecánica se entiende el uso de ventiladores para forzar la circulación del aire, distribuyéndolo en las galerías en cantidades suficientes para mantener los lugares de trabajo en condiciones seguras y saludables.

A.4.3. Variables importantes de cantidad de aire.

Las variables más importantes relacionadas con el control de la cantidad del aire de la mina son velocidad y la presión. Cuando esos parámetros se conocen en varias estaciones de medida, el problema del control de la cantidad o volumen en conjunto puede resolverse utilizando métodos analíticos y/o numéricos del flujo de fluidos. Otras variables como la temperatura y la densidad también deben conocerse para el control de la cantidad, pero la importancia es mayor para el acondicionamiento y para el control de la temperatura y humedad.

Para que un sistema de ventilación dentro de mina opere adecuadamente deben de comprobarse la dirección y cantidad de aire en estaciones de medida estratégicamente elegidas, en el caso de Mina III – MIMOSA, se meden en el cañón 6 oriente auxiliar (al momento del estudio). Las secciones críticas de la mina que presentan problemas de ventilación poco comunes, pueden requerir de un monitoreo continuo de la cantidad del aire para asegurar un ambiente minero seguro.



Los levantamientos completos de ventilación se deben efectuar periódicamente, en la Mina III - MIMOSA se llevan a cabo todos los días, por las siguientes razones:

1. Para conocer la extensión y lo adecuado del sistema de ventilación existente y comprobar que cumpla con las necesidades específicas y con las normas y reglamentos;
2. Para tener información que pueda requerir cuando se presenta emergencias o desastres subterráneos como incendios, explosiones, hundimientos mayores o inundaciones;
3. Para planear mejores de las condiciones ambientales actuales, o de la eficiencia del sistema de ventilación: y para hacer prevenciones de ampliaciones o modificaciones del método de minado; para instalación de nuevos ventiladores tiros de ventilación.

La exactitud en la determinación de las cantidades de aire dependerá, por supuesto, de muchos factores, el más importante es el cuidado que se ponga al seleccionar las estaciones de medida, y al determinar las velocidades y áreas de sus secciones transversales. Muchas determinaciones de las cantidades de aire en las minas (no es necesario que sean absolutamente correctas), de hecho las medidas subterráneas más cuidadosas son 95% precisas. Las medidas diarias hechas por los técnicos sobre la línea central, las medidas relativas o comparativas son satisfactorios en la mayoría de los casos. Sin embargo, se requieren levantamientos meticulosos del aire cuando se efectúan estimaciones de cantidades, pruebas de ventilador y determinaciones de la calidad y de caídas de presión.

Medidas de corrientes de aire de velocidad moderada. Para medir velocidades medianas de 120 a 2,000 pies/min (0.6 a 10.2 m/s) los anemómetros comerciales de álabes, que son pequeños molinos de viento engranados mediante un pequeño clutch a contadores mecánicos de revoluciones; son prácticos, convenientes y precisos. El tamaño comercial común es de 4" de diámetro. Para las medidas ordinarias burdas el anemómetro se sostiene en la mano; para medidas más precisas se monta en una varilla para reducir el efecto de la mano, brazo y cuerpo sobre la corriente de aire. Las lecturas de los anemómetros son virtualmente independientes de las densidades y temperaturas que se encuentren en el trabajo subterráneo y tiene la ventaja de que las lecturas casi no sean afectadas por el flujo no-paralelo.

Este instrumento lo usan en mina III para medir el flujo de aire en el cañón 6 oriente auxiliar por donde circula el aire viciado.

Los anemómetros de alavés, registran dentro de un margen de más o menos 10% la velocidad verdadera. El método común para determinar las velocidades del aire en las galerías de una mina es por medidas en un punto, esto es, que el anemómetro se sostiene en el centro de la sección. Para comparación diaria, tales medidas en un punto son satisfactorias, con tal de que se tomen en un mismo lugar.

Los métodos de medición precisos con anemómetros sólo se justifican en las corrientes de aire principales en relación con pruebas del funcionamiento de ventiladores o para determinar relaciones presión - cantidad. Debe aplicarse en secciones de área regular sobre conductos rectos y lejos de cualquier influencia perturbadora.



A.4.4. Atmósfera en interior mina

El aire es una mezcla de varios gases cuya composición es la siguiente:

Gas	% en volumen
Oxígeno (O ₂)	20.93
Nitrógeno (N ₂)	78.10
Argón (Ar)	0.9325
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.03
Hidrógeno (H ₂)	0.01
Neón (Ne)	0.0018
Helio (He)	0.0005
Kriptón (Kr)	0.0001
Xenón (Xe)	0.000009

Los gases más comunes en una atmósfera de mina son:

- [Anhídrido carbónico.](#)
- [Monóxido de carbono.](#)
- [Sulfuro de hidrógeno.](#)
- [Dióxido de azufre.](#)
- [Hidrógeno](#)
- [Nitrosos.](#)

ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO₂). Es también llamado dióxido de carbono y es el resultante de la combustión completa del carbono por tanto es incombustible. Se forma en grandes cantidades en los incendios de mina, explosiones de grisú y polvo de carbón.

Sus características más importantes son:

- Incoloro.
- Soluble en agua.
- Sabor y olor ligeramente ácido.
- Irritante en las mucosas de nariz y ojos.
- Es asfixiante.

Es muy peligroso debido a su tendencia a acumularse en los lugares bajos de las labores, y es especialmente temido en los fondos de saco y galerías abandonadas. Su presencia se detecta mediante la lámpara de seguridad, detector automático digital, y tubos colorimétricos.

MONÓXIDO DE CARBONO (CO). Aparece en los casos de combustión incompleta, por rozamiento, calentamiento, explosiones de grisú o polvo de carbón, en los escapes de las locomotoras diesel mal regulados, en voladuras, etc. Es combustible y arde con llama azul, suele aparecer en compañía de otros gases. Actúa directamente sobre los nervios llegando a paralizar a una persona y la mejor manera de recuperación es la oxigenación inmediata.

Sus características son:

- Es incoloro.
- Es inodoro.
- Es insípido.
- Es altamente tóxico.

Su presencia se detecta mediante los equipos de lectura directa y tubos colorimétricos.



SULFURO DE HIDRÓGENO (SH₂). Se origina por la descomposición de piritas y sustancias que contengan azufre, apareciendo frecuentemente en las labores antiguas con acumulaciones de agua. Al respirarlo tiende a apoderarse del oxígeno de la sangre impidiendo la oxigenación del cuerpo. En caso de intoxicación se ha de transportar al afectado a un lugar limpio y asistirle con respiración artificial y mascarilla de oxígeno. Se detecta su presencia mediante tubos colorimétricos.

Sus características principales son:

- Es incoloro.
- Tiene un sabor azucarado.
- Desprende un olor muy fuerte y desagradable parecido a los huevos podridos.
- Es más pesado que el aire.
- Es altamente tóxico.

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂). Se produce por la combustión de compuestos de azufre, pudiendo producir la muerte por efecto de edemas pulmonares.

Es un gas:

- Incoloro.
- Con un ligero olor picante.
- Tóxico

HIDRÓGENO (H₂). En la minería se encuentra en estado libre debido a la incorporación de las cargas de baterías en el interior; así como al utilizar algún tipo de explosivos, en las explosiones e incendios por descomposición de agua en contacto con el carbón incandescente.

El principal riesgo que entraña se presenta al unirse con él oxígeno a temperatura elevada ya en este caso es explosivo. La concentración más peligrosa es 71% de aire y 28% de hidrógeno en este caso es más inflamable que el grisú. Se detecta mediante un toxímetro que es un medidor específico de hidrógeno que mediante un visor digital permite conocer las p.p.m. (partes por millón) de las concentraciones analizadas.

Es un gas:

- Incoloro.
- Inodoro.
- Insípido.
- Asfixiante.

NITROSOS (NO+NO₂.) Son derivados de diferentes óxidos de nitrógeno. Se encuentra como mezcla en diferentes concentraciones como producto habitual de las voladuras en los frentes. Estos dos gases no se separan nunca en esta situación por lo que hay que reconocerlos juntos aunque los porcentajes varíen constantemente. Producen la muerte por edema pulmonar por lo que es preciso tener cuidado en los momentos inmediatos a la pega y conviene regar la carga de tierra para disolverlos. Se detectan mediante tubos colorimétricos.

Sus características más importantes son:

- De color acre.
- De color pardo rojizo.
- Son muy tóxicos.



GRISÚ (CH₄). Se llama grisú a una mezcla de metano con aire en proporciones variables. Puede contener en la mezcla algún que otro gas (etano, anhídrido carbónico, etc.) pero las características las determina el metano que puede alcanzar porcentajes muy altos.

Desplaza al oxígeno en la mezcla de aire hasta niveles en los que el % de oxígeno O₂ sea lo suficientemente bajo para no permitir la supervivencia humana. Tiende a acumularse en los lugares altos de las labores donde la velocidad de ventilación es pequeña. Se le llama también gas de los pantanos por originarse en la putrefacción de vegetales normalmente en los yacimientos de origen orgánicos.

En las labores puede aparecer de diferentes formas:

- Desprendimiento lento al liberarse entre el carbón y los hastiales.
- Desprendimiento ocasional, audible, sin violencia, en grietas, fallas o roturas naturales.
- Desprendimientos instantáneos solo o con CO₂ y posible proyección de sólidos.

Su mayor riesgo se debe a la capacidad de arder a explotar dependiendo de los porcentajes de su mezcla con el aire considerándose el mayor riesgo desde el 5% al 16% en los que la mezcla es altamente explosiva ardiendo por debajo de la cifra menor y apagando la llama por encima de la cifra mayor. Su temperatura de inflamación es > 600 °C aunque depende de muchos factores. La llama o explosión puede ser originada por fuego directo, chispas eléctricas, explosivos, choques entre metales, metal - roca, etc.

Se detecta mediante la lámpara de gasolina (lámpara de seguridad), [grisuómetros o metanómetros](#), y la estación de telecontrol.

Las características son:

- Es altamente combustible y arde con llama azulada.
- Es incoloro.
- Es insípido.
- Es asfixiante.
- Pesa menos que el aire.



Las lecturas de ventilación en la Mina III - MIMOSA se pueden apreciar en la siguiente tabla.

INFORME DE VENTILACION MINA III																																						
										FECHA: 13 AGOSTO DE 2003.																												
NOMBRE DE GALERIA	LUGAR	SECCION	VELOCIDAD	AIRE EN M ³ /SEG.	% METANO	VOL. CH4 LTS/SEG.	BULBO HUMEDO	BULBO SECO	HR	OBSERVACIONES																												
INCLINADO "A"	ENT. AIRE	11.50	5.5	62.7	0.0	0.0	24	28	73	SE HIZO CAMBIO DE DUCTOS DE DESGASAMIENTO DEL X ¹⁵ AL X ¹⁴ C. 6 OTE. SE CAMBIO ESTACION DE TOMA DE LECTURAS CERCA DEL TIRO VERTICAL, CON EL FIN DE TENER LECTURAS DEL VOLUMEN DE AIRE MAS REALES EN LA SALIDA GENERAL.																												
INCLINADO "B"	ENT. AIRE	12.00	6.30	82.8	0.0	0.0	24	28	73																													
C.GRAL.NTE.AUX.PTE	ANT. Xo.7	10.0	2.5	25.0	1.3	325	24	26	85																													
C. GRAL. NTE. 4a.OBRA.	ANT. Xo.7	10.0	2.00	20.0	1.0	200	24	26	85																													
C. 5a. OBRA GRAL. PTE.	SAL. AIRE	5.13	4.50	23.1	0.1	23	24	26	85																													
LLEGADA A T.V LADO DESAR.	SAL. AIRE	10.50	6.50	68.3	0.3	205	24	26	85																													
LLEGADA A T.V LADO PUENT	SAL. AIRE	8.00	7.40	59.2	0.7	414	21	26	61																													
DESC. AUX. FLARGA 5 OTE.	ANT. C.6 OTE.	8.80	2.7	23.8	0.7	166	24	26	85																													
C. 6 OTE. AUX.(MATERIALES)	ANT. DESC. AUX.	10.00	1.8	18.0	0.7	126	25	27	85																													
C. 6 OTE. AUX.(MATERIALES)	ANT. CUAD. DESG	10.00	1.6	16.0	0.1	16	25	27	85																													
FLARGA 5 OTE.	REGRESO	7.20	1.0	7.2	0.4	29	26	27	93																													
C.6 OTE.(BANDA)	ANT. Xo.13	7.00	1.6	11.20	0	0	24	26	85																													
C. 6 OTE.AUX.(REGRESO)	ANT. Xo.1	10.00	2.7	27.00	1.3	361	24	25	91																													
C. 6 OTE. AUX.(MATERIALES)	ANT. Xo.1	9.20	2.8	25.76	0.7	180	24	25	91																													
PROMEDIO		9.2	3.5	33.6	0.5	145.4	24.1	26.4	83.0																													
OBSERVACIONES:																																						
ELABORO:																																						
T.E.M. ARNULFO YAMASAKI GONZALEZ																																						
HOMBRE Y FIRMA																																						
PUESTO: JEFE DE VENTILACION M-III																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ABANICO PRINCIPAL</th> <th>R.F.M.</th> <th>POSICION DE ASPAS</th> <th>DEPRESION EN PULGADAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>1200</td> <td>3° (21°)</td> <td>12.9</td> </tr> <tr> <td>ABANICO AUXILIAR</td> <td>2100</td> <td>30°</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">AIRE TOTAL EN REGRESOS GRALES: 150.54</td> <td>M³/SEG.</td> <td>316.833</td> </tr> <tr> <td colspan="2">METANO TOTAL EN REGRESOS GRALES: 0.00</td> <td>M³/SEG.</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>P.C.M.</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>P.C.M.</td> </tr> </tbody> </table>											ABANICO PRINCIPAL	R.F.M.	POSICION DE ASPAS	DEPRESION EN PULGADAS		1200	3° (21°)	12.9	ABANICO AUXILIAR	2100	30°	5.0	AIRE TOTAL EN REGRESOS GRALES: 150.54		M ³ /SEG.	316.833	METANO TOTAL EN REGRESOS GRALES: 0.00		M ³ /SEG.	0				P.C.M.				P.C.M.
ABANICO PRINCIPAL	R.F.M.	POSICION DE ASPAS	DEPRESION EN PULGADAS																																			
	1200	3° (21°)	12.9																																			
ABANICO AUXILIAR	2100	30°	5.0																																			
AIRE TOTAL EN REGRESOS GRALES: 150.54		M ³ /SEG.	316.833																																			
METANO TOTAL EN REGRESOS GRALES: 0.00		M ³ /SEG.	0																																			
			P.C.M.																																			
			P.C.M.																																			

Fuente: Mina III – MIMOSA.



ANEXO VI

EQUIPO DE TRANSPORTE.



A.6.1. Como se fabrica una banda.

Es importante conocer como se fabrica una banda transportadora para su cuidado y mantenimiento. La carcasa de la banda transportadora proporciona toda la fuerza de la estructura. Desempeña toda la función de soportar la carga. El esqueleto puede estar fabricado de una o varias capas de textil. Estos tejidos varían en diseño estructural de acuerdo con las aplicaciones a las que se le destine.

Por ejemplo: la fuerza de la banda se puede incrementar mediante la combinación de varias capas de textil en la carcasa ya terminada. Durante la fabricación, cada capa esta recubierta con hule. Estas capas se unen bajo presión y después junto con el esqueleto se vulcanizan hasta formar un solo cuerpo. Con los textiles sintéticos de hoy en día, con el desarrollo y modificaciones en los elastómeros, las bandas transportadoras trabajan en las condiciones más críticas de humedad y otros contaminantes.

Las cubiertas de hule no aportan ninguna fuerza al esqueleto. El propósito principal de estas es el de proteger al esqueleto del ataque físico / químico del material que se maneja. El hule tiene una excelente resistencia a la abrasión, a los aceites y a las temperaturas. Puede también resistir el impacto de materiales puntiagudos y pesados, siempre que la fuerza del impacto no la distorsione más allá del límite de la elasticidad.

A.6.2. Construcción típica de la banda.

El canto vulcanizado da una mejor resistencia a la banda. Las bandas **Tecnibandas**, también presenta buena resistencia al ataque del ozono (O_3). La banda transportadora puede dañarse de distintas formas; piedras puntiagudas y pesadas al caer sobre la banda, los cantos se dañan al frotarse contra la estructura del transportador ocasionando separaciones de las capas en el canto de la banda.

El material puede excederse y caer sobre el retorno y ser llevado de vuelta hasta la polea de cola o poleas del contrapeso y quedar atrapado lo cual causara serios daños a la cubierta y al esqueleto de la banda. El punto clave para minimizar estos problemas potenciales está en el mantenimiento y limpieza, para la mina de carbón es esencial que estos lugares de la banda estén en constante monitoreo para que no se presente un incendio.

A.6.3. Selección de una banda transportadora.

El transporte de mineral internamente y superficial en la mina III, es por una banda transportadora que representa del 30 al 50 % del costo de transportador por lo que es importante cuidar la banda desde el momento en que llega a nuestro almacén, hasta el momento en que es retirada de la operación para ser remplazada.

A.6.4. Selección del esqueleto.

El esqueleto de la banda transportadora debe de ser capaz de soportar todas las tensiones sobre la banda a medida que recibe, transporta y eleva la carga. Los siguientes requisitos de rendimiento:

1. *Tensión*: Capacidad nominal para soportar la tensión de operación máxima.
2. *Soporte de carga*: Rigidez transversal para soportar la banda cuando esté cargada a toda su capacidad.
3. *Resistencia al impacto*: Capacidad de resistir el impacto del material cuando es de tamaño grande.
4. *Flexibilidad longitudinal*: Suficiente flexibilidad para hacer el recorrido alrededor de todas las poleas y rodillos en el sistema, sin reducir la vida del empalme. Cada uno de estos parámetros deberá ser considerado cuidadosamente, para ver cual será el factor determinante para la selección de la banda.

5. *Selección del tipo de cubierta:* La cubierta de la banda transportadora es la principal protección del esqueleto. El desgaste de las cubiertas esta determinado por el ciclo de la banda y las características de carga. Las siguientes condiciones de funcionamiento deberán ser evaluadas:
- Material. Diferentes tamaño, tipos, altura de alimentación y cantidades de material pueden influir en la resistencia que debe de tener la banda a las cortaduras, rasgaduras y abrasión (fotografía A6.1).
 - Carga. La manera en que se cargue una banda puede influir en su vida útil.
 - Medio ambiente. Las cubiertas de hule de hoy día pueden estar compuestas para resistir específicamente la exposición a la intemperie, aceite, grasa, humedad, calor, fuego.



Fotografía A6.1. Rodillo de banda en cañón 6 oriente.
(Fuente: Mina III-MIMOSA).

A.6.5. Alineación.

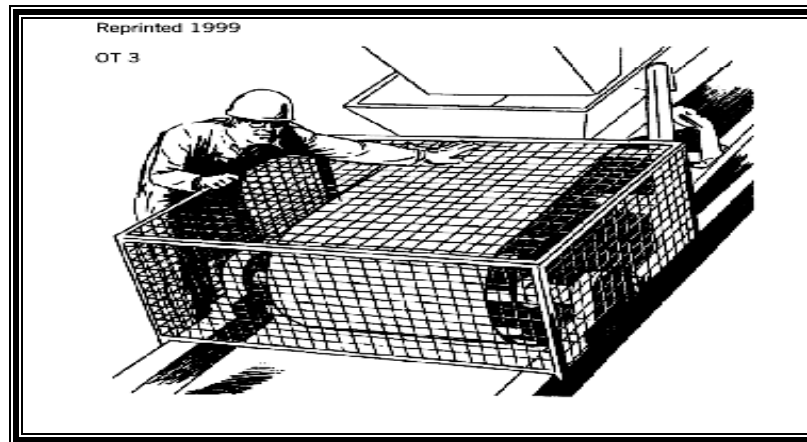
El alineado no es más que el proceso de ajustar los rodillos, las poleas y las condiciones de carga para corregir cualquier tendencia de la banda a salirse del centro. La banda casi siempre trata de girar hacia el lado en que toca primero el rodillo, este método es seguro pero sólo si la banda hace contacto con los tres rodillos. Por lo cual antes de que funcione hay que verificar que la banda está tocando los tres rodillos (fotografía A6.2).

En obras de preparación se nota que la banda no esta centrada y los rodillos están sueltos y algunos presentan fracturas lo cual representa fricción con la banda.

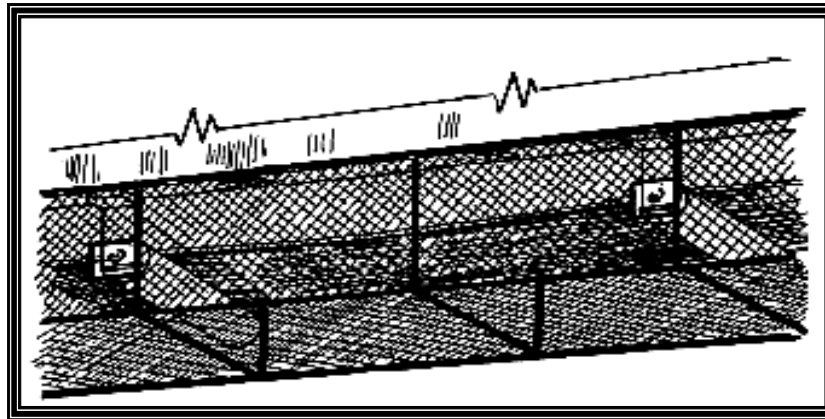


Fotografía A6.2. Se observa el centrado de la banda.
(Fuente: Mina III-MIMOSA).

El diseño de las protecciones se presenta en los siguientes dibujos:



Dibujo A6.1. Protección para la banda.



Dibujo A6.2. Protección para la banda.
(Fuente: MIMOSA).

- Para calcular la tensión de una banda:
La resistencia de fricción o tensión necesaria para mover la banda vacía, se representa por T_x .

$$T_x = (F_x)(L_c)(G)$$

donde

G = peso de la banda, rodillos, poleas de contacto y cualquier otra polea girada por la banda, se expresa en lb/pie de longitud de banda.

F = coeficiente de fricción de las piezas giratorias.

F_x = valor de F considerando la tensión necesaria para mover la banda vacía.

Se toma este valor = 0.03 en condiciones ideales. Se aumenta este valor a 0.035.

F_y = valor F cuando se calcula la tensión necesaria para mover la carga horizontal mente.

Normalmente use el valor de 0.04.

L = longitud del transportador en pies, medida a lo largo de la banda, entre centros de poleas terminales.



$$L_c = 0.55L + 115 \text{ pies}$$

Donde:

H = altura vertical en pies entre los puntos de carga y descarga.

Q = peso de carga en lb/pie de longitud del transportador.

Lc = longitud corregidas entre centros.

$$Q = 33.3 \times \frac{C}{S}$$

Donde:

C = capacidad de carga en toneladas cortas por hora.

S = velocidad de la banda en pies/min.

La resistencia de fricción o tensión necesaria para mover la carga horizontalmente, representada por Ty.

$$T_y = (F_y)(L_c)(G)$$

Los componentes de grave de la carga o la tensión necesaria para levantar o bajar la carga, está representada por Tz. Esta es positiva si la carga es levantada, negativa si la carga se baja y cero si el transportador es horizontal.

$$T_z = (H)(Q)$$

➤ Diámetros de los rollos de bandas.

$$Diam = \sqrt{15LT + 2''}$$

L = longitud de la banda (pies).

T = espesor de la banda (pulgadas).

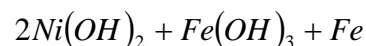
A.6.6. Locomotoras de acumuladores.

Sus baterías están constituidas por acumuladores hierro - níquel. Utilizando como electrolito una solución de potasa al 21%.

Las materias activas son:

- Hidróxido de níquel para la placa positiva.
- Hidróxido de hierro para la placa negativa.

Las reacciones son las siguientes:



Llevar a cabo la fabricación de las baterías es muy delicado, ya que los hidróxidos de níquel y de hierro son pulverulentos y no pueden aglomerarse con ningún ligante. La solución es introducir los hidróxidos en unos pequeños estuches de chapas niqueladas muy delgadas y finamente perforadas. Estos estuches se introducen en parrillas de acero niquelado que constituyen así las placas.

➤ Características de las baterías.

Es importante su característica de la batería en su capacidad, es decir, la cantidad de energía que suministra durante dos cargas sucesivas. Se expresa en amperios - hora (A/h); se suministran 80 Am durante 5 horas, porque es el tiempo que se toma como base.

Otra característica es el rendimiento, que se define como la relación entre la energía suministrada y la energía necesaria para la recarga. Varía entre 50 y 85 % según sea la forma en que se utilice la batería.

En la carga de las baterías debe vigilarse cuidadosamente: Si es demasiado lenta, se pierde mucho tiempo, pero si es muy rápida se estimulan las reacciones de electrólisis y se producen calentamientos. De un modo general, la carga se hace en dos etapas. Una primera con una corriente relativamente fuerte, seguida de otra más débil. El control se hace siguiendo la evolución de la tensión en función de la corriente de carga. Una carga dura normalmente ochos horas.

➤ La vía.

Esta constituida fundamentalmente por tres partes: los carriles, las traviesas y el balasto. El carril tiene el perfil que se muestra en la fotografía A6.3. En él se distinguen la cabeza, el alma y el patín. Su peso mínimo es de 20 kg/m, pero a medida que las locomotoras son más potentes y los trenes, consecuentemente, más largos y pesados, es preciso aumentar el peso del carril, que llega en las minas a 30 y 45 kg/m.



Fotografía A6.3. Patín.
(Fuente: Mina III - MIMOSA).

Los carriles contiguos se unen entre si mediante las eclisas, placas de acero que se atornillan al alma del carril. Las traviesas son de madera, preferentemente de roble, aunque modernamente, debido a su carestía y escasez, se sustituyen por otras más abundantes y baratas, tales como pino, etc. Las traviesas de hormigón o metálicas se utilizan en la minería metálica. El balasto, constituido por grava o roca triturada, de un calibre adecuado, tiene la misión de asentar las traviesas sobre la plataforma de la vía, consiguiendo que ésta en su conjunto, sea estable y capaz de resistir los enormes esfuerzos a que están sometidos al paso de la locomotora.

El ancho de vías es, normalmente, de 600 mm, si bien en algunas minas de mucho tráfico, que utilizan locomotoras pesadas y vagones de gran capacidad, está sometido al paso de los trenes.

El ancho de la vía está sometido a un gran número de esfuerzos, por lo que debe colocarse adecuadamente y mantenerla en buen estado de conservación, comprobando periódicamente su nivelación y alineación.



Los esfuerzos que soporta la vía son:

- Verticales, debido no solo al peso que le transmiten la locomotora que circulan sobre ella, sino al cabeceo y al balanceo de los vagones, a la desigualdad de las reacciones en los carriles exterior e interior en las curvas y a las sacudidas y choques que se producen entre carriles contiguos, tanto por irregularidades de la llanta de las ruedas como del propio carril.
- Transversales, debido a holguras existentes en el ancho de vía y a la fuerza centrífuga en las curvas.
- Longitudes, que se producen en los descarrilamientos.



ANEXO VII

PRODUCCIÓN.



PRODUCCIÓN EN JULIO 2003.				
DÍA	MINA III			
	HÚMEDO	H₂O	SECO	CZA.
	TON.	%	TON.	%
1	2,503.520	7.66	2,311.750	49.35
2	3,615.010	7.20	3,354.729	54.52
3	4,483.770	6.78	4,179.770	51.04
4	3,915.020	7.88	3,606.516	50.98
5	2,519.590	7.40	2,333.140	53.90
6	1,886.530	7.44	1,746.172	54.56
7	3,338.740	7.04	3,103.693	54.33
8	5,093.430	6.58	4,758.282	50.54
9	3,174.100	7.09	2,949.056	49.70
10	3,921.840	7.78	3,616.721	54.46
11	1,791.250	7.00	1,665.863	64.72
12	3,241.650	6.28	3,038.074	54.02
13	0.000	0.00	0.000	0.00
14	3,198.080	7.98	2,942.873	55.32
15	3,284.580	6.06	3,085.534	50.02
16	3,230.360	7.23	2,996.805	53.02
17	3,526.030	8.46	3,227.728	50.13
18	3,275.850	7.58	3,027.541	50.19
19	3,136.370	7.68	2,895.497	53.79
20	3,213.870	9.74	2,900.839	57.01
21	665.850	9.14	604.991	58.71
22	2,408.050	7.24	2,233.707	56.35
23	3,846.77	6.58	3,593.653	54.35
24	1,972.020	6.04	1,852.910	52.92
25	3,132.680	6.36	2,933.442	53.00
26	3,191.110	7.16	2,962.627	52.56
27	656.610	7.64	606.445	52.06
28	578.190	7.14	536.907	54.60
29	2,676.870	8.90	2,438.629	54.44
30	1,771.210	8.10	1,627.742	50.72
31	2,631.210	7.08	2,444.920	52.52
TOTAL	46,395.710	7.56	79,576.557	53.43

Fuente: Mina III – MIMOSA.

Producción Mundial del Carbón, 1980-2001.

(Million Short Tons)

Country	FIPS CODE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Canada	CA	40.42	44.19	47.19	49.36	63.27	66.95	63.73	67.47	77.87	77.73	75.35	78.41	72.32	76.09	80.28	82.57	83.47	86.82	82.90	79.91	76.24	77.68
Mexico	MX	4.00	3.94	4.74	6.02	6.56	6.73	7.29	8.85	7.90	8.49	8.59	7.80	7.24	7.84	10.07	10.26	11.14	11.48	12.38	11.38	12.50	12.81
United States	US	829.70	823.77	838.11	792.09	895.92	883.84	890.31	910.76	950.26	980.73	1,029.08	995.98	987.54	945.42	1,033.50	1,032.97	1,083.98	1,089.93	1,117.53	1,100.43	1,073.61	1,121.33
Argentina	AR	0.43	0.55	0.57	0.54	0.56	0.44	0.40	0.41	0.56	0.57	0.31	0.32	0.22	0.18	0.38	0.34	0.34	0.28	0.32	0.37	0.29	0.21
Brazil	BR	5.78	6.27	7.00	7.43	8.29	8.50	8.15	7.59	8.08	7.35	5.07	5.72	5.22	5.07	4.91	4.58	4.23	4.88	4.88	4.73	5.45	4.53
Chile	CL	1.23	1.14	1.04	1.09	1.32	1.56	1.85	1.73	2.12	2.15	2.41	2.43	1.78	1.49	1.30	1.14	1.11	1.15	1.04	0.53	0.40	0.63
Colombia	CO	4.53	4.77	4.87	5.72	7.31	9.77	11.73	14.94	16.61	20.21	22.56	22.04	24.15	23.39	24.98	28.37	33.14	35.93	37.20	36.11	42.04	47.89
Peru	PE	0.05	0.12	0.09	0.12	0.13	0.16	0.19	0.14	0.16	0.14	0.14	0.08	0.20	0.13	0.10	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05
Venezuela	VE	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	0.07	1.20	2.34	2.41	2.40	2.70	4.21	4.72	4.48	4.01	5.67	8.22	7.69	8.89	8.36
Austria	AU	3.16	3.37	3.63	3.35	3.23	3.40	3.27	3.07	2.35	2.28	2.70	2.29	1.95	1.86	1.51	1.43	1.22	1.25	1.26	1.25	1.38	1.33
Belgium	BE	6.97	11.64	12.12	10.91	11.43	11.40	10.10	7.39	3.54	2.80	2.69	2.32	1.32	1.07	0.83	0.70	0.62	0.47	0.34	0.40	0.41	0.24
Former Yugoslavia	YO	45.53	57.24	60.26	65.47	71.73	77.01	77.00	78.77	90.00	82.23	83.61	78.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
France	FR	25.08	25.62	24.05	23.41	22.82	20.89	20.35	20.23	16.03	15.94	14.92	14.19	13.04	11.75	10.59	10.91	9.43	8.08	6.74	5.58	3.85	2.53
Germany, East	GC	294.50	294.02	304.29	306.41	326.66	344.09	343.11	340.59	342.06	331.86	308.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Germany, West	GE	247.74	249.69	247.74	238.24	236.02	233.64	224.87	213.56	209.85	208.86	205.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Greece	GR	25.57	30.11	30.20	33.72	35.63	39.56	41.99	49.19	53.27	57.17	57.21	58.09	60.88	60.43	62.47	63.56	65.90	64.86	67.11	68.40	70.42	74.49
Ireland	EI	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Italy	IT	1.42	1.34	2.10	1.83	1.97	2.10	1.12	1.07	1.15	1.18	1.12	1.06	0.91	0.69	0.30	0.19	0.15	0.24	0.21	0.13	0.02	0.02
Norway	NO	0.32	0.45	0.49	0.56	0.50	0.56	0.48	0.44	0.29	0.40	0.33	0.36	0.40	0.30	0.33	0.32	0.25	0.43	0.36	0.45	0.70	1.66
Portugal	PO	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.26	0.26	0.29	0.25	0.28	0.31	0.30	0.24	0.22	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spain	SP	40.92	47.54	52.36	52.83	52.35	53.47	52.41	47.31	45.07	48.43	39.63	37.00	36.90	34.91	32.67	31.28	30.75	29.16	28.74	26.77	25.87	25.00
Sweden	SV	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Turkey	TU	20.17	22.92	24.49	27.45	33.27	43.97	51.00	51.61	43.20	57.57	52.58	50.98	58.93	53.62	59.93	60.71	62.13	66.08	74.28	73.90	69.59	72.57
United Kingdom	UK	143.76	140.89	137.70	131.81	56.44	103.62	119.16	115.08	114.75	111.44	104.05	104.63	93.59	75.18	53.92	52.48	53.50	51.79	44.14	39.86	33.73	34.74
Albania	AL	1.56	1.70	1.87	2.04	2.22	2.37	2.39	2.35	2.41	2.42	2.28	1.20	0.88	0.66	0.19	0.18	0.11	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04
Bulgaria	BU	39.58	38.37	42.28	42.51	42.47	39.86	44.47	46.34	42.89	42.87	39.01	31.26	33.25	31.79	31.60	33.89	33.72	32.75	34.14	31.22	32.69	31.47
Former Czechoslovakia	CZ	137.24	134.75	137.15	141.56	144.64	141.54	141.08	140.84	136.31	131.86	117.49	109.27	101.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Former U.S.S.R.	UR	789.71	772.80	785.68	778.95	785.34	800.72	828.06	837.58	851.31	816.07	881.84	701.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hungary	HU	28.32	28.65	28.76	28.02	27.83	26.56	26.75	25.54	23.31	22.40	19.85	18.99	17.45	16.11	15.55	16.08	16.74	17.18	17.05	16.82	16.16	15.85
Poland	PL	253.52	218.87	250.18	257.53	266.73	274.90	285.87	293.44	293.44	274.68	237.08	230.66	218.44	218.43	220.35	220.17	193.08	221.52	196.17	187.57	178.27	178.94
Romania	RO	38.76	40.70	41.73	49.08	48.80	51.35	52.38	56.81	64.81	66.40	42.09	35.72	42.30	43.82	44.70	45.33	46.15	37.27	28.91	25.22	32.28	33.08
Iran	IR	0.99	0.77	1.24	1.13	1.37	1.39	1.39	1.37	1.39	1.32	1.21	0.99	1.07	1.07	1.43	1.25	1.33	1.33	1.29	1.47	1.54	1.54
Algeria	AG	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
Botswana	BC	0.41	0.42	0.46	0.44	0.43	0.48	0.55	0.64	0.68	0.73	0.88	0.86	0.98	0.98	0.89	0.89	0.84	0.86	1.02	1.04	1.06	1.06
Congo (Kinshasa)	CG	0.15	0.15	0.14	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.17	0.12	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11
Morocco	MO	0.75	0.78	0.81	0.83	0.82	0.85	0.85	0.70	0.70	0.56	0.58	0.61	0.63	0.67	0.72	0.72	0.58	0.41	0.30	0.14	0.03	0.03
Mozambique	MZ	0.23	0.36	0.22	0.06	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Niger	NG	0.02	0.03	0.05	0.14	0.17	0.17	0.14	0.18	0.17	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17
Nigeria	NI	0.18	0.11	0.06	0.06	0.09	0.15	0.16	0.13	0.09	0.09	0.10	0.15	0.11	0.13	0.14	0.15	0.15	0.15	0.07	0.07	0.07	0.07
South Africa	SF	131.95	149.33	154.60	160.53	179.60	191.26	194.77	194.62	199.92	194.47	193.18	196.43	201.20	203.04	215.84	227.30	227.48	244.32	246.92	242.99	248.43	260.28
Swaziland	WZ	0.19	0.18	0.18	0.11	0.14	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.14	0.11	0.06	0.20	0.19	0.14	0.16	0.30	0.32	0.32	0.32
Zambia	ZA	0.63	0.56	0.67	0.50	0.57	0.56	0.61	0.51	0.58	0.45	0.42	0.38	0.47	0.37	0.18	0.17	0.19	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21
Zimbabwe	ZI	3.45	3.18	3.05	3.67	3.43	3.43	4.46	5.34	5.59	5.63	6.07	6.19	6.12	5.93	6.03	6.09	5.15	4.41	4.59	5.10	4.85	4.96
Afghanistan	AF	0.13	0.14	0.16	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.15	0.14	0.12	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Australia	AS	116.05	130.00	140.02	146.56	153.31	171.83	186.90	208.91	196.44	216.13	225.78	235.53	246.96	247.59	248.46	266.55	272.44	292.08	316.75	320.77	338.19	356.85
Burma	BM	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.03	0.21	0.46	0.52
China	CH	883.59	885.24	734.50	787.63	889.88	961.52	985.51	1,022.90														



ANEXO VIII

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA MINA III – MIMOSA.

**MINERALES MONCLOVA S.A. de C.V.****DESGLOSE DE CARGAS DEL DIAGRAMA UNIFILAR AL MES DE AGOSTO DEL 2003 DE LA MINA III.**

			HP	KW
ORIGEN:	I	TRANSFORMADOR 1000 KVA 34.5/ .440 KV		
LOCALIZACION:		SUBESTACION EXT. MINA GRAN TOTAL	1591.17	1187.44
CARGA :		I.1 BANDA 1ra. SECC. INC. 3 X 150	450	335.82
		I.2 COMPRESOR INGERSOLL RAND	300	223.88
		I.3 MALACATE NORDBERG	300	223.88
		I.4 ALUMBRADO EXTERIOR	20	14.93
		I.5 BANDA LLENA CARROS 2 X 60	120	89.55
		I.6 BOMBA BAÑOS	25	18.66
		I.7 BOMBA POZO PROFUNDO	70	52.24
		I.8 BOMBA PILETAS	25	18.66
		I.9 SIERRA CARPINTERIA	25	18.66
		I.10 BOMBA INTERIOR MINA 2 X 25	50	37.31
		I.11 PLANTA DIGESTIVA	15	11.19
		I.12 SISTEMA TELESILLAS	75	55.97
		SUBTOTAL	1475	1100.75
ORIGEN:	I-A	TRANSFORMADOR 30 KVA .44 / .22-.11 KV		
LOCALIZACION:		SUBESTACION EXT. MINA	HP	KW
CARGA :		I-A.1 CENTRO DE CARGAS TALLER	61	45.52
		SUBTOTAL	61	45.52
ORIGEN:	I-B	TRANSFORMADOR 45 KVA 440 / 220 V		
LOCALIZACION:		ARRIBA DE LAMPISTERIA	HP	KW
CARGA :		I-B.1 ALUMBRADO LAMPISTERIA Y BAÑOS	2.17	1.62
		I-B.2 ALUMBRADO OFICINAS	10	7.46
		SUBTOTAL	12.17	9.08
ORIGEN:	I-C	TRANSFORMADOR 45 KVA 440 / 220 -110V		
LOCALIZACION:		ARRIBA DE LAMPISTERIA	HP	KW
CARGA :		I-C.1 ALUMBRADO BAÑO OBREROS	3	2.24
		SUBTOTAL	3	2.24
ORIGEN:	I-D	TRANSFORMADOR 45 KVA 440 / 220 V		
LOCALIZACION:		ARRIBA DE LAMPISTERIA	HP	KW
CARGA :		I-D.1 CARGADOR DE BATERIAS	40	29.85
		SUBTOTAL	40	29.85
ORIGEN:	II	TRANSFORMADOR 2000 KVA 34.5 / 4.14 KV		
LOCALIZACION:		SUBESTACION EXTERIOR MINA GRAN TOTAL	2432.5	1815.30
CARGA :		2 CELDA BELLADONE GRAN TOTAL	2432.5	1815.30
ORIGEN:		SUBESTACION EXTERIOR		
ORIGEN:	II-A	TRANSFORMADOR 1000 KVA 4.14 / .44KV.		
LOCALIZACION:		Xo.2 INCLINADO	HP	KW
CARGA :		II-A.1 BANDA MB-80 3 X 150	450	335.82
		II-A.2 ALUMBRADO	16	11.94
		SUBTOTAL	466	347.76
ORIGEN:	6	CELDA D-400		
LOCALIZACION:		PLANCHA GRAN TOTAL	HP	KW
CARGA :			625	466.42
		SUBTOTAL	625	466.42



ORIGEN:	7	CELDA D-400	HP	KW
LOCALIZACION:		PLANCHA		
CARGA :		GRAN TOTAL	1341.5	1001.12
ORIGEN:	III-A	TRANSFORMADOR 700 KVA 4.16/440 V	HP	KW
LOCALIZACION:		X° 2 C 4 OTE		
CARGA :				0.00
		SUBTOTAL	0	0.00
ORIGEN:	VI-B	TRANSFORMADOR 1000 KVA 4.14 / .440 V	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 12 CAÑON 6 OTE		
CARGA :		VI-B. 1 MINERO ALPINE # 8	353	263.43
		VI-B. 2 MINERO ALPINE # 5	353	263.43
		VI-B. 3 MINERO ALPINE # 6	353	263.43
		VI-G. 4 BANDA D240-T30 2DA. SEC C 4 OTE	60	44.78
		SUBTOTAL	1119	835.07
ORIGEN:	VI-A	TRANSFORMADOR 315 KVA 4.16/440 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 9 C.1 NTE.		
CARGA :		VI-A. 1 BANDA MA-80 C4OTE 2X60 HP	120	89.55
		SUBTOTAL	120	89.55
ORIGEN:	VI-G	TRANSFORMADOR 315 KVA 4160 / 440	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 2 CAÑON 4 OTE.		
CARGA :		VI-G 1 ALUMBRADO MULAS	0.5	0.37
		SUBTOTAL	0.5	0.37
ORIGEN:	II-C	TRANSFORMADOR 1000 KVA 4160 / .95C	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo.8 C.G.PTE.		
CARGA :		II-C.1 MINERO JOY	625	466.42
		SUBTOTAL	625	466.42
ORIGEN:	III	TRANSFORMADOR 1500 KVA 34.5/4.16 K V	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBEST. MINA EXT GRAN TOTAL	1778	1326.87
CARGA:				
ORIGEN:	1	CELDA D-400		
LOCALIZACION:		SUBESTACION EXTERIOR GRAN TOTAL	1778	1326.87
CARGA:				
ORIGEN:	III-B	TRANSFORMADOR 500 KVA 4.16/440 V	HP	KW
LOCALIZACION:		PLANCHA INTERIOR		
CARGA :		III-B.1 BANDA STEPHANOISE MB-80 150 HP.	150	111.94
		II-B.2 BANDA STEPHANOISE MB-80 150 HP.	150	111.94
		SUBTOTAL	300	223.88
ORIGEN:	III-C	TRANSFORMADOR DE 315 KVA 4.16/440 V	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 3 1/2 CAÑON GRAL PTE.		
CARGA :		III-C.1 BOMBA WORTH. 4 UNQ 11 # 1	250	186.57
		SUBTOTAL	250	186.57
ORIGEN:	III-D	TRANSFORMADOR 315 KVA 4.14/ .440 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 3 1/2 CAÑON GRAL PTE.		
CARGA :		III-D.1 BOMBA WORTH. 4 UNQ 11 # 2	250	186.57
		SUBTOTAL	250	186.57



ORIGEN:	VII-D TRANSFORMADOR 500 KVA 4.16 / 1 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo. 3.5 GRAL. PTE		
CARGA :	VII-D. 1 BOMBA 4 UNQ 11	250	186.50
	VII-D. 2 CARGADOR LOCOMOTORA GODMAN	15	11.19
	SUBTOTAL	265	197.76
ORIGEN:	II-B TRANSFORMADOR 1000 KVA. 4.14 / 440 V	HP	KW
LOCALIZACION:	PLANCHA		
CARGA :	II-B.1 BOMBA WORTH. 4 UNQ 11 #1	250	186.57
	II-B.2 BOMBA WORTH. 4 UNQ 11 #2	250	186.57
	II-B.3 BOMBA WORTH. 2 1/2 UNQ 10 T. V.	0	0.00
	II-B.4 BOMBA FLYGTH	30	22.39
	II-B.5 UNIDAD DUORRIEL	150	111.94
	II-B.6 BOMBA FLYGTH	13	9.70
	II-B.7 VIBRADOR	20	14.93
	SUBTOTAL	713	532.09
ORIGEN:	VI TRANSFORMADOR 3000 KVA 34.5/4.16 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	SUBESTACION TIRO V. GRAN TOTAL	3268	2437.93
CARGA :			
ORIGEN:	4 CELDA BELLADONE	HP	KW
LOCALIZACION:	SUBESTACION TIRO V. GRAN TOTAL	3268	2437.93
CARGA :			
ORIGEN:	8 CELDA D-400	HP	KW
LOCALIZACION:	PLANCHA INTERIOR GRAN TOTAL	3268	2437.93
CARGA :			
ORIGEN:	VI-C TRANSFORMADOR 1000 KVA 4.16 / .950 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo. 14-13 C 4 OTE		
CARGA :	VI-C. 1 T. BLINDADO	1004	749.25
	SUBTOTAL	1004	749.25
ORIGEN:	VI-D TRANSFORMADOR 1000 KVA 4.16 / .950 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo. 14-13 C 4 OTE		
CARGA :	VI-D.1 BOMBA DE INYECCION HAHUINCO K-125	200	149.25
	VI-D.2 BOMBA DE INYECCION K-125	150	111.94
	VI-D.3 T. REPARTIDOR	202	150.75
	VI-D.4 QUEBRADORA	202	150.75
	SUBTOTAL	754	562.69
ORIGEN:	VI-E TRANSFORMADOR 500 KVA 4.16 / .440 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo. 9 CAÑON 1 NTE.		
CARGA :	VI-E. 1 BANDA MB-80 C6OTE 3X150 HP.	450	335.82
	SUBTOTAL	450	335.82
ORIGEN:	VI-H TRANSFORMADOR 1000 KVA 4.16 / .950 KV	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo. 14-13 CAÑON 5 OTE.		
CARGA :	VI-H. 1 MAQUINA CORTERA 4LS-10.	1000	746.27
	SUBTOTAL	1000	746.27
ORIGEN:	II-D TRANSFORMADOR 315 KVA 4160 / 440	HP	KW
LOCALIZACION:	Xo.10 C.5 OTE.		
CARGA :	II-D.1 BOMBA FLIGT 2 X 30	60	44.78
	SUBTOTAL	60	44.78



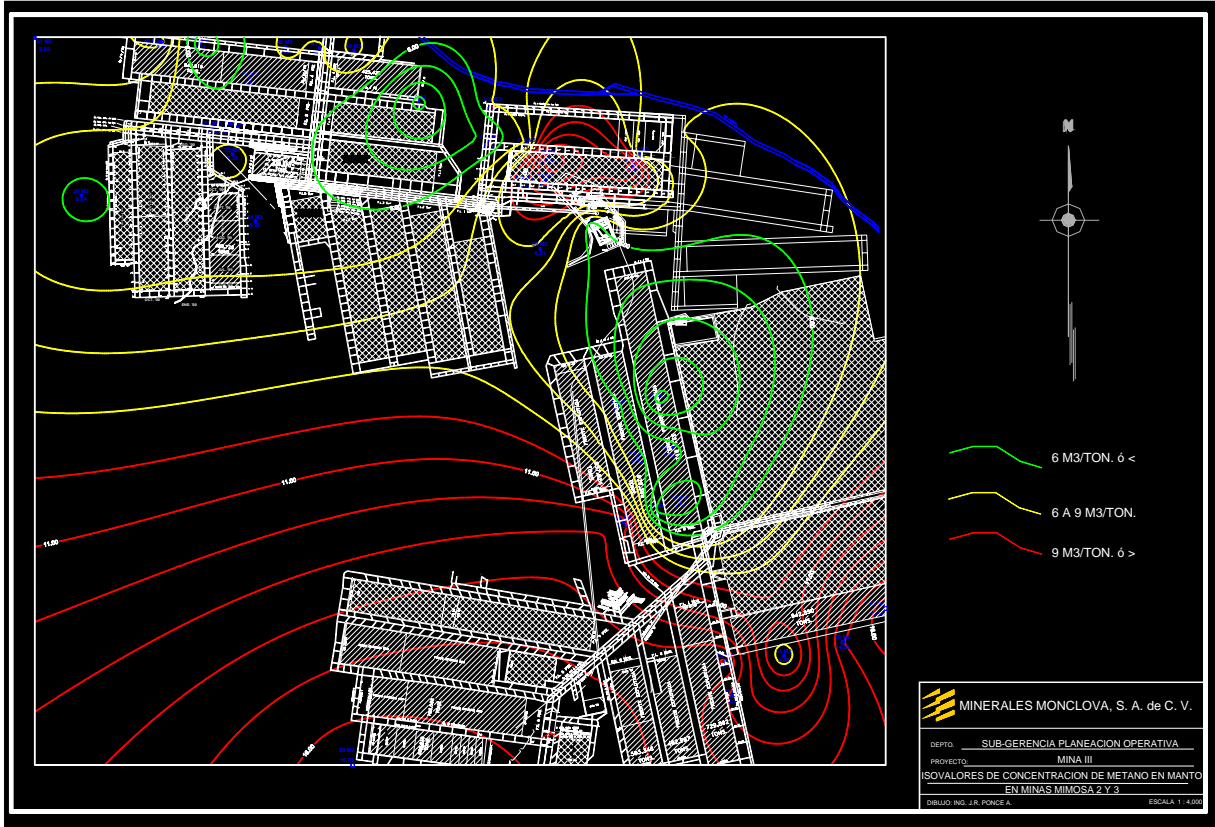
ORIGEN:	V	TRANSFORMADOR 1000 KVA 34.5/4.16 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION TIRO VERTICAL GRAN TOTAL	900	671.64
CARGA :		V.1 ABANICO PRINCIPAL	900	671.64
		SUBTOTAL	900	671.64
ORIGEN:	IV	TRANSFORMADOR 75 KVA 34.5/ .440 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION TIRO VERTICAL GRAN TOTAL	75	55.97
CARGA :		IV.1 MALACATE AUXILIAR	75	55.97
		SUBTOTAL	75	55.97
ORIGEN:	IV-A	TRANSFORMADOR 30 KVA .440/.220-.110 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION TIRO VERTICAL	2.1	1.57
CARGA :		IV-A.1 ALUMBRADO TIRO VERTICAL	2.1	1.57
		SUBTOTAL	2.1	1.57
ORIGEN:	VII	TRANSFORMADOR 2000 KVA 34.5 / 4.16 INACTIVO	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION MINA GRAN TOTAL		0.00
CARGA :				
ORIGEN:	VIII	TRANSFORMADOR 1000 KVA 34.5 / 4.16 KV	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION BARRENO GRAN TOTAL	560	417.91
CARGA :				
ORIGEN:	5	CELDA D-400		
LOCALIZACION:		SUBESTACION BARRENO BOMBA NASH		
CARGA :				
		SUBTOTAL	560	417.91
ORIGEN:	VI-F	TRANSFORMADOR 700 KVA 4160 / 440	HP	KW
LOCALIZACION:		Xo. 16 CAÑON 4 OTE.		
CARGA :		VI-F. 1 BOMBA 4 UNQ 11	250	186.57
		VI-F. 2 BOMBA 4 UNQ 11	250	186.57
		VI-F. 3 BOMBA FLYGTH Xo 20 4 OTE.	30	22.39
		VI-F. 4 BOMBA FLYGTH Xo 11 C 4 OTE	30	22.39
		SUBTOTAL	560	417.91
ORIGEN:	IX	TRANSFORMADOR 1000 KVA 34.5 / 440 V	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION BARRENO GRAN TOTAL	176	131.34
CARGA :		IX.1 BOMBA NASH	150	111.94
		IX.2 BOMBA DE ENFRIAMIENTO	25	18.66
		SUBTOTAL	175	130.55
ORIGEN:	X	TRANSFORMADOR 30 KVA 440 / 220-110 V	HP	KW
LOCALIZACION:		SUBESTACION BARRENO		
CARGA :		X. 1 ALUMBRADO	1	0.75
		SUBTOTAL	1	0.75
			HP	KW
GRAN TOTAL MINA			10780.67	8045.28

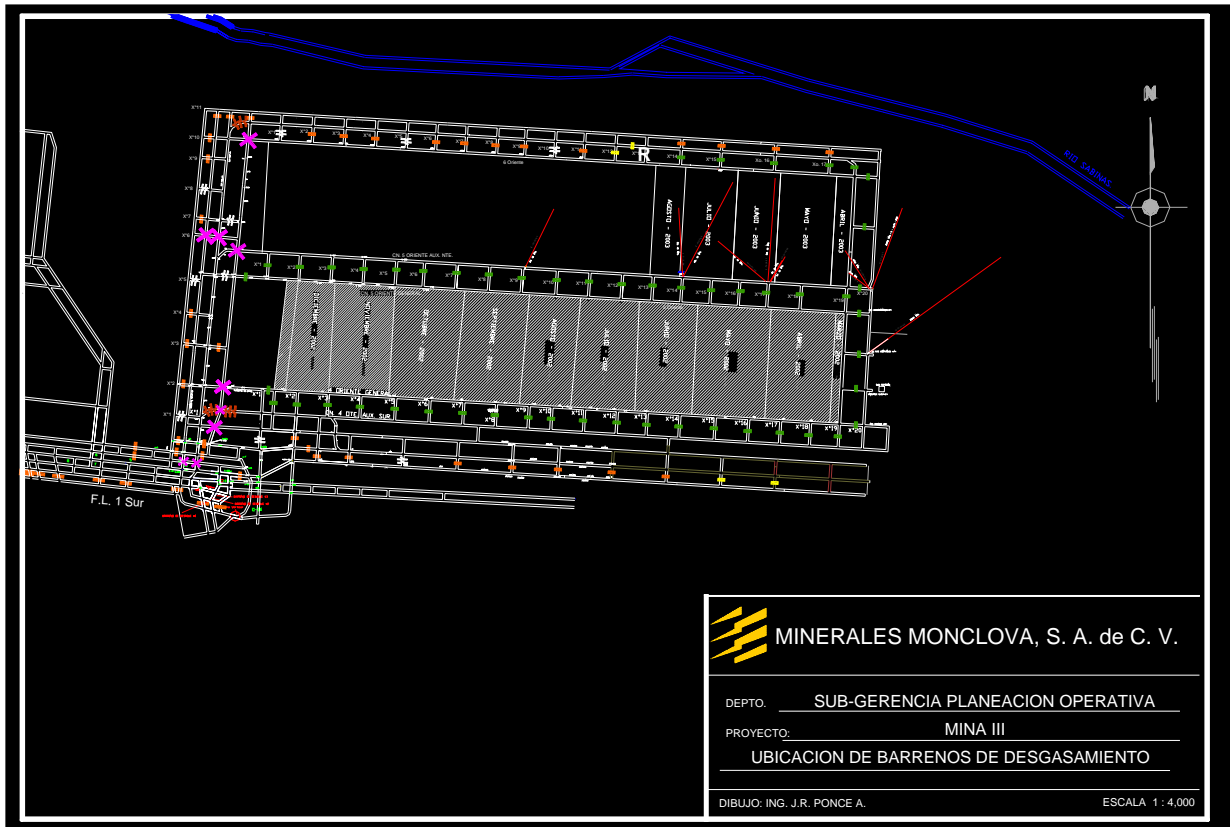
(Fuente: MIMOSA).

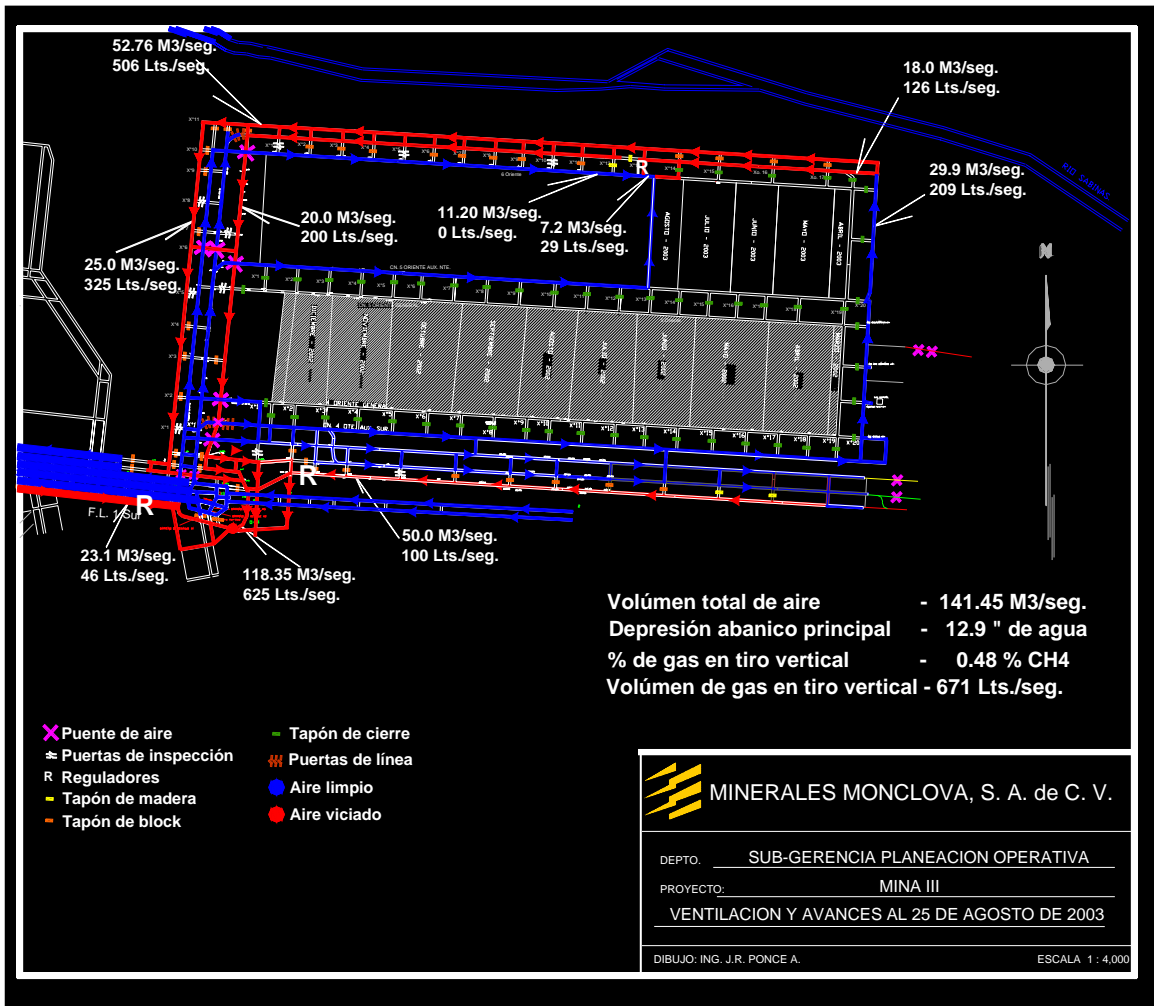


ANEXO IX

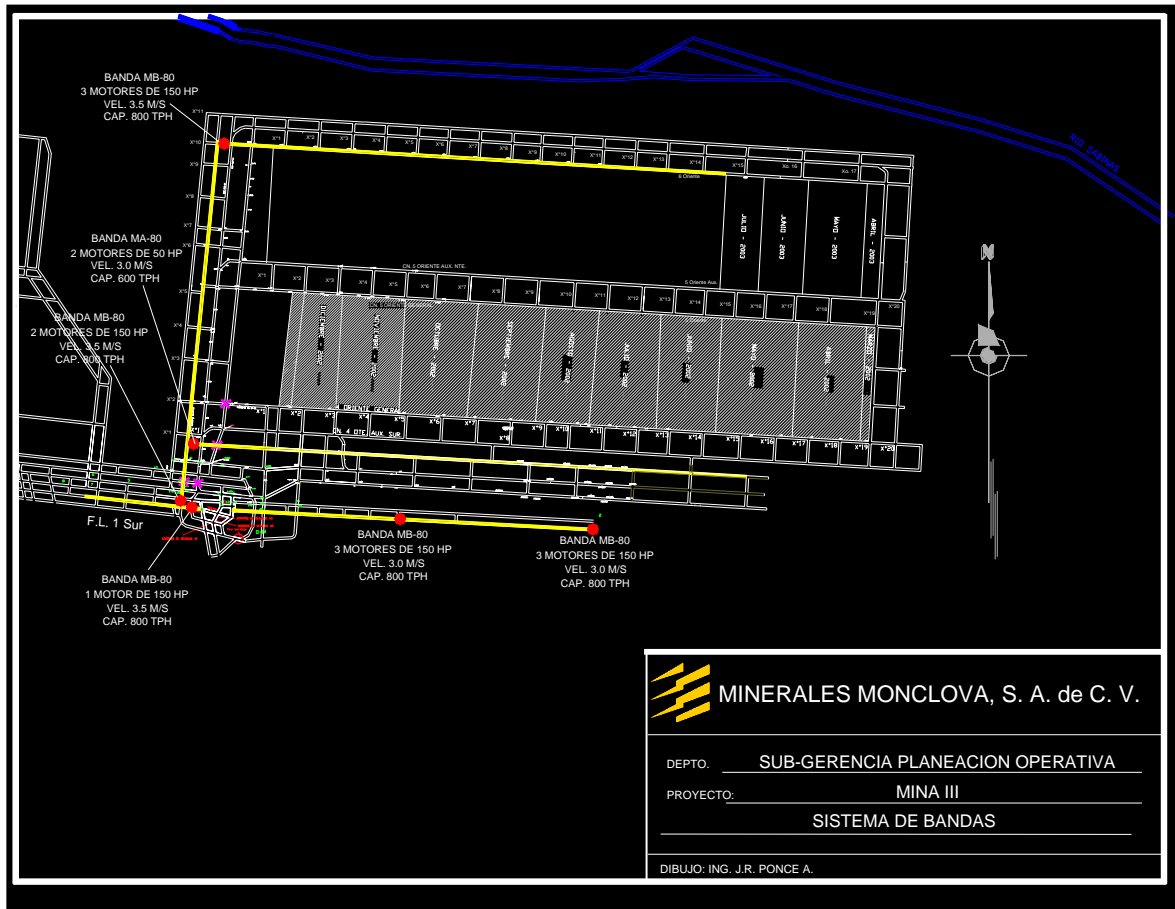
PLANOS DE LA MINA III – MIMOSA.



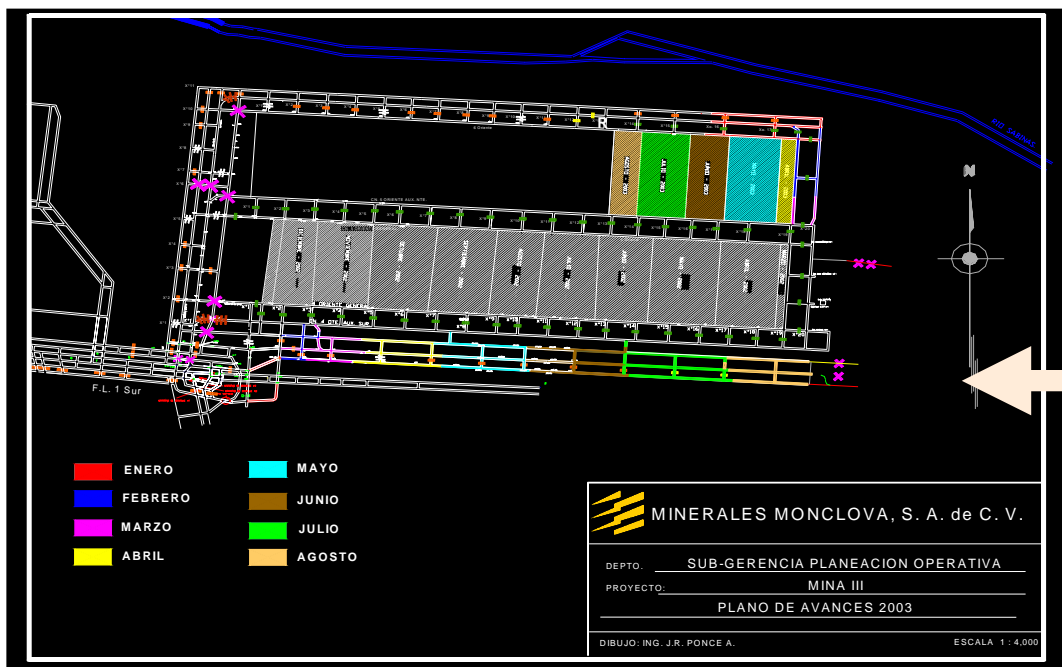












← Sentido de avance de la explotación.



ANEXO X

GRÁFICAS Y FOTOGRAFÍAS DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS.

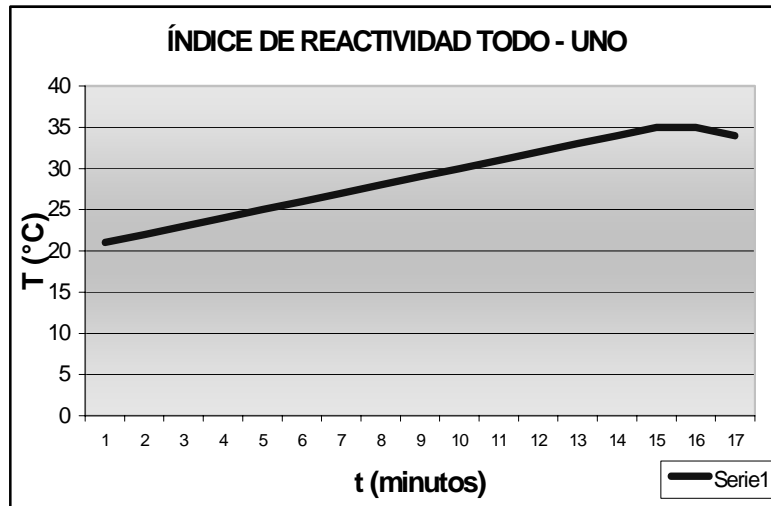


A10.1. Índice de reactividad.

Índice de Reactividad de Todo - uno

Muestra: Todo - uno

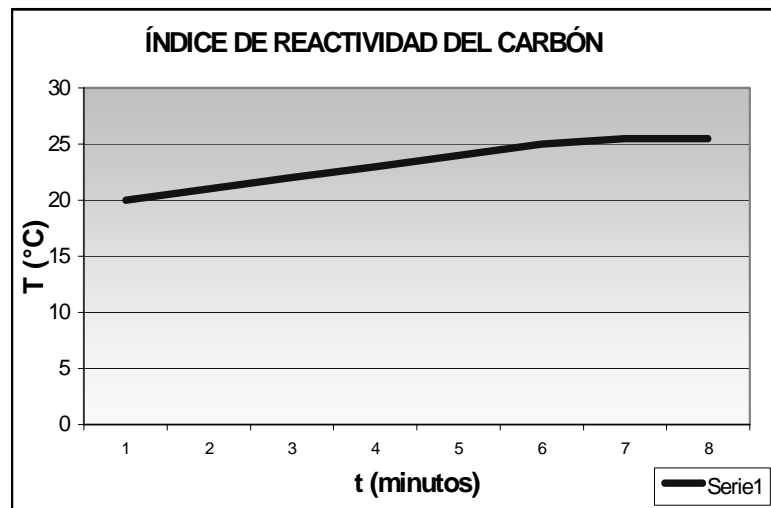
Clave	t (min)	T (°C)
1	0	21
2	5.17	22
3	9.50	23
4	14.22	24
5	19.67	25
6	25.42	26
7	32.17	27
8	40.75	28
9	49.92	29
10	57.17	30
11	64.58	31
12	71.38	32
13	78.55	33
14	88.75	34
15	90.53	35
16	120.00	35
17	123.33	34



Índice de Reactividad del Carbón

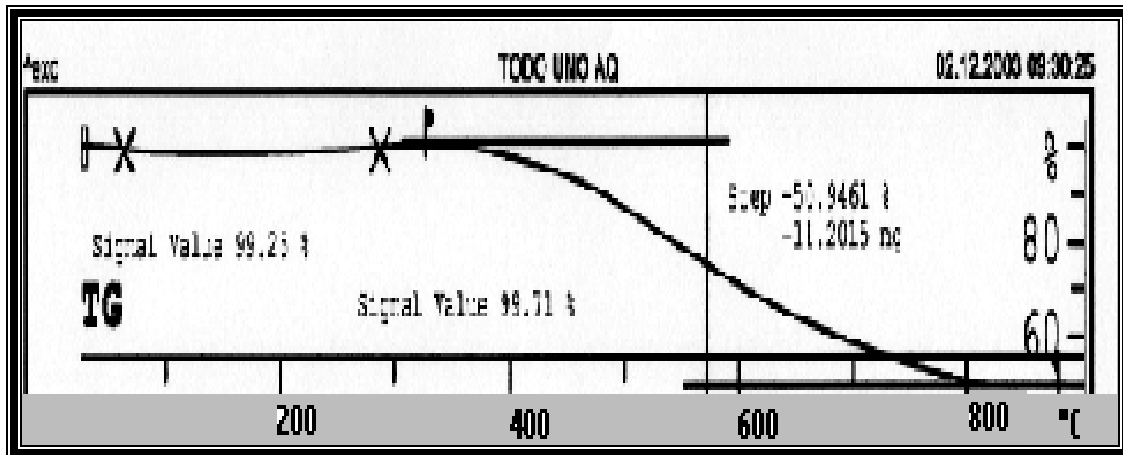
Muestra: Carbón

Clave	t (min)	T (°C)
1	0.00	20
2	6.50	21
3	12.17	22
4	19.33	23
5	34.67	24
6	60.42	25
7	80.50	25.5
8	112.00	25.5

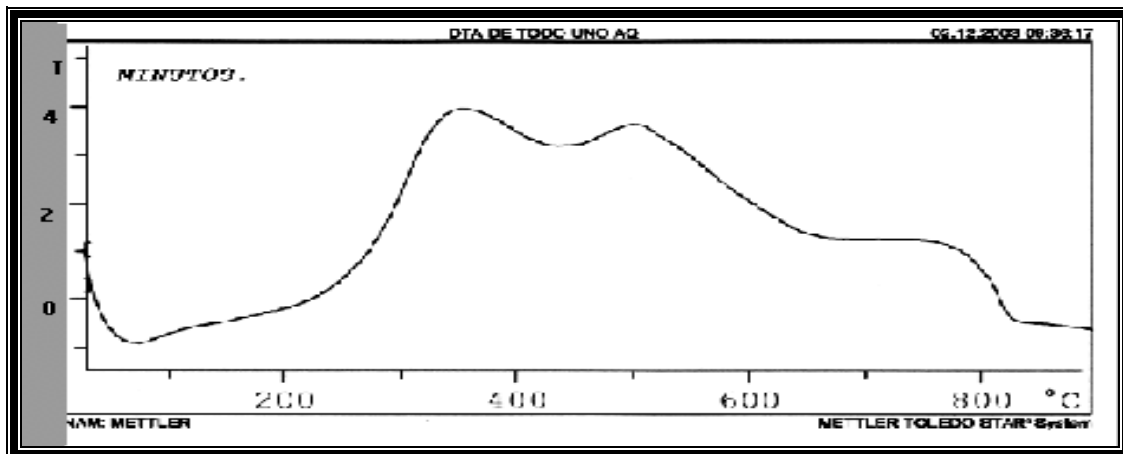




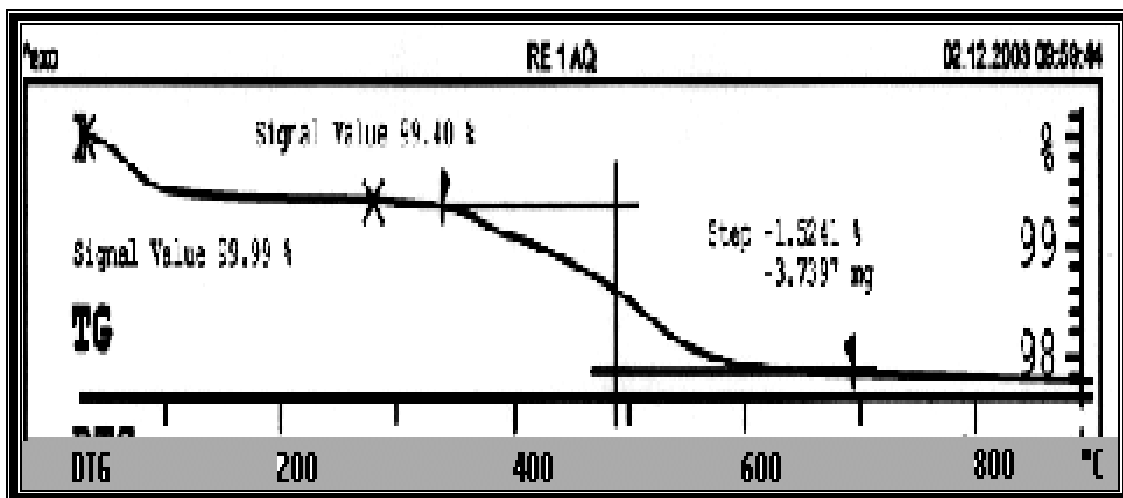
A10.2. Análisis termogravimétrico diferencial.



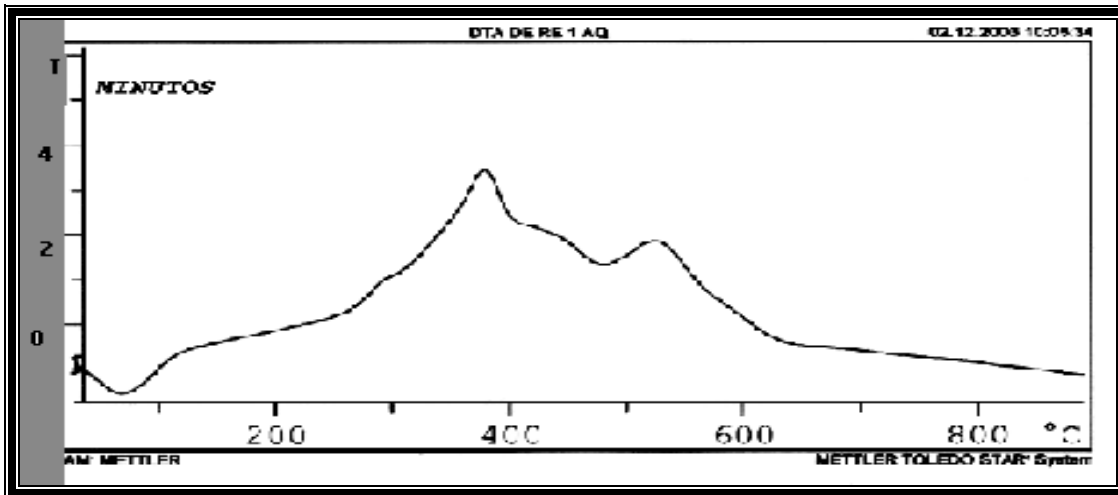
Muestra: Todo - uno.



Muestra: Todo - uno.



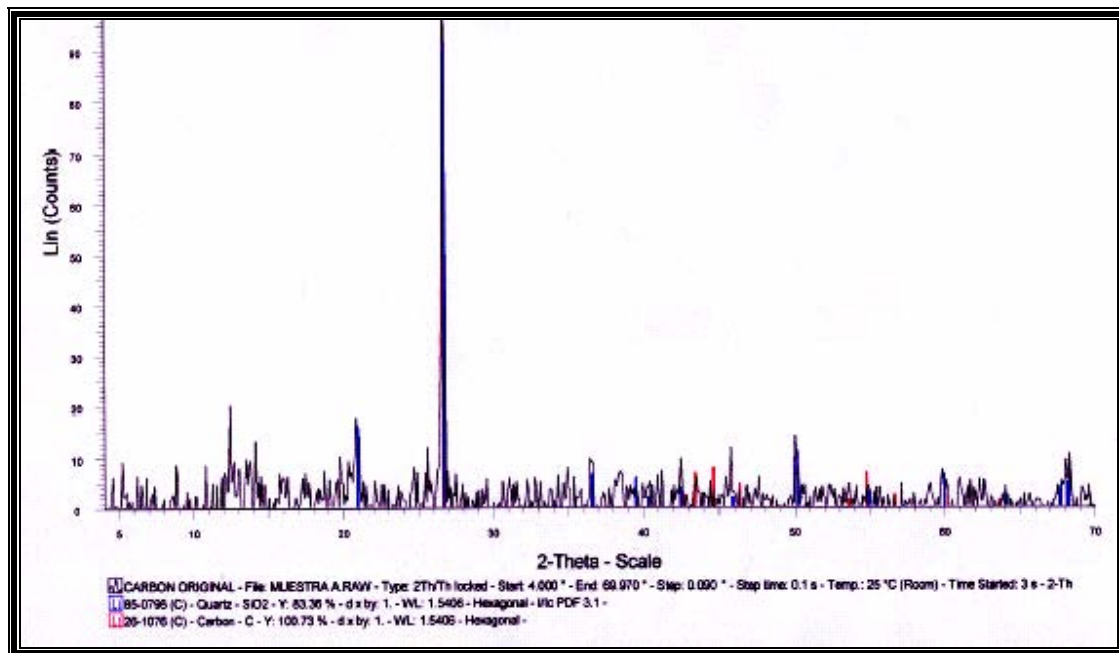
Muestra: Roca encajonante.



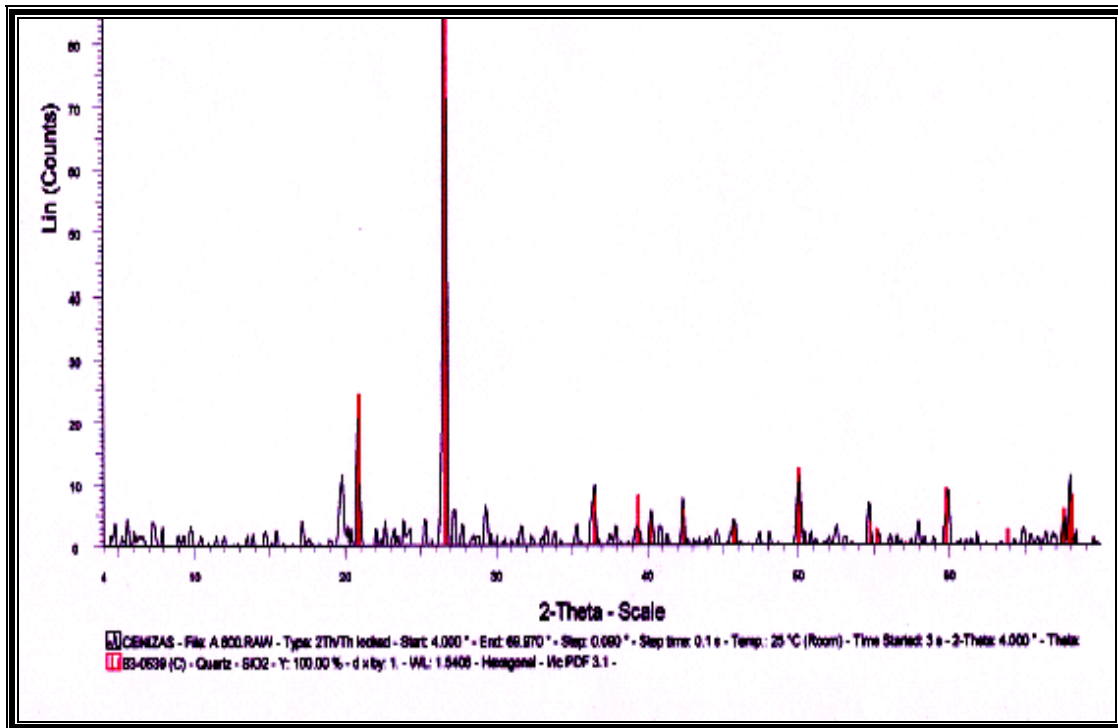
Muestra: Roca encajonante.

(Fuente: Análisis realizado en la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación (USAI) del postgrado de la Facultad de Química).

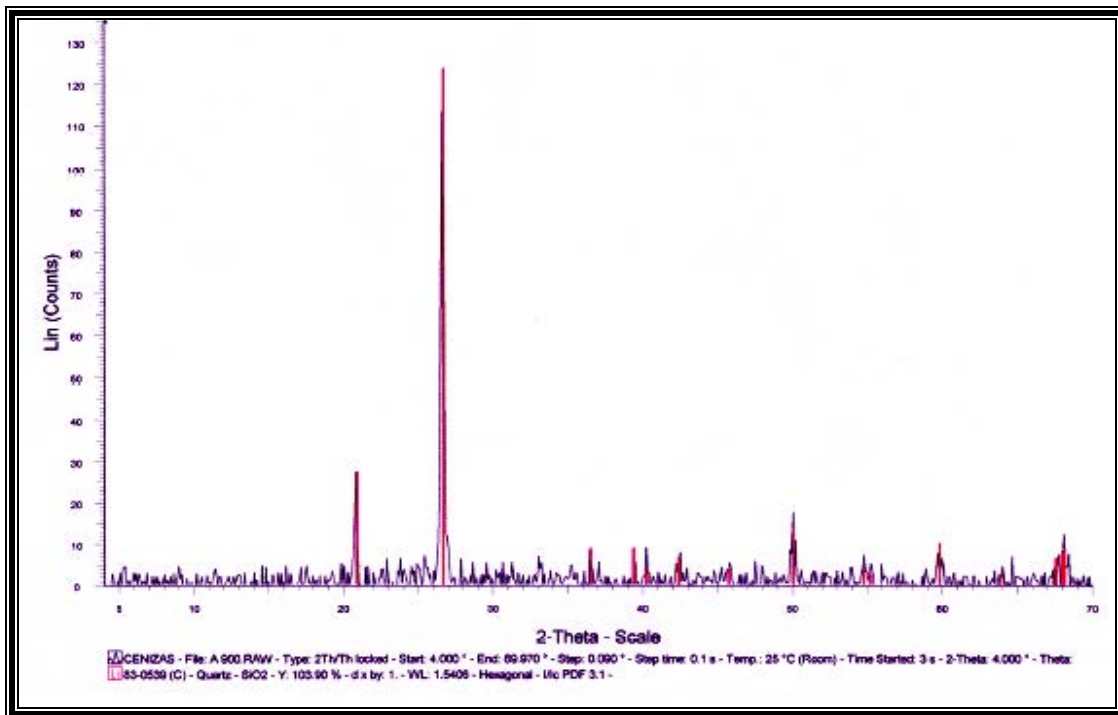
A10.3. Análisis por difracción de rayos X.



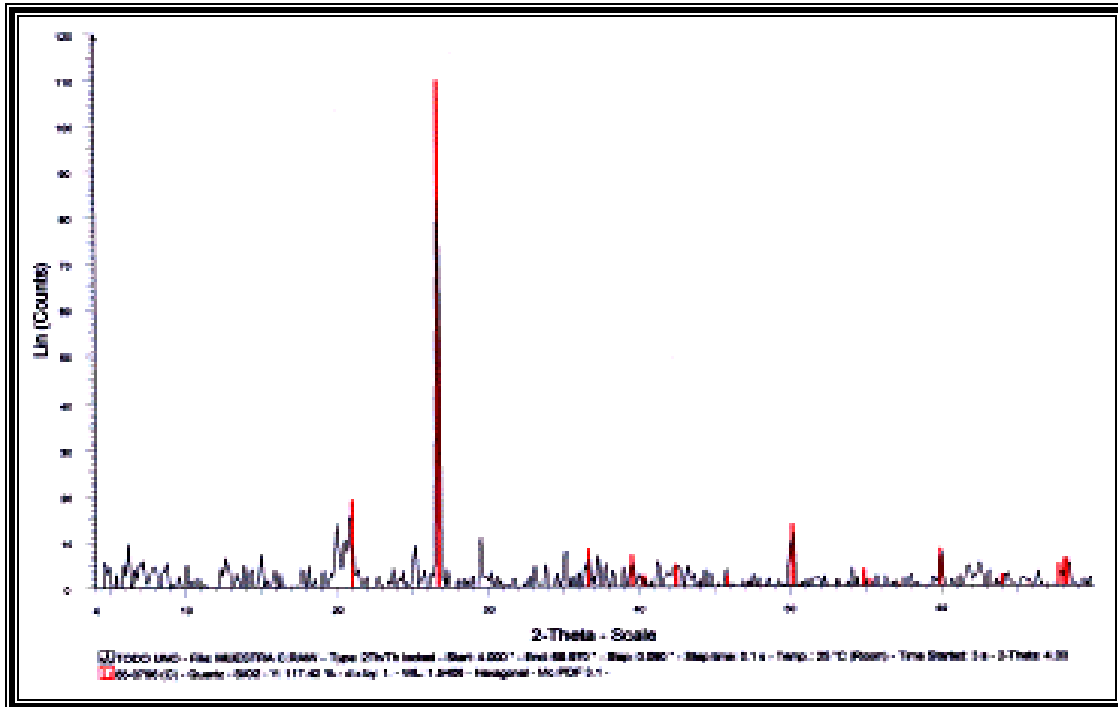
Muestra: Carbón.



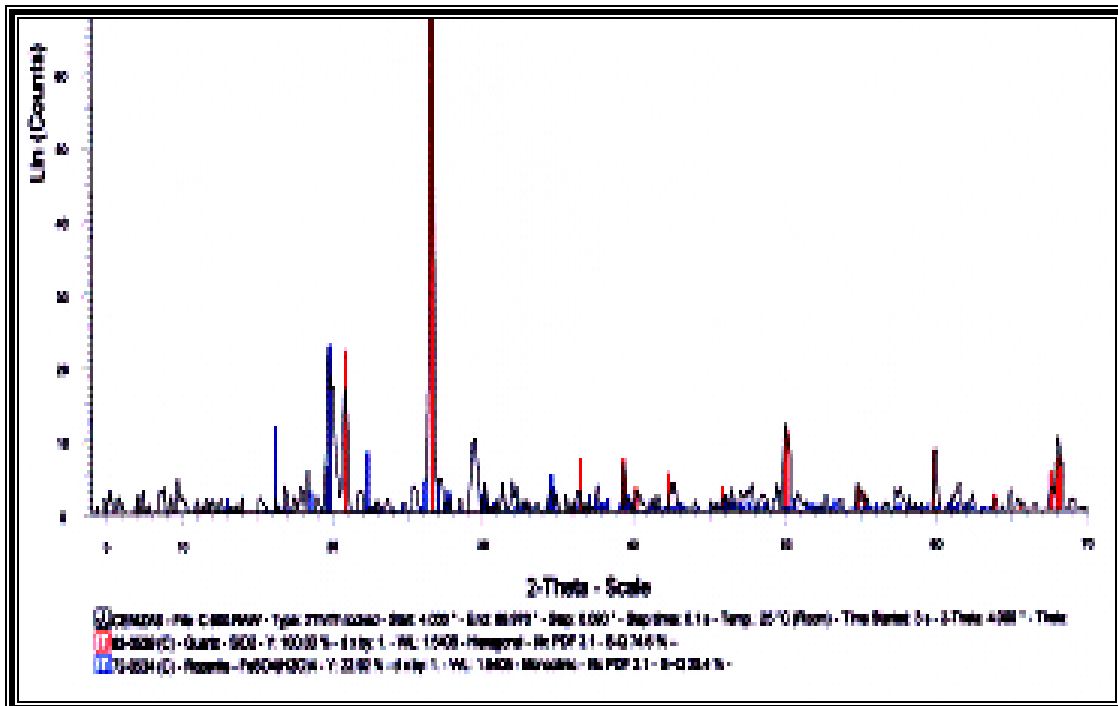
Muestra: Carbón (cenizas a 600°C).



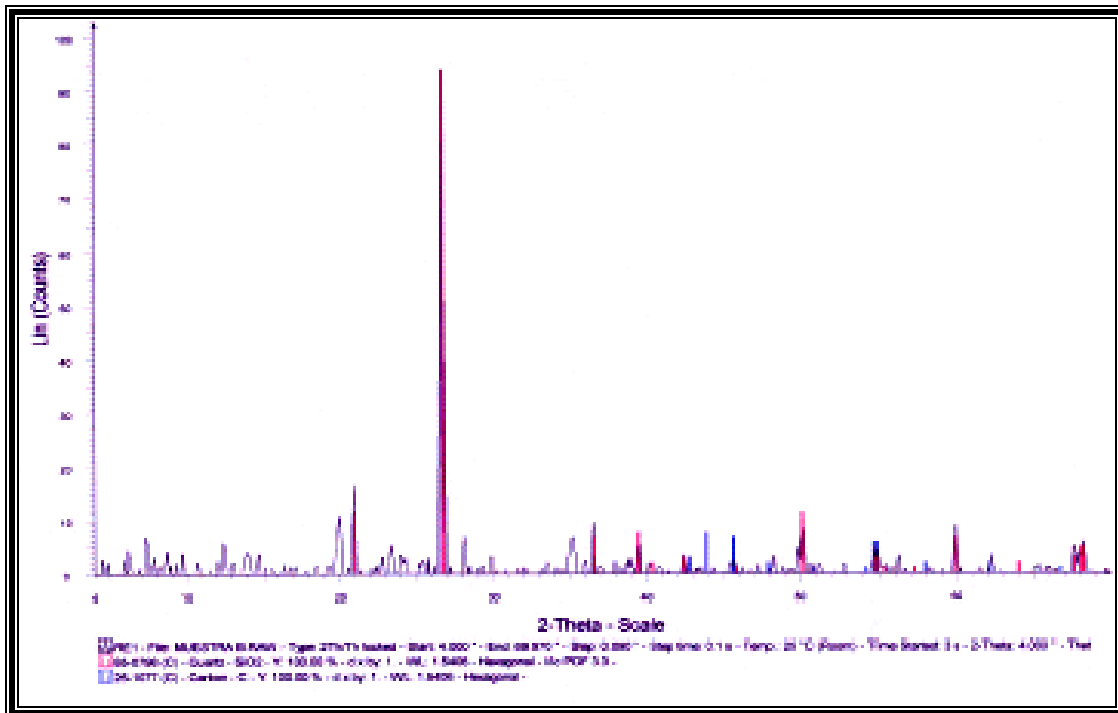
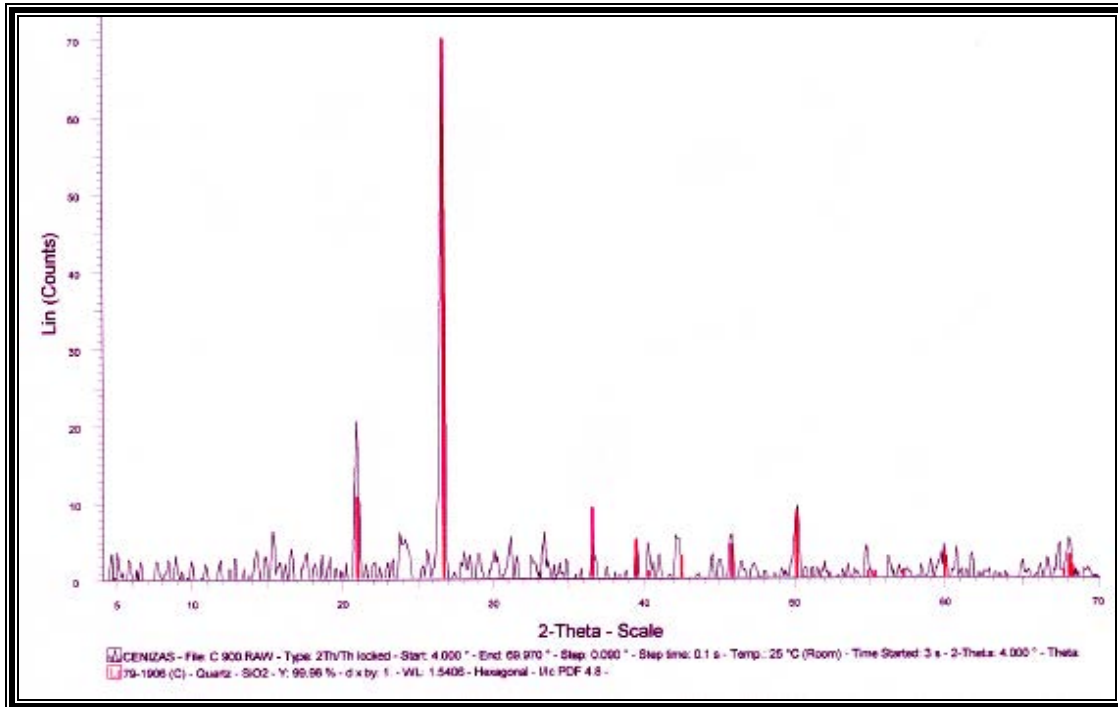
Muestra: Carbón (cenizas a 900°C).

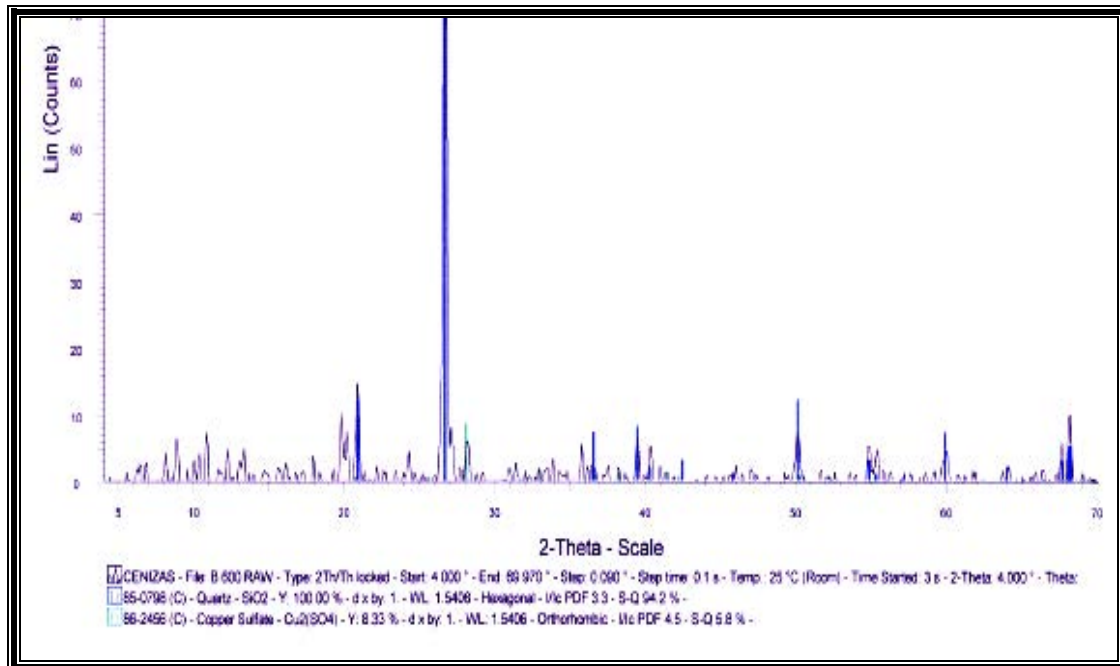


Muestra: Todo – uno.

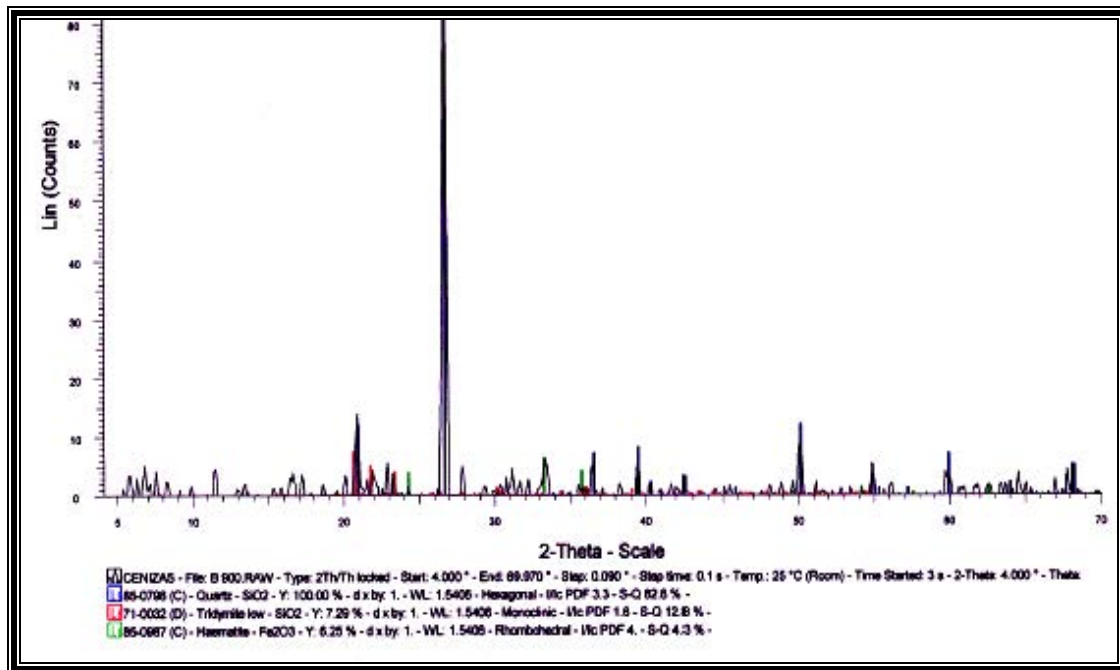


Muestra: Todo – uno (cenizas a 600°C).





Muestra: Roca encajonante (cenizas a 600°C).

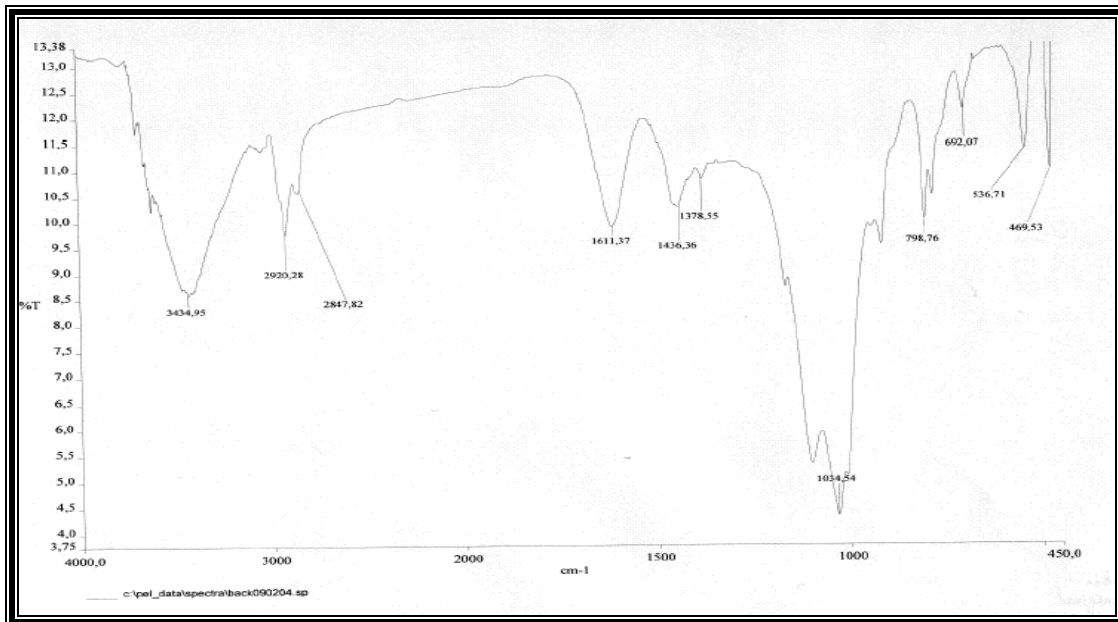


Muestra: Roca encajonante (cenizas a 900°C).

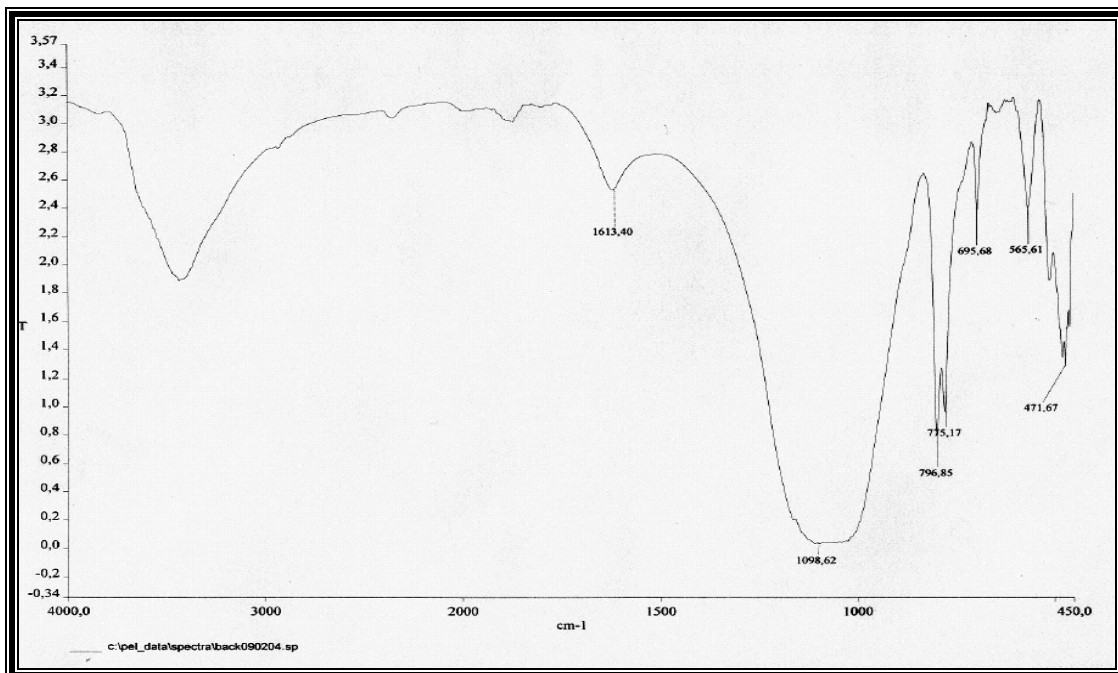
(Fuente: Análisis realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público).



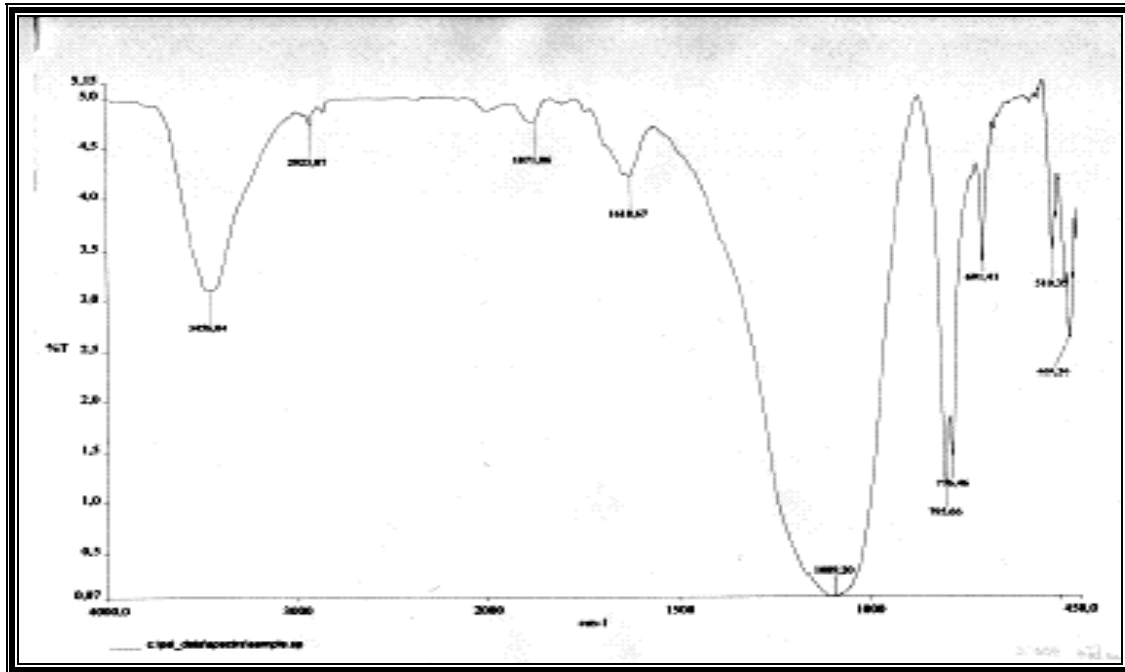
A10.4. Análisis por espectroscopia infrarroja.



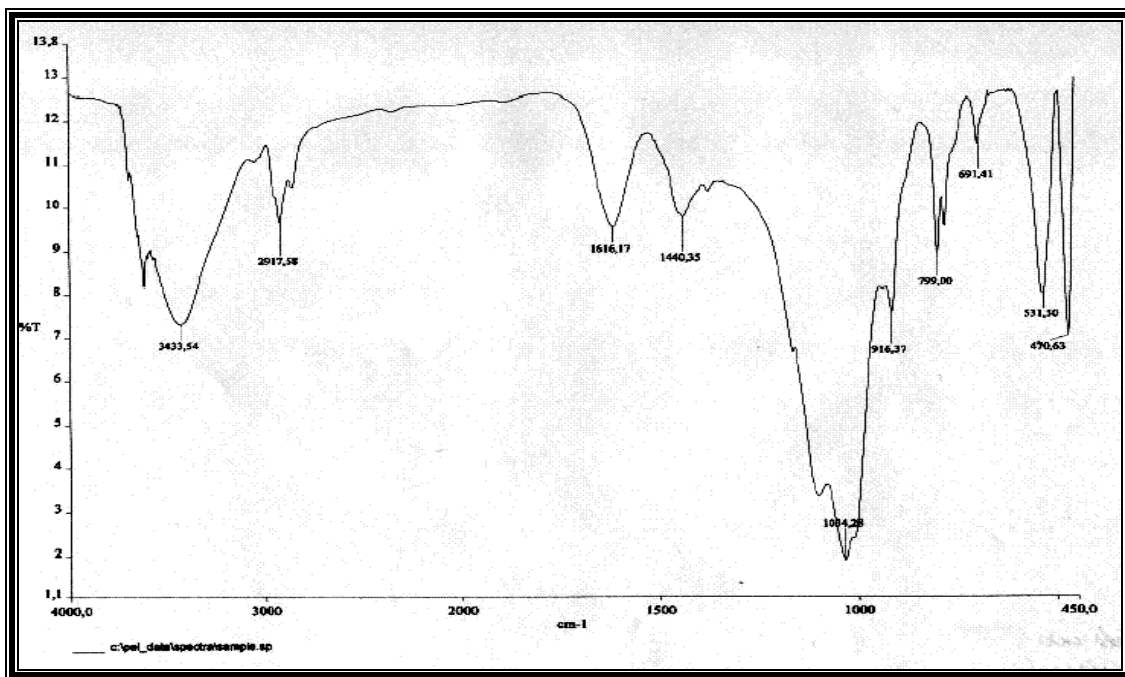
Muestra: Carbón.



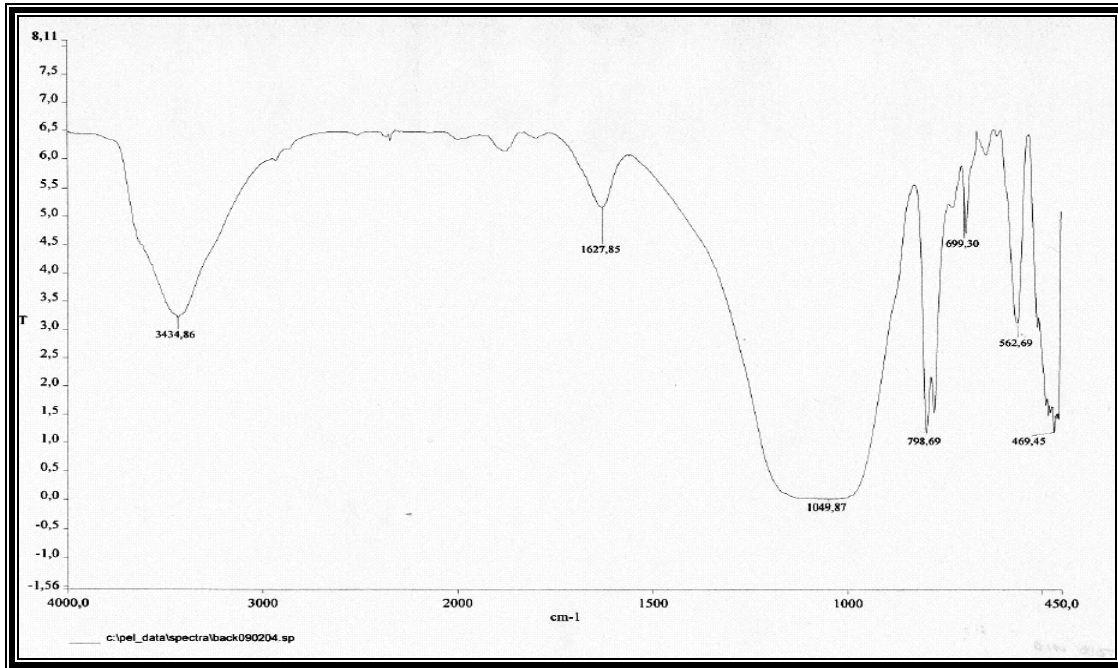
Muestra: Carbón (cenizas a 600°C).



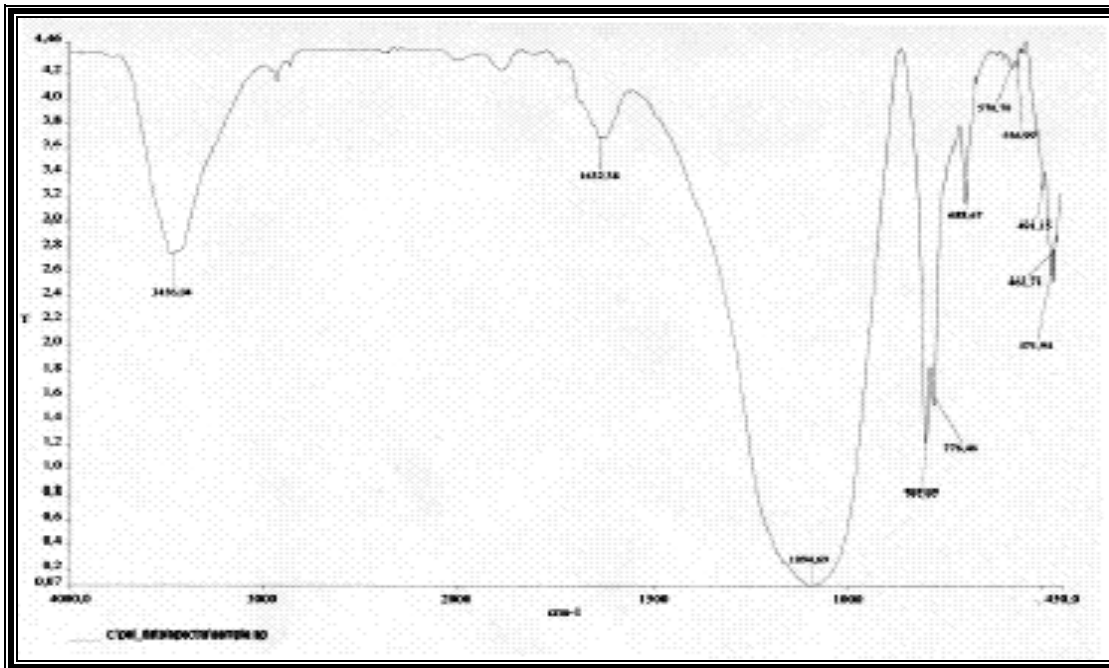
Muestra: Carbón (cenizas a 900°C).



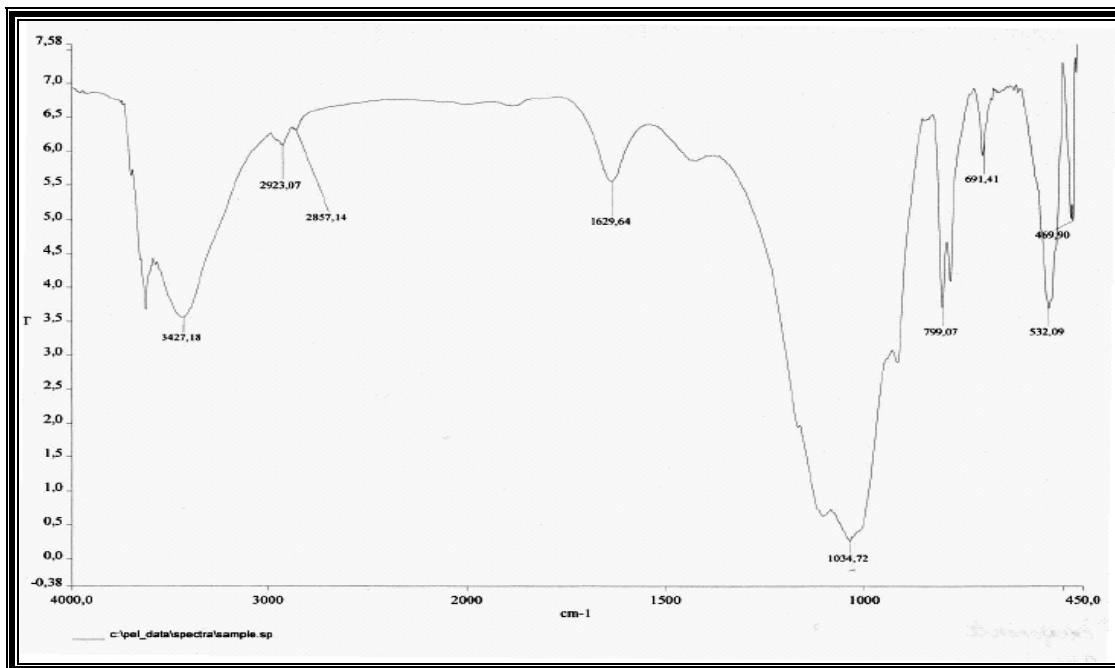
Muestra: Todo - uno.



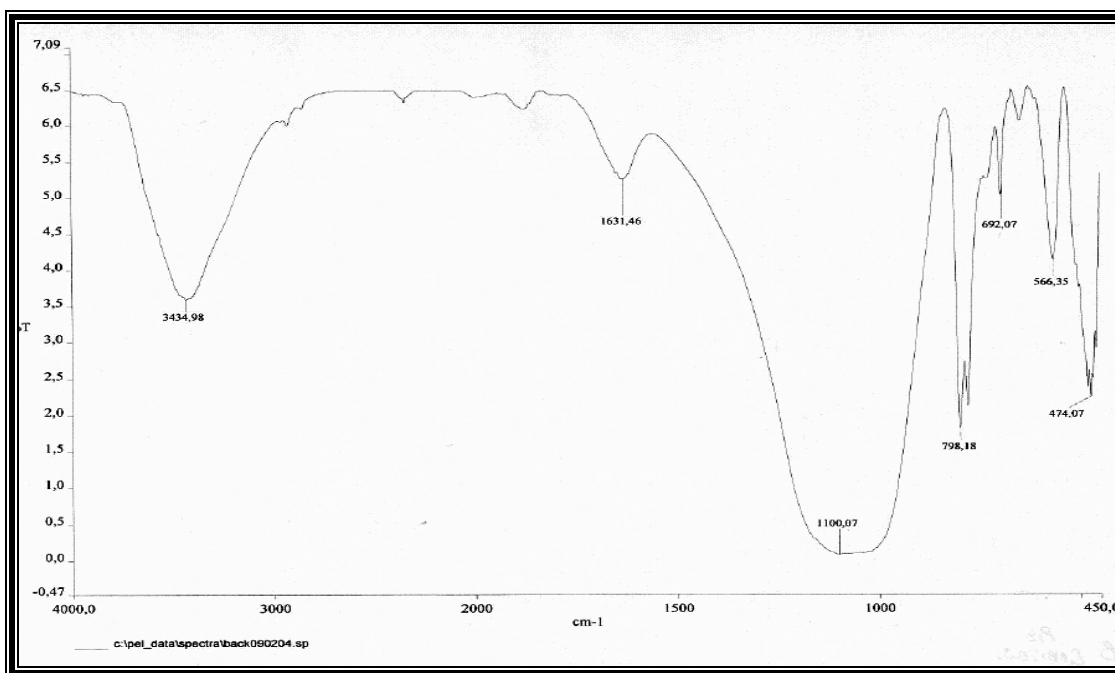
Muestra: Todo - uno (cenizas a 600°C).



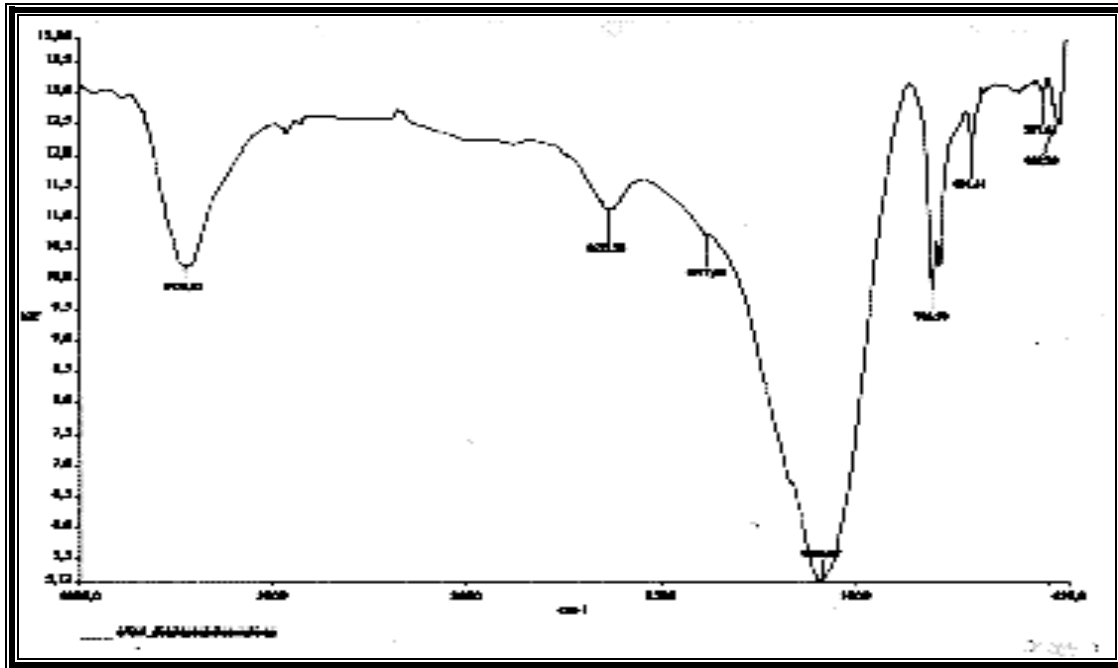
Muestra: Todo - uno (cenizas a 900°C).



Muestra: Roca encajonante.



Muestra: Roca encajonante (cenizas a 600°C).



Muestra: Roca encajonante (cenizas a 900°C).

(Fuente: Análisis realizados en las instalaciones del Laboratorio Central de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público).

A10.5. Análisis mineralográfico y petrográfico.

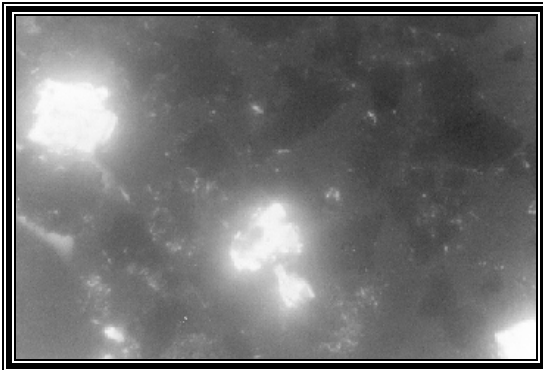


Foto A10.1. Muestra todo uno. Carbón, cristales de calcita, óxidos. L.P., Objetivo 20X. →

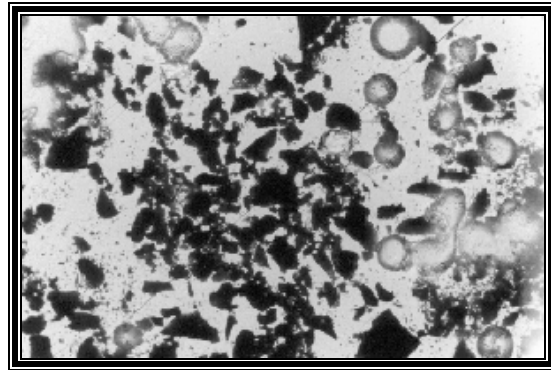


Foto A10.2. Muestra todo uno. Carbón cristales de calcita y cuarzo. N.X., Objetivo 50X. →

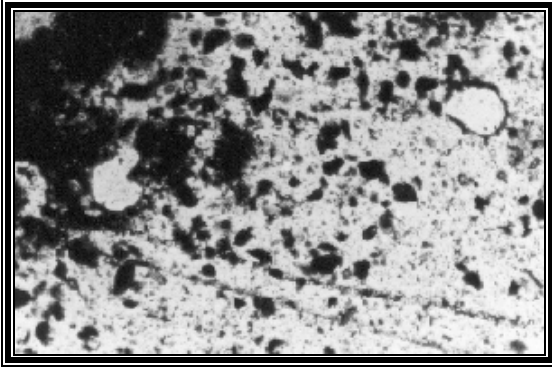


Foto A10.3. Muestra roca encajonante.
Carbón algunos cristales de calcita. L.P.
Objetivo 10X.

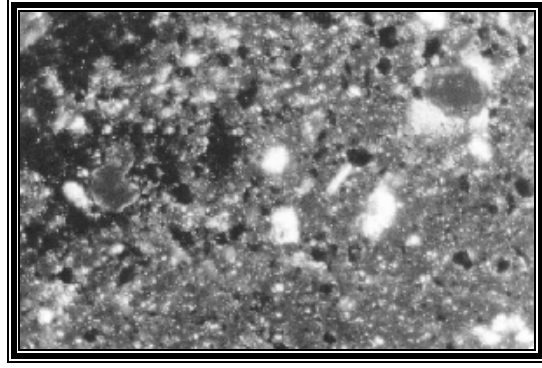


Foto A10.4. Muestra roca encajonante.
Carbón, óxidos, cristales de calcita y cuarzo.
N.X. Objetivo 10X.

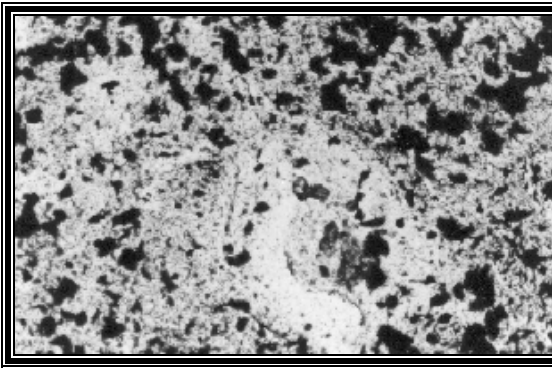


Foto A10.5. Muestra carbón. Carbón. L.P.
Objetivo 10X.

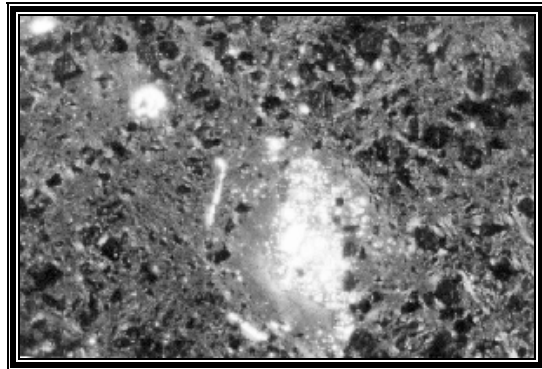


Foto A10.6. Muestra carbón. Carbón, óxidos,
cristales de calcita y cuarzo. N.X. Objetivo
10X.

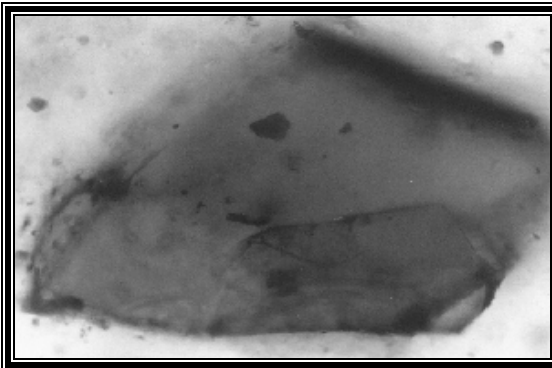


Foto A10.7. Muestra carbón. Carbón, sales
cristalinas de coloración azul. N.X. Objetivo
125X.

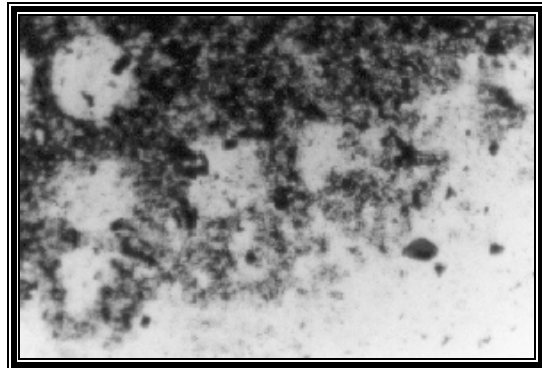


Foto A10.8. Muestra carbón. Carbón, algunas
sales cristalinas de color azul y cristales, L.P.,
Objetivo 10X.

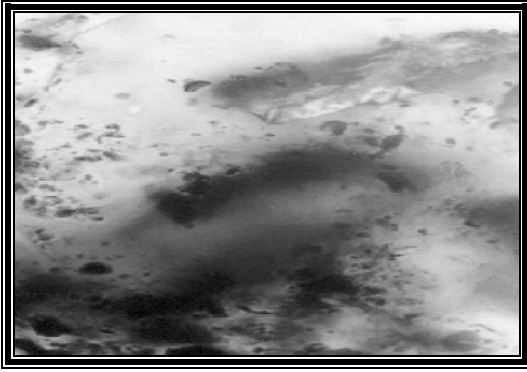


Foto A10.9. Muestra carbón. Carbón, cristales, sal cristalina azul. L.P. Objetivo 125X.

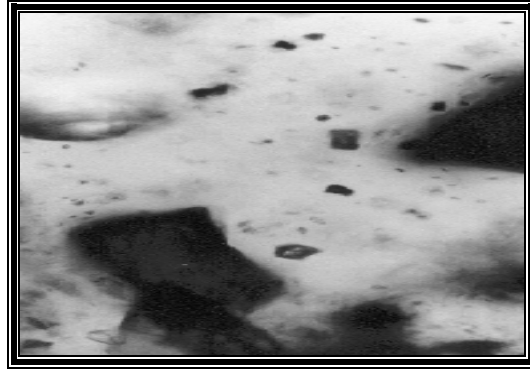


Foto A10.10. Muestra carbón. Carbón. L.P. Objetivo 125X.

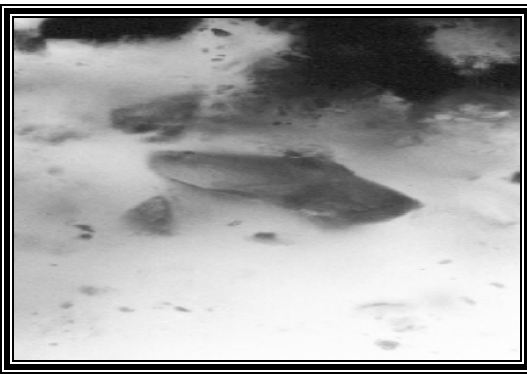


Foto A10.11. Muestra carbón. Carbón, sal cristalina azul. L.P. Objetivo 125X.

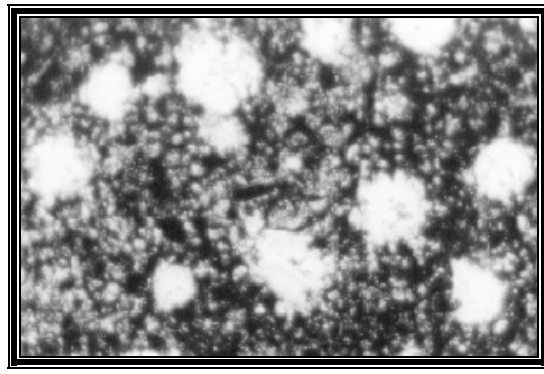


Foto A10.12. Muestra carbón. Cristales, óxidos, carbón. L.P. 10X.

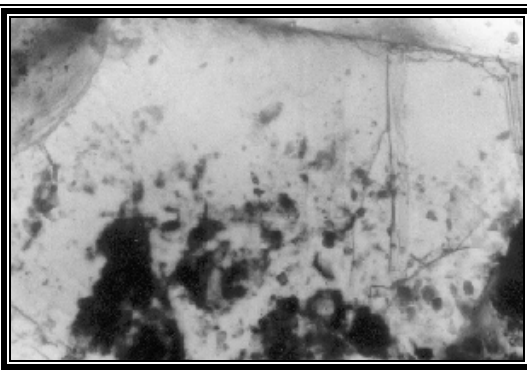


Foto A10.13. Muestra carbón. Sal cristalina azul. L.P. Objetivo 125X.



Foto A10.14. Muestra roca encajonante. Carbón, cristales de calcita. L.P. Objetivo 125X.

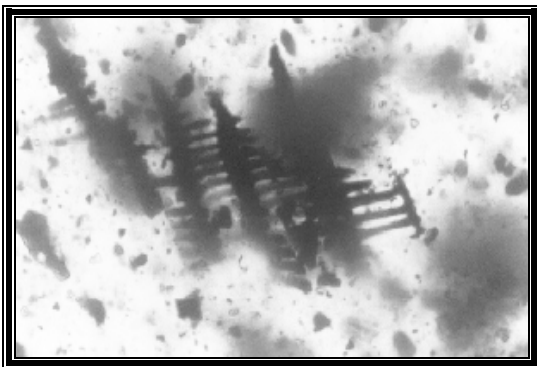


Foto A10.15. Muestra carbón.
Fósil, carbón. L.P. Objetivo 125X.

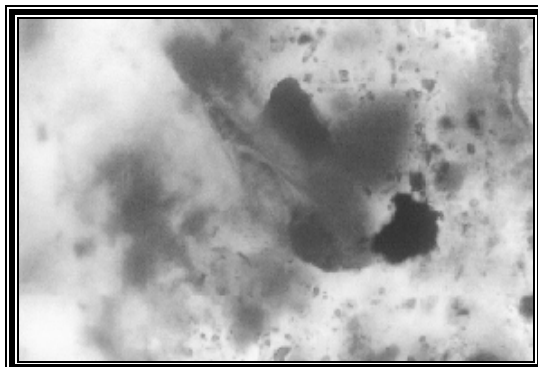


Foto A10.16. Muestra carbón. Carbón, sal
cristalina azul (asemejando un pez).L.P.
Objetivo 125X.

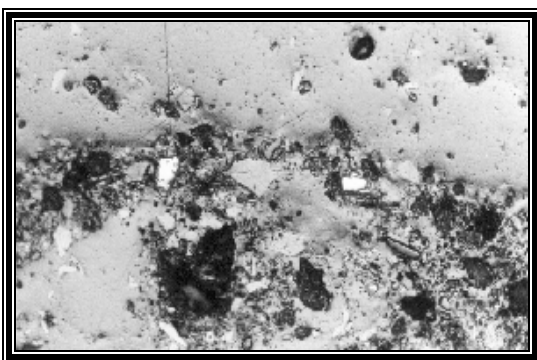


Foto A10.17. Muestra todo uno. Carbón,
óxidos. L.P. Objetivo 10X.

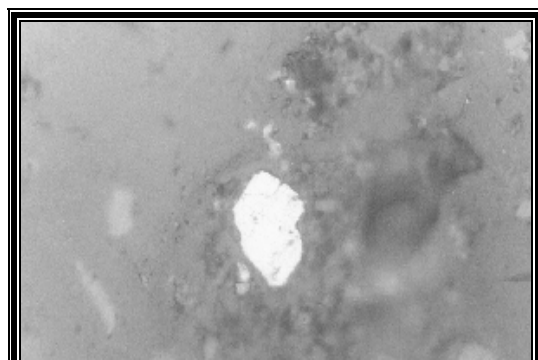


Foto A10.18. Muestra todo uno. Óxidos,
cristales, carbón. L.P. Objetivo 50X.

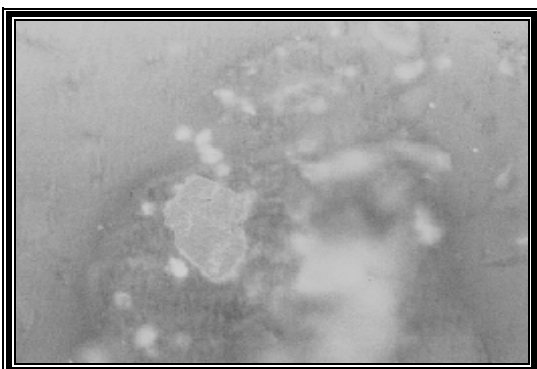


Foto A10.19. Muestra todo uno. Cristales,
carbón, óxidos. L.P. Objetivo 50X.

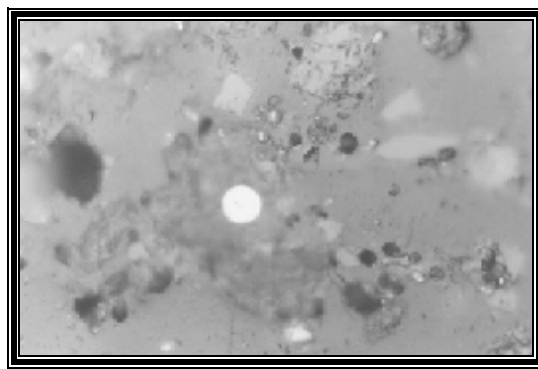


Foto A10.20. Muestra todo uno. Cristales,
carbón. N.X. Objetivo 50X.

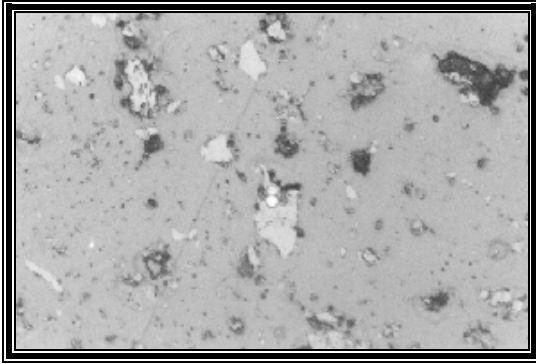


Foto A10.21. Muestra todo uno. Cristal, carbón. L.P. Objetivo 50X.

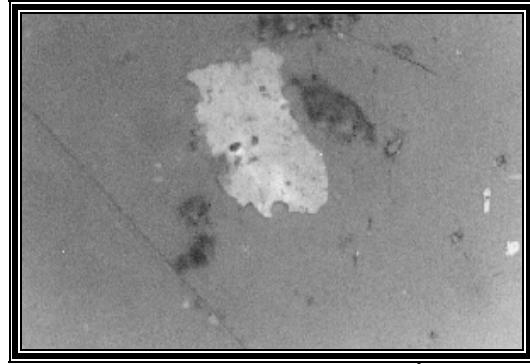


Foto A10.22. Muestra todo uno. Óxidos en forma de esférula. L.P. Objetivo 10X.

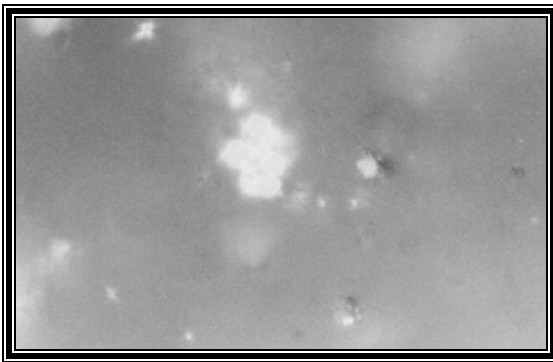


Foto A10.23. Muestra Carbón. Óxidos en forma de esférulas. L.P. Objetivo 20X.

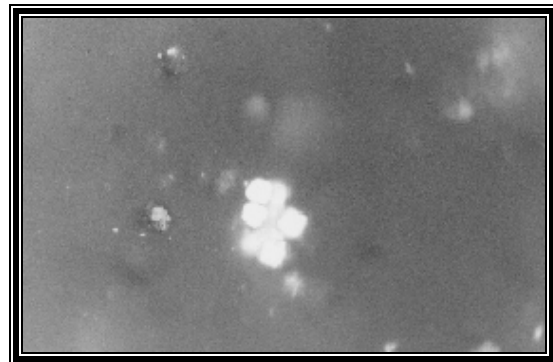


Foto A10.24. Muestra roca encajonante. Carbón. L.P. Objetivo. 125X

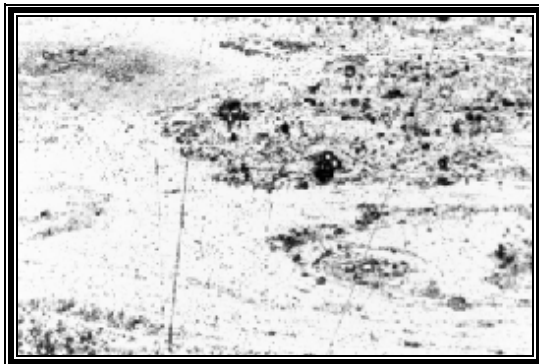


Foto A10.25. Muestra roca encajonante. Óxidos en forma de esférula, carbón. N.X. Objetivo 125X.

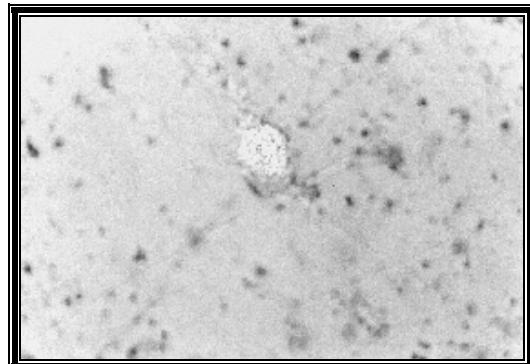


Foto A10.26. Muestra carbón. Carbón, óxidos. L.P. Objetivo 10X.

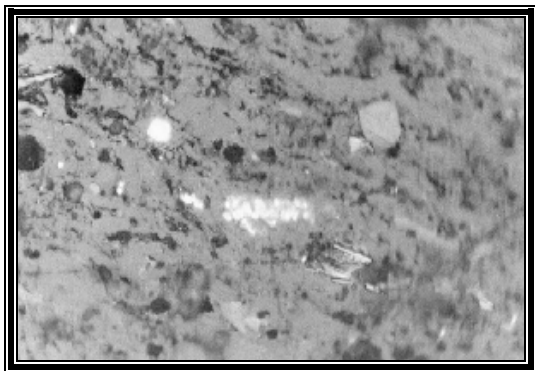


Foto A10.27. Muestra carbón. Carbón, óxidos en una esférula con más esférulas pequeñas dentro de ella. N.X. Objetivo 50X.

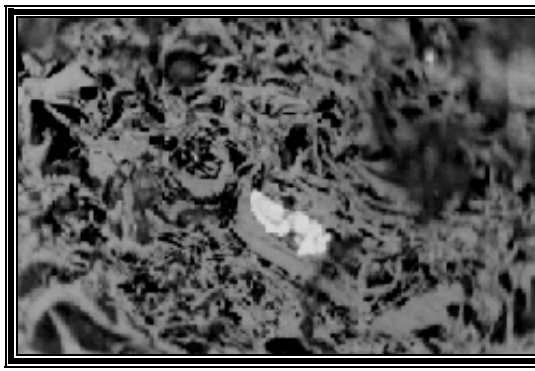


Foto A10.28. Muestra carbón. Carbón, óxidos en una esférula. L.P. Objetivo 125X.

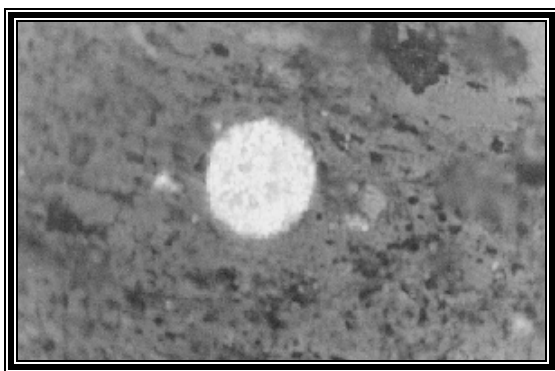


Foto A10.29. Muestra carbón. Carbón, óxidos en una esférula. L.P. Objetivo 125X.



Foto A10.30. Muestra carbón. Óxidos y carbón. N.X. Objetivo 125X.

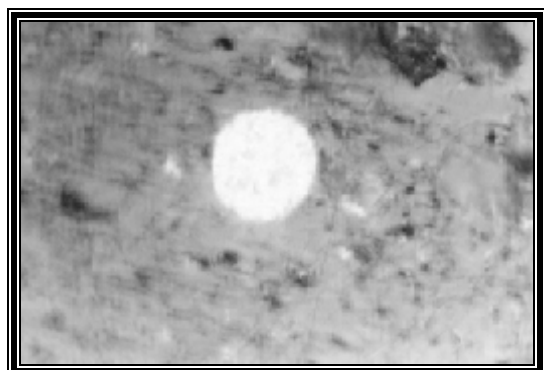


Foto A10.31. Muestra carbón. Óxidos en forma de esférulas. N.X sin filtro. Objetivo 125X.

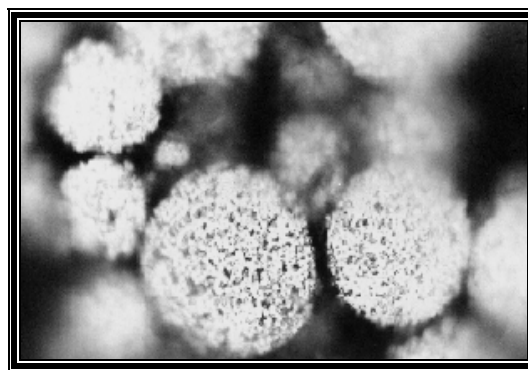


Foto A10.32. Muestra carbón. Óxidos en forma de esférulas. L.P. Objetivo 125X.

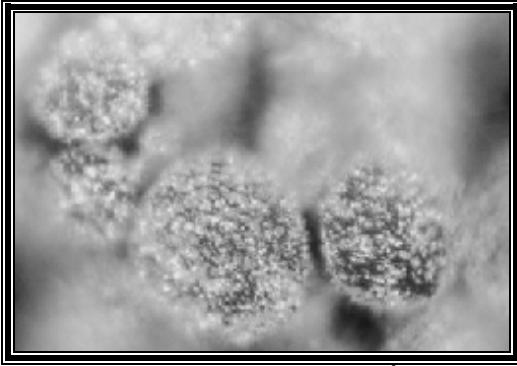


Foto A10.33. Muestra carbón. Óxidos en forma de esférulas. N.X. Objetivo 125X.

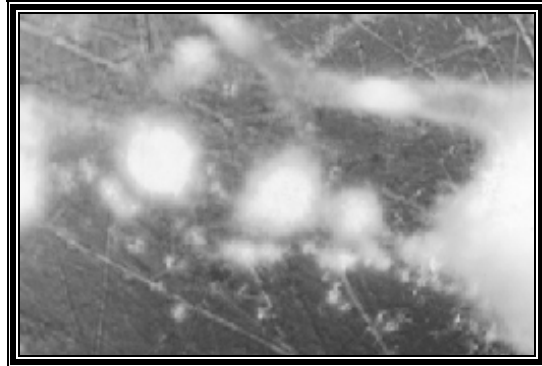


Foto A10.34. Muestra carbón. Óxidos y carbón. L.P. Objetivo 125X.

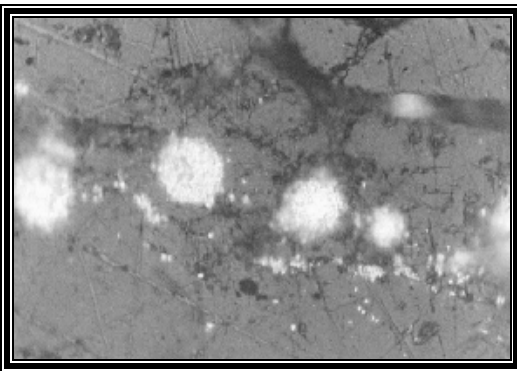


Foto A10.35. Muestra carbón. Carbón. N.X. Objetivo 125X.

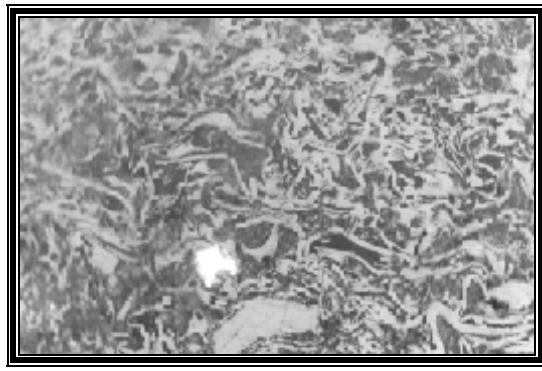


Foto A10.36. Muestra carbón. Carbón. L.P. Objetivo 125X.

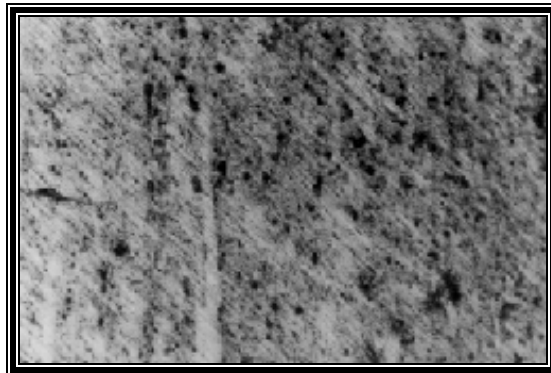


Foto A10.37. Muestra carbón. Carbón L.P. Objetivo 125X.

(Fuente: Fotografías tomadas en el Laboratorio de Yacimientos Minerales por el Sr. Juan José Ramírez Estrada).



ANEXO XI

INCOMBUSTIBILIDAD DE LA MINA III – MIMOSA.



ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL

MINA III - MIMOSA

MES: JUNIO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
1	C. INCLINADO A	ENTR. BOVEDA X°1	86	
2	" " "	X°1 A X°3	86	
3	" " "	X°3 A X°5	86	
4	" " "	X°5 A X°7 A VIBRADOR	86	
5	C. INCLINADO B	ENT. BOVEDA X°1	89	
6	" " "	X°1 A X°3	89	
7	" " "	X°3 A X°5	89	
8	" " "	X°5 A X°7 PLAN.INT.	87	
9	SUB ESTACION	PLANCHA INT	87	
10	C. GRAL. PTE. AUX. SUR	DE ENTRA. A X°3	79	REPOLVEAR
11	C. GRAL. PTE	DE ENTRA. A X°3	87	
12	C. GRAL.AUX. NTE.	DE ENTRA. A X°3	87	
13	C. 1 NTE. AUX. GRAL..	DE ENTRA. A X°1	90	
14	" " "	X°1 A X°3	90	
15	" " "	X°3 A X°5	88	
16	" " "	X°5 A X°7	90	
17	" " "	X°7 AL X°9 A TOPE	90	
18	C.GRAL. 1 NTE.	DE ENTRA. A X°1	83	
19	" " "	X°1 A X°3	82	
20	" " "	X°3 A X°5	87	
21	" " "	X°5 A X°7	84	
22	" " "	X°7 A X°9 AL TOPE	84	
23	C. 1 NTE. AUX.OTE.	DE ENTR. X °1	88	
24	" " "	X°1 A X°3	90	
25	" " "	X°3 A X°5	89	
26	" " "	X°5 A X°7	90	
27	" " "	X°7 A X°9 AL TOPE	89	
28	C. AUX.4 OTE BANDA	DE ENTRA. A X°1	87	
29	" " "	X°1 A X°3	84	
30	" " "	X°3 A X°5	89	
31	" " "	X°5 A X°7	90	
32	" " "	X°7 A X°9 DESLL.	89	
33	C.AUX 4 OTE MATERIALES	X°3 ENTRADA	90	
34	" " "	X°3 A X°5	88	
35	" " "	X°5 A X°7	86	
36	" " "	X°7 A X°9 A DESLL.	87	
37	C.AUX 4 OTE RGSO	X°3 ENTRADA	88	
38	" " "	X°3 A X°5	85	
39	" " "	X°5 A X°7	74	REPOLVEAR
40	" " "	X°7 A X°9 A DESLL.	86	
41	TIRO VERTICAL	Muestra N°1	88	
42	TIRO VERTICAL	Muestra N°2	90	
43	C. 4 OBRA AUX OTE	X°3 ENTRADA	89	C. AUX. 5 OTE.
44	" " "	X°3 A X°5	89	
45	" " "	X°5 A X°7	88	
46	" " "	X°7 A X°9 A TOPE	87	
47	C.AUX 4 OTE	De Entrada a X°1	86	
48	" " "	X°1 A X°3	90	
49	" " "	X°3 A X°5	88	
50	" " "	X°5 A X°7	82	
51	" " "	X°7 A X°9	83	
52	" " "	X°9 A X°11	77	REPOLVEAR
53	" " "	X°11 A X°13	76	REPOLVEAR

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).



MINA III - MIMOSA

MES: JUNIO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
54	“ “ “	X°13 A X°15	84	
55	“ “ “	X°15 A X°17	75	REPOLVEAR
56	“ “ “	X°17 A X°19	86	
57	C.AUX.DESC.F.L. 4 OTE	De Entrada a X°1	88	
58	“ “ “	X°1 A X°3 A TOPE	87	
59	“ “ “	De Entrada a X°1	86	
60	“ “ “	X°1 A X°3	88	
61	CN. 5 OTE AUX.	De Entrada a X°1	88	
62	“ “ “	X°1 A X°3	88	
63	“ “ “	X°3 A X°5	87	
64	“ “ “	X°5 A X°7	88	
65	“ “ “	X°7 A X°9	87	
66	“ “ “	X°9 A X°11	86	
67	“ “ “	X°11 A X°13	87	
68	“ “ “	X°13 A X°15	90	
69	CN 6 OTE	De Entrada a X°1	84	
70	“ “ “	X°1 A X°3	86	
71	“ “ “	X°3 A X°5	87	
72	“ “ “	X°5 A X°7	74	REPOLVEAR
73	“ “ “	X°7 A X°9	88	
74	“ “ “	X°9 A X°11	87	
75	“ “ “	X°11 A X°13	88	
76	CN AUX 6 OTE	De Entrada a X°1	90	
77	“ “ “	X° 1 A x° 3	90	
78	“ “ “	X° 3 A X° 5	89	
79	“ “ “	X° 5 A X° 7	88	
80	“ “ “	X° 7 A X° 9	87	
81	“ “ “	X° 9 A X° 11	89	
82	“ “ “	X° 11 A X° 13	90	
83	“ “ “	X°13 A X° 15	90	
84	C. 2 AUX 6 ORIENTE	De Entrada a X° 1	87	
85	“ “ “	X° 1 A X° 3	86	
86	“ “ “	X° 3 A X° 5	88	
87	“ “ “	X° 5 A X° 7	87	
88	“ “ “	X° 7 A X° 9	84	
89	“ “ “	X° 9 A X° 11	90	
90	“ “ “	X° 11 A X° 13	90	
91	“ “ “	X° 13 A X° 15	89	
92	C. 2° AUX. 4 OTE. BANDA	25 MTS. ANTES	73	MAQ. N°5 REPOLVEAR
93	“ “ “	50 MTS. ANTES	90	
94	“ “ “	75 MTS. ANTES	89	
95	“ “ “	100 MTS. ANTES	89	
96	“ “ “	125 MTS. ANTES	88	
97	“ “ “	150 MTS. ANTES	89	
98	“ “ “	175 MTS. ANTES	90	
99	“ “ “	200 MTS. ANTES	89	
100	“ “ “	225 MTS. ANTES	88	
101	“ “ “	250 MTS. ANTES	88	
102	“ “ “	275 MTS. ANTES	86	
103	“ “ “	300 MTS. ANTES	85	
104	C. 4 OTE. MATERIALES	25 MTS. ANTES	86	MAQUINA N°6
105	“ “ “	50 MTS. ANTES	87	
106	“ “ “	75 MTS. ANTES	72	REPOLVEAR

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).

MINA III - MIMOSA

MES: JUNIO



No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
107	C. 4 OTE. MATERIALES	100 MTS. ANTES	88	
108	" " "	125 MTS. ANTES	89	
109	" " "	150 MTS. ANTES	87	
110	" " "	175 MTS. ANTES	88	
111	" " "	200 MTS. ANTES	90	
112	" " "	225 MTS. ANTES	86	
113	" " "	250 MTS. ANTES	86	
114	" " "	275 MTS. ANTES	85	
115	" " "	300 MTS. ANTES	85	
116	C. 4 OTE. REGRESO	25 MTS. ANTES	85	MAQUINA N°8
117	" " "	50 MTS. ANTES	85	
118	" " "	75 MTS. ANTES	89	
119	" " "	100 MTS. ANTES	89	
120	" " "	125 MTS. ANTES	88	
121	" " "	150 MTS. ANTES	87	
122	" " "	175 MTS. ANTES	90	
123	" " "	200 MTS. ANTES	88	
124	" " "	225 MTS. ANTES	88	
125	" " "	250 MTS. ANTES	90	
126	" " "	275 MTS. ANTES	87	
127	" " "	300 MTS. ANTES	87	
128	CAÑON 5 OTE. AUX.	25 MTS. ANTES	86	TERMINAL F.L
129	" " "	50 MTS. ANTES	87	
130	" " "	75 MTS. ANTES	90	
131	" " "	100 MTS. ANTES	88	
132	" " "	125 MTS. ANTES	90	
133	" " "	150 MTS. ANTES	89	
134	" " "	175 MTS. ANTES	90	
135	" " "	200 MTS. ANTES	89	
136	" " "	225 MTS. ANTES	88	
137	" " "	250 MTS. ANTES	86	
138	" " "	275 MTS. ANTES	87	
139	" " "	300 MTS. ANTES	90	
140	CAÑON 6 ORIENTE	25 MTS. ANTES	87	CABEZA F.L.
141	" " "	50 MTS. ANTES	87	
142	" " "	75 MTS. ANTES	86	
143	" " "	100 MTS. ANTES	87	
144	" " "	125 MTS. ANTES	86	
145	" " "	150 MTS. ANTES	90	
146	" " "	175 MTS. ANTES	90	
147	" " "	200 MTS. ANTES	88	
148	" " "	225 MTS. ANTES	87	
149	" " "	250 MTS. ANTES	89	
150	" " "	275 MTS. ANTES	90	
151	" " "	300 MTS. ANTES	88	
152	CAÑON 6 ORIENTE AUX.	25 MTS. ANTES	89	CUADRO DE DESGASAMIENTO
153	" " "	50 MTS. ANTES	88	
154	" " "	75 MTS. ANTES	90	
155	" " "	100 MTS. ANTES	90	
156	" " "	125 MTS. ANTES	87	
157	" " "	150 MTS. ANTES	86	
158	" " "	175 MTS. ANTES	90	

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).**MINA III - MIMOSA****MES: JUNIO**



No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
159	CAÑON 6 ORIENTE AUX.	200 MTS. ANTES	87	
160	“ “ “	225 MTS. ANTES	90	
161	“ “ “	250 MTS. ANTES	90	

TOTAL DE MUESTRAS 161
MUESTRAS ROJAS 8
MUESTRAS VERDES 153

Fuente: MIMOSA.



ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL

MINA III - MIMOSA

MES: JULIO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
1	C. INCLINADO A	ENTR. BOVEDA X°2	84	
2	" " "	X°2 A X°4	83	
3	" " "	X°4 A X°6	89	
4	" " "	X°6 A X°8	86	
5	C. INCLINADO B	ENT. BOVEDA X°2	90	
6	" " "	X°2 A X°4	89	
7	" " "	X°4 A X°6	88	
8	" " "	X°6 A X°8 P.INT.	90	
9	SUB ESTACION	PLANCHA INT	89	
10	C. GRAL. PTE. AUX. SUR	ENT. TOLVA A X°2	89	
11	C. GRAL. PTE	ENTRA. A X°2	83	
12	C. GRAL. PTE. AUX. NTE.	ENTRA. A X°2	84	
13	C. GRAL. 1 NTE.	ENTRA. A X°2	90	
14	" " "	X°2 A X°4	90	
15	" " "	X°4 A X°6	90	
16	" " "	X°6 A X°8	90	
17	" " "	X°8 A X°10 AL TOPE	90	
18	C. 1 NTE. AUX. PTE.	DE ENTRA. A X°2	90	
19	" " "	X°2 A X°4	89	
20	" " "	X°4 A X°6	90	
21	" " "	X°6 A X°8	90	
22	" " "	X°8 A X°10 A TOPE	89	
23	C. 1 NTE. AUX. OTE.	DE ENTR. X °2	90	
24	" " "	X°2 A X°4	89	
25	" " "	X°4 A X°6	90	
26	" " "	X°6 A X°8	88	
27	" " "	X°8 A X°10 AL TOPE	90	
28	C. 4 OBRA AUX. OTE.	X°2 COMO ENTRA	90	
29	" " "	X°2 A X°4	90	
30	" " "	X°4 A X°6	90	
31	" " "	X°6 A X°8 TOPE	90	
32	TIRO VERTICAL	MUESTRA N°1	90	
33	" " "	MUESTRA N°2	89	
34	C. AUX. 4 OTE. BANDA	ENTRA. X°2	84	
35	" " "	X°2 A X°4	83	
36	" " "	X°4 A X°6	87	
37	" " "	X°6 A X°8	90	
38	CANON 4 OTE. MAT.	ENTRADA A X°2	82	
39	" " "	X°2 A X°4	88	
40	" " "	X°4 A X°6	84	
41	" " "	X°6 A X°8	89	
42	CANON 4 OTE. REGRESO	ENTRADA A X°2	82	
43	" " "	X°2 A X°4	85	
44	" " "	X°4 A X°6	76	REPOLVEAR
45	" " "	X°6 A X°8	87	
46	C. AUX. 4 OTE	ENTRADA A X°2	90	
47	" " "	X°2 A X°4	90	
48	" " "	X°4 A X°6	86	
49	" " "	X°6 A X°8	85	
50	" " "	X°8 A X°10	84	
51	" " "	X°10 A X°12	85	
52	" " "	X°12 A X°14	84	
53	" " "	X°14 A X°16	84	

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).



MINA III - MIMOSA

MES: JULIO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
54	C .AUX 4 OTE	X°16 A X°18	83	
55	C .AUX 5 OTE	ENTRADA A X°2	90	
56	" " "	X°2 A X°4	90	
57	" " "	X°4 A X°6	90	
58	" " "	X°6 A X°8	90	
59	" " "	X°8 A X°10 A TOPE	89	
60	CAÑON 6 OTE	ENTRADA A X°2	90	
61	" " "	X°2 A X°4	89	
62	" " "	X°4 A X°6	90	
63	" " "	X°6 A X°8	90	
64	" " "	X°8 A X°10	89	
65	" " "	X°10 A X°12	90	
66	C .AUX 6 OTE	ENTRADA A X°2	90	
67	" " "	X°2 A X°4	90	
68	" " "	X°4 A X°6	88	
69	" " "	X°6 A X°8	89	
70	" " "	X°8 A X°10	90	
71	" " "	X°10 A X°12	90	
72	C .2° AUX 6 OTE	ENTRADA A X°2	90	
73	" " "	X°2 A X°4	90	
74	" " "	X°4 A X°6	89	
75	" " "	X°6 A X°8	88	
76	" " "	X°8 A X°10	89	
77	" " "	X°10 A X°12	89	
78	" " "	X°12 A X°14	90	
79	" " "	X°14 A X°16	87	
80	" " "	X°16 A X°18 A TOPE	*****	AGUA
81	C. AUX. DESCABECE F.L. 5 OTE.	MUESTRA N°1	88	
82	" " "	MUESTRA N°2	88	
83	C. AUX. DESCABECE F.L. 4 OTE.	MUESTRA N°1	87	
84	" " "	MUESTRA N°2	89	
85	CAÑON 4 OTE. MATERLS.	25 MTS. ANTES	51	MAQ 6 REPOLVEAR
86	" " "	50 MTS. ANTES	88	
87	" " "	75 MTS. ANTES	86	
88	" " "	100 MTS. ANTES	86	
89	" " "	125 MTS. ANTES	83	REPOLVEAR
90	" " "	150 MTS. ANTES	65	REPOLVEAR
91	" " "	200 MTS. ANTES	88	
92	" " "	225 MTS. ANTES	88	
93	" " "	250 MTS. ANTES	90	
94	" " "	275 MTS. ANTES	86	
95	" " "	300 MTS. ANTES	87	
96	CAÑON 4 OTE BANDA	25 MTS. ANTES	78	MAQ. 5 REPOLVEAR
97	" " "	50 MTS. ANTES	90	
98	" " "	75 MTS. ANTES	87	
99	" " "	100 MTS. ANTES	76	REPOLVEAR
100	" " "	125 MTS. ANTES	82	REPOLVEAR
101	" " "	150 MTS. ANTES	87	
102	" " "	175 MTS. ANTES	86	
103	" " "	200 MTS. ANTES	87	
104	" " "	225 MTS. ANTES	87	
105	" " "	250 MTS. ANTES	88	
106	" " "	275 MTS. ANTES	89	

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).

MINA III - MIMOSA

MES: JULIO



No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
107	CAÑON 4 OTE. BANDA	300 MTS. ANTES	90	
108	CAÑON 4 OTE. REGRESO	25 MTS. ANTES	90	MAQ 8
109	" " "	50 MTS. ANTES	72	REPOLVEAR
110	" " "	75 MTS. ANTES	88	
111	" " "	100 MTS. ANTES	87	
112	" " "	125 MTS. ANTES	90	
113	" " "	150 MTS. ANTES	86	
114	" " "	175 MTS. ANTES	87	
115	" " "	200 MTS. ANTES	86	
116	" " "	225 MTS. ANTES	87	
117	" " "	250 MTS. ANTES	89	
118	" " "	275 MTS. ANTES	83	REPOLVEAR
119	" " "	300 MTS. ANTES	87	
120	CAÑON 5 OTE AUX (TERMINAL)	25 MTS. ANTES	89	
121	" " "	50 MTS. ANTES	88	
122	" " "	75 MTS. ANTES	87	
123	" " "	100 MTS. ANTES	87	
124	" " "	125 MTS. ANTES	86	
125	" " "	150 MTS. ANTES	90	
126	" " "	175 MTS. ANTES	90	
127	" " "	200 MTS. ANTES	87	
128	" " "	225 MTS. ANTES	86	
129	" " "	250 MTS. ANTES	90	
130	" " "	275 MTS. ANTES	90	
131	" " "	300 MTS. ANTES	90	
132	CAÑON 6 OTE (CABEZA)	25 MTS. ANTES	90	
133	" " "	50 MTS. ANTES	90	
134	" " "	75 MTS. ANTES	90	
135	" " "	100 MTS. ANTES	90	
136	" " "	125 MTS. ANTES	90	
137	" " "	150 MTS. ANTES	90	
138	" " "	175 MTS. ANTES	90	
139	" " "	200 MTS. ANTES	89	
140	" " "	225 MTS. ANTES	90	
141	" " "	250 MTS. ANTES	90	
142	" " "	275 MTS. ANTES	90	
143	" " "	300 MTS. ANTES	90	
144	CAÑON 6 OTE AUXILIAR	25 MTS. ANTES	90	CUADRO DE DESGASAMIENTO
145	" " "	50 MTS. ANTES	90	
146	" " "	75 MTS. ANTES	90	
147	" " "	100 MTS. ANTES	90	
148	" " "	125 MTS. ANTES	90	
149	" " "	150 MTS. ANTES	90	
150	" " "	200 MTS. ANTES	89	
151	" " "	225 MTS. ANTES	90	
152	" " "	250 MTS. ANTES	89	
153	" " "	275 MTS. ANTES	90	
154	" " "	300 MTS. ANTES	89	
155	CAÑON 2° 6 OTE AUXILIAR	25 MTS. DESPUES	90	CUADRO DE DESGASAMIENTO
156	" " "	50 MTS. DESPUES	89	
157	" " "	75 MTS. DESPUES	90	
158	" " "	100 MTS. DESPUES	90	

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD NORMAL (continuación).

MINA III - MIMOSA

MES: JULIO

No.	Galería	Lugar	%	Observaciones
-----	---------	-------	---	---------------



Muestra				
159	CAÑON 2° 6 OTE AUXILIAR	125 MTS. DESPUES	89	
160	“ “ “	150 MTS. DESPUES	90	
161	“ “ “	175 MTS. DESPUES	90	
162	“ “ “	200 MTS. DESPUES	89	
163	“ “ “	225 MTS. DESPUES	89	
164	“ “ “	250 MTS. DESPUES	90	
165	“ “ “	275 MTS. DESPUES	90	
166	“ “ “	300 MTS. DESPUES	90	

MUESTRAS ROJAS **9**
MUESTRAS VERDES **158**
TOTAL DE MUESTRAS **167**

(Fuente: MIMOSA).

**ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD ESPECIAL**

MINA III - MIMOSA

MES: AGOSTO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
1	C. 2° AUX. 4 OTE. BANDA	25 MTS. ANTES	82	MAQ. N° 5 X°12 +90 MTS REPOLVEAR
2	“ “ “	50 MTS. ANTES	76	REPOLVEAR
3	“ “ “	75 MTS. ANTES	87	REPOLVEAR
4	“ “ “	100 MTS. ANTES	87	
5	“ “ “	125 MTS. ANTES	80	REPOLVEAR
6	“ “ “	150 MTS. ANTES	82	
7	“ “ “	175 MTS. ANTES	86	
8	“ “ “	200 MTS. ANTES	87	
9	“ “ “	225 MTS. ANTES	87	
10	“ “ “	250 MTS. ANTES	89	
11	“ “ “	275 MTS. ANTES	90	
12	“ “ “	300 MTS. ANTES	90	
13	CAÑON 4 OTE. MATERIALES	25 MTS. ANTES	65	MAQ. N° 6 X°12 + 92 MTS REPOLVEAR
14	“ “ “	50 MTS. ANTES	68	REPOLVEAR
15	“ “ “	75 MTS. ANTES	70	REPOLVEAR
16	“ “ “	100 MTS. ANTES	66	REPOLVEAR
17	“ “ “	125 MTS. ANTES	70	REPOLVEAR
18	“ “ “	150 MTS. ANTES	76	REPOLVEAR
19	“ “ “	175 MTS. ANTES	76	REPOLVEAR
20	“ “ “	200 MTS. ANTES	86	
21	“ “ “	225 MTS. ANTES	87	
22	“ “ “	250 MTS. ANTES	88	
23	“ “ “	275 MTS. ANTES	88	
24	“ “ “	300 MTS. ANTES	86	
25	CAÑON 4 OTE. REGRESO	25 MTS. ANTES	65	MAQ.8 X°12+88 MTS. REPOLVEAR
26	“ “ “	50 MTS. ANTES	71	REPOLVEAR
27	“ “ “	75 MTS. ANTES	86	
28	“ “ “	100 MTS. ANTES	86	
29	“ “ “	125 MTS. ANTES	87	
30	“ “ “	150 MTS. ANTES	75	REPOLVEAR
31	“ “ “	175 MTS. ANTES	78	REPOLVEAR
32	“ “ “	200 MTS. ANTES	79	REPOLVEAR
33	“ “ “	225 MTS. ANTES	77	REPOLVEAR
34	“ “ “	250 MTS. ANTES	75	REPOLVEAR
35	“ “ “	275 MTS. ANTES	85	
36	“ “ “	300 MTS. ANTES	83	
37	CAÑON 5 OTE. AUX.	TERML. 25 ANTES	89	
38	“ “ “	50 MTS. ANTES	89	
39	“ “ “	75 MTS. ANTES	88	
40	“ “ “	100 MTS. ANTES	86	
41	“ “ “	125 MTS. ANTES	88	
42	“ “ “	150 MTS. ANTES	90	
43	“ “ “	175 MTS. ANTES	89	
44	“ “ “	200 MTS. ANTES	87	
45	“ “ “	225 MTS. ANTES	87	
46	“ “ “	250 MTS. ANTES	90	
47	“ “ “	275 MTS. ANTES	89	
48	“ “ “	300 MTS. ANTES	90	
49	CAÑON 6 ORIENTE	CABEZA. 25 ANTES	88	
50	“ “ “	50 MTS. ANTES	88	

ANÁLISIS DE MUESTRAS DE INCOMBUSTIBILIDAD ESPECIAL (continuación).



MINA III - MIMOSA

MES: AGOSTO

No. Muestra	Galería	Lugar	%	Observaciones
51	“ “ “	75 MTS. ANTES	89	
52	“ “ “	100 MTS. ANTES	87	
53	“ “ “	125 MTS. ANTES	89	
54	CAÑON 6 ORIENTE	150 MTS. ANTES	87	
55	“ “ “	175 MTS. ANTES	90	
56	“ “ “	200 MTS. ANTES	89	
57	“ “ “	225 MTS. ANTES	89	
58	“ “ “	250 MTS. ANTES	88	
59	“ “ “	275 MTS. ANTES	87	
60	“ “ “	300 MTS. ANTES	88	
61	CAÑON 6 ORIENTE AUX.	CUADRO DESG. 25 ANTES	89	X°14
62	“ “ “	50 MTS. ANTES	88	
63	“ “ “	75 MTS. ANTES	89	
64	“ “ “	100 MTS. ANTES	90	
65	“ “ “	125 MTS. ANTES	90	
66	“ “ “	150 MTS. ANTES	90	
67	“ “ “	175 MTS. ANTES	89	
68	“ “ “	200 MTS. ANTES	90	
69	“ “ “	225 MTS. ANTES	88	
70	“ “ “	250 MTS. ANTES	90	
71	“ “ “	275 MTS. ANTES	89	
72	“ “ “	300 MTS. ANTES	89	
73	CAÑON 6 ORIENTE AUX.	CUADRO DESG. 25 DESPUES	89	X°14
74	“ “ “	50 MTS. DESPUES	88	
75	“ “ “	75 MTS. DESPUES	89	
76	“ “ “	100 MTS. DESPUES	90	
77	“ “ “	125 MTS. DESPUES	90	
78	“ “ “	150 MTS. DESPUES	89	
79	“ “ “	175 MTS. DESPUES	89	
80	“ “ “	200 MTS. DESPUES	90	
81	“ “ “	225 MTS. DESPUES	90	
82	“ “ “	250 MTS. DESPUES	89	
83	“ “ “	275 MTS. DESPUES	90	
84	“ “ “	300 MTS. DESPUES	90	

MUESTRAS ROJAS 18
MUESTRAS VERDES 66
TOTAL DE MUESTRAS 84



ANEXO XII

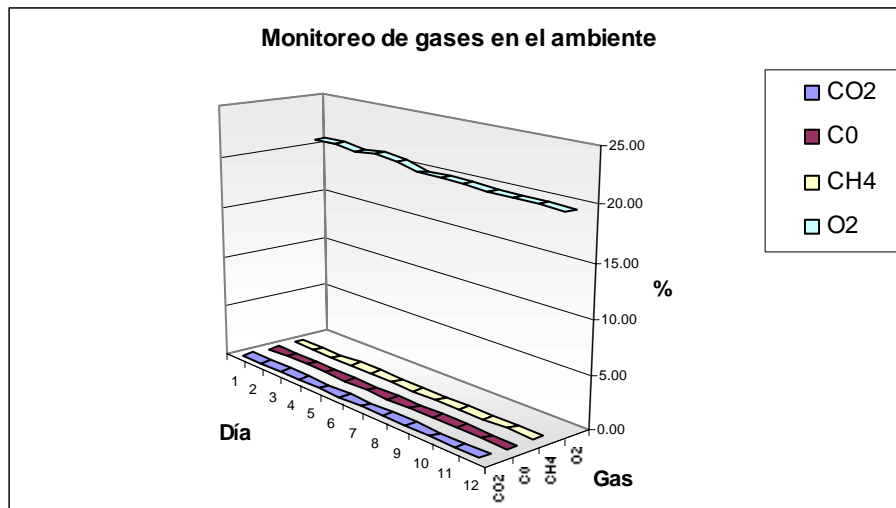
**MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS
INMEDIACIONES DE LA F.L. 5 OTE. DE LA
MINA III – MIMOSA.**



MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 5 Ote. X°5 a -20m

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	450	0	0.0450	0.0000	0.1	20.7
2	05/08/2003	440	1	0.0440	0.0001	0.0	20.8
3	06/08/2003	440	1	0.0440	0.0001	0.0	20.4
4	07/08/2003	450	0	0.0450	0.0000	0.1	20.7
5	08/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.1	20.3
6	09/08/2003	380	1	0.0380	0.0001	0.0	19.8
7	11/08/2003	390	0	0.0390	0.0000	0.0	19.8
8	12/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.0	19.7
9	13/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	19.5
10	14/08/2003	370	1	0.0370	0.0001	0.0	19.6
11	15/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.1	19.6
12	16/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	19.4
PROMEDIO		415	0.75	0.0415	0.0001	0.0333	20.0250

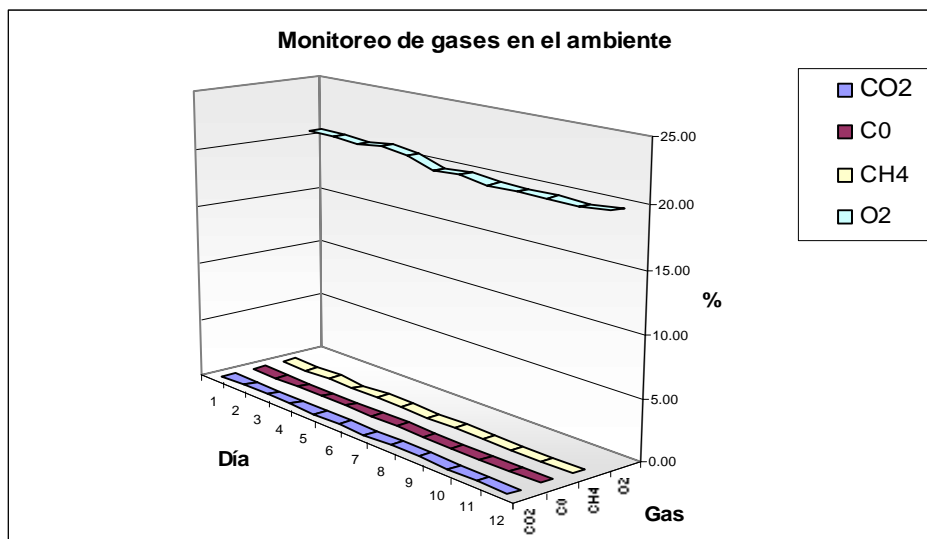




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 5 Ote. X°5

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	347	1	0.0347	0.0001	0.1	20.6
2	05/08/2003	337	0	0.0337	0.0000	0.0	20.5
3	06/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.1	20.3
4	07/08/2003	360	0	0.0360	0.0000	0.0	20.6
5	08/08/2003	370	0	0.0370	0.0000	0.0	20.3
6	09/08/2003	347	0	0.0347	0.0000	0.0	19.6
7	11/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.0	19.7
8	12/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	19.4
9	13/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.4
10	14/08/2003	390	0	0.0390	0.0000	0.0	19.4
11	15/08/2003	360	0	0.0360	0.0000	0.0	19.3
12	16/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.6
PROMEDIO		371.75	0.1667	0.0372	0.0000	0.0167	19.8917

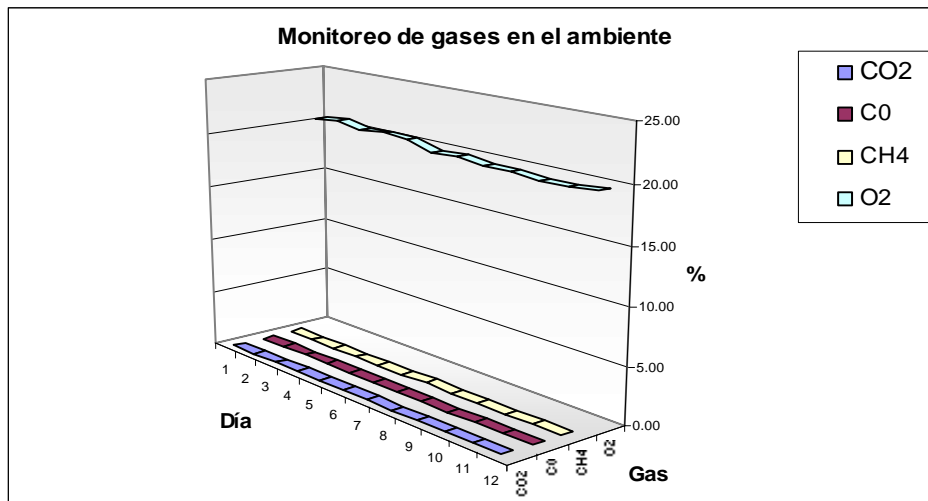




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 5 Ote. X°5 a +10m

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	347	1	0.0347	0.0001	0.1	20.4
2	05/08/2003	340	2	0.0340	0.0002	0.0	20.6
3	06/08/2003	375	0	0.0375	0.0000	0.0	20.2
4	07/08/2003	356	0	0.0356	0.0000	0.0	20.4
5	08/08/2003	370	0	0.0370	0.0000	0.0	20.3
6	09/08/2003	347	0	0.0347	0.0000	0.0	19.5
7	11/08/2003	400	0	0.0400	0.0000	0.1	19.8
8	12/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	19.4
9	13/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.5
10	14/08/2003	390	0	0.0390	0.0000	0.0	19.2
11	15/08/2003	360	0	0.0360	0.0000	0.0	19.3
12	16/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.6
PROMEDIO		371.25	0.25	0.0371	0.0000	0.0167	19.8500

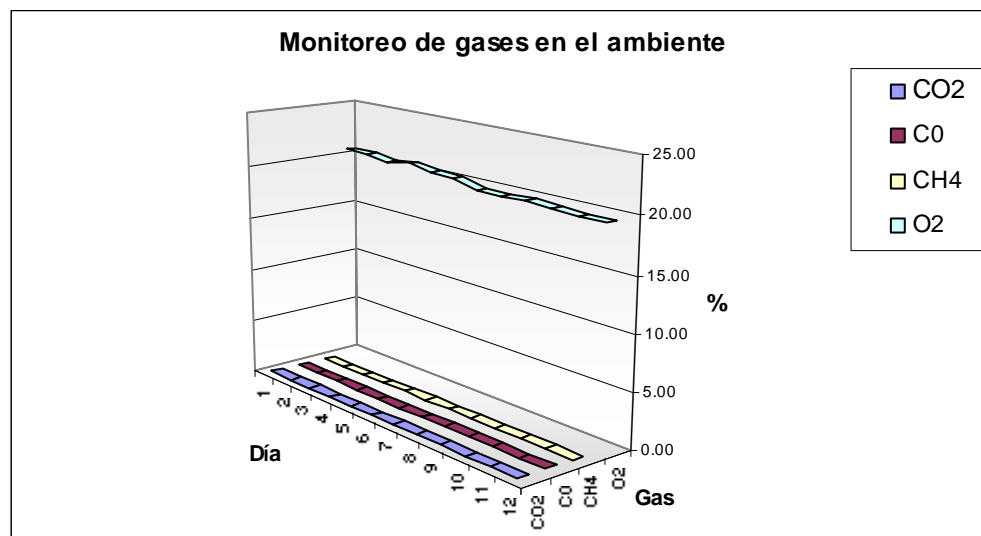




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 5 Ote. X°10

DÍ A	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	390	0	0.0390	0.0000	0.0	20.6
2	05/08/2003	380	1	0.0380	0.0001	0.0	20.5
3	06/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.0	20.3
4	07/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	20.6
5	08/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	20.2
6	09/08/2003	380	1	0.0380	0.0001	0.0	20.1
7	11/08/2003	390	0	0.0390	0.0000	0.0	19.5
8	12/08/2003	360	1	0.0360	0.0001	0.0	19.6
9	13/08/2003	400	0	0.0400	0.0000	0.0	19.7
10	14/08/2003	330	0	0.0330	0.0000	0.0	19.5
11	15/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.0	19.4
12	16/08/2003	400	0	0.0400	0.0000	0.0	19.5
PROMEDIO		385	0.5	0.0385	0.0001	0.0000	19.9583

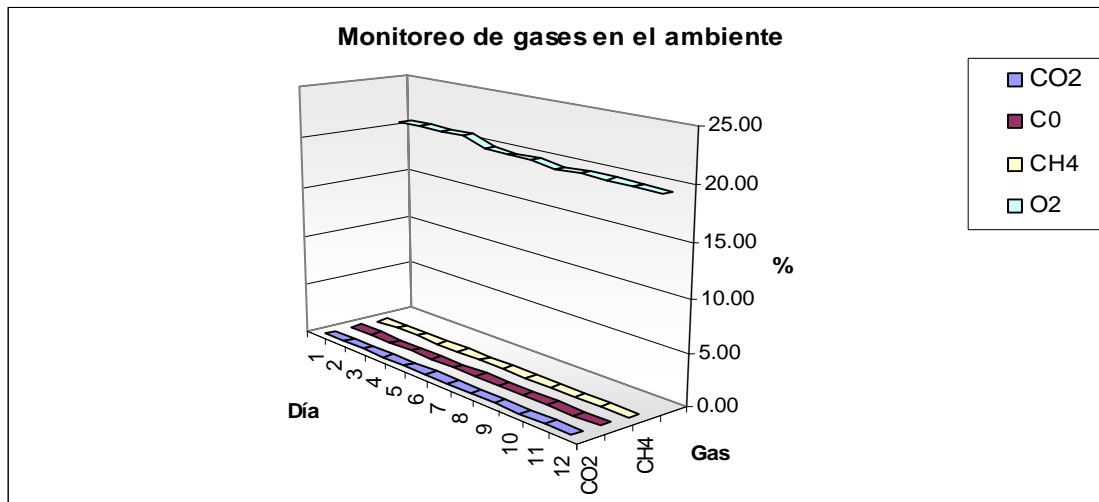




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Terminal

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	380	1	0.0380	0.0001	0.0	20.6
2	05/08/2003	390	1	0.0390	0.0001	0.0	20.6
3	06/08/2003	397	0	0.0397	0.0000	0.0	20.5
4	07/08/2003	360	1	0.0360	0.0001	0.0	20.6
5	08/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.0	19.8
6	09/08/2003	440	0	0.0440	0.0000	0.0	19.6
7	11/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	19.6
8	12/08/2003	390	1	0.0390	0.0001	0.0	19.3
9	13/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.4
10	14/08/2003	337	2	0.0337	0.0002	0.0	19.4
11	15/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	19.4
12	16/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	19.3
PROMEDIO		392	0.75	0.0392	0.0001	0.0000	19.8417

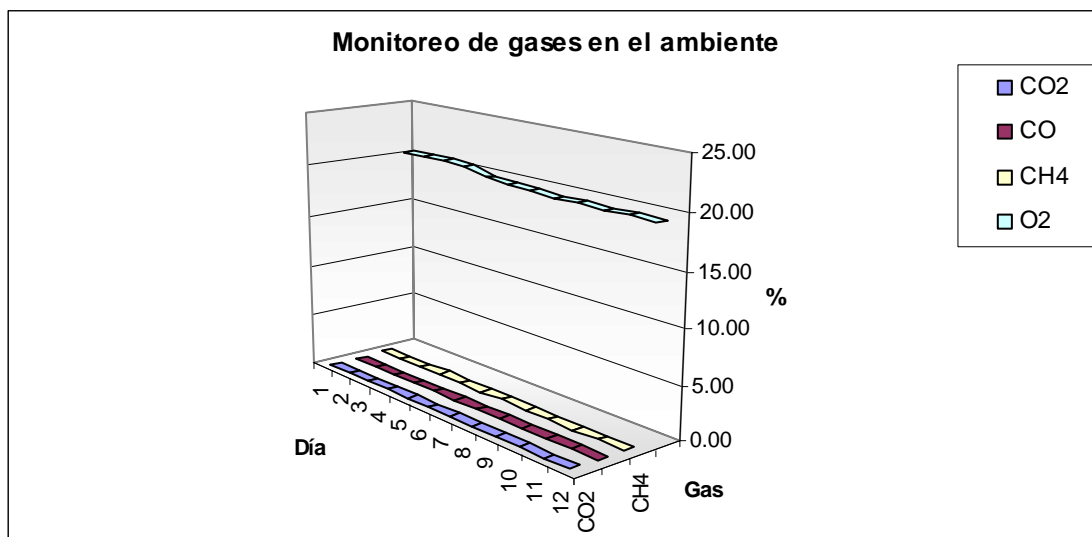




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: A la mitad de la F.L.

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	440	2	0.0440	0.0002	0.2	20.2
2	05/08/2003	450	0	0.0450	0.0000	0.2	20.3
3	06/08/2003	445	0	0.0445	0.0000	0.1	20.3
4	07/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.2	20.2
5	08/08/2003	420	0	0.0420	0.0000	0.1	19.6
6	09/08/2003	420	0	0.0420	0.0000	0.1	19.5
7	11/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.2	19.3
8	12/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.1	19.1
9	13/08/2003	360	0	0.0360	0.0000	0.1	19.3
10	14/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.0	19.2
11	15/08/2003	400	0	0.0400	0.0000	0.1	19.3
12	16/08/2003	420	0	0.0420	0.0000	0.1	19.2
PROMEDIO		417.917	0.5	0.0418	0.0001	0.1250	19.6250

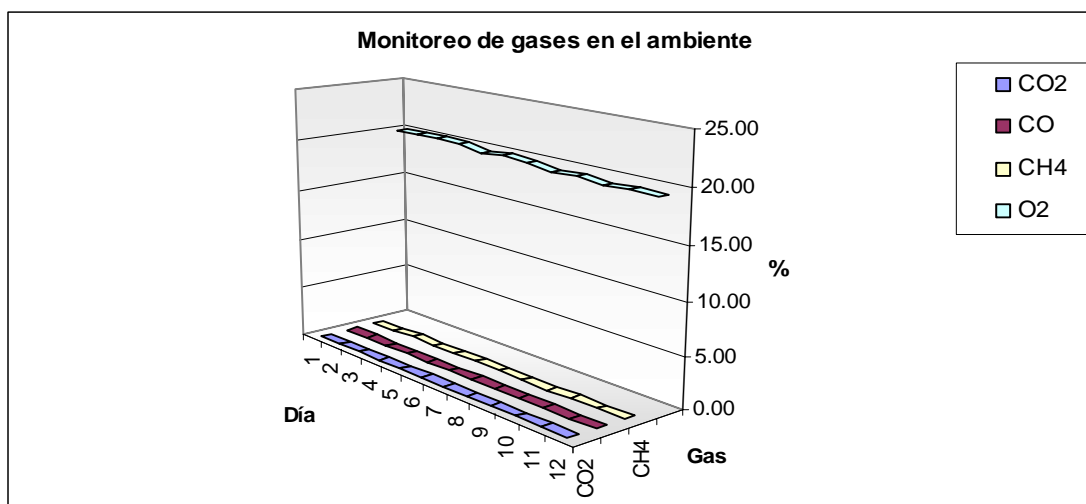




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cabaza

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	500	0	0.0500	0.0000	0.1	20.0
2	05/08/2003	520	1	0.0520	0.0001	0.1	20.1
3	06/08/2003	450	1	0.0450	0.0001	0.2	20.1
4	07/08/2003	480	0	0.0480	0.0000	0.1	20.0
5	08/08/2003	400	1	0.0400	0.0001	0.1	19.5
6	09/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.2	19.8
7	11/08/2003	400	0	0.0400	0.0000	0.1	19.6
8	12/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.1	19.3
9	13/08/2003	390	1	0.0390	0.0001	0.0	19.4
10	14/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.1	19.1
11	15/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.1	19.4
12	16/08/2003	420	1	0.0420	0.0001	0.1	19.2
PROMEDIO		435.833	0.75	0.0436	0.0001	0.1083	19.6250

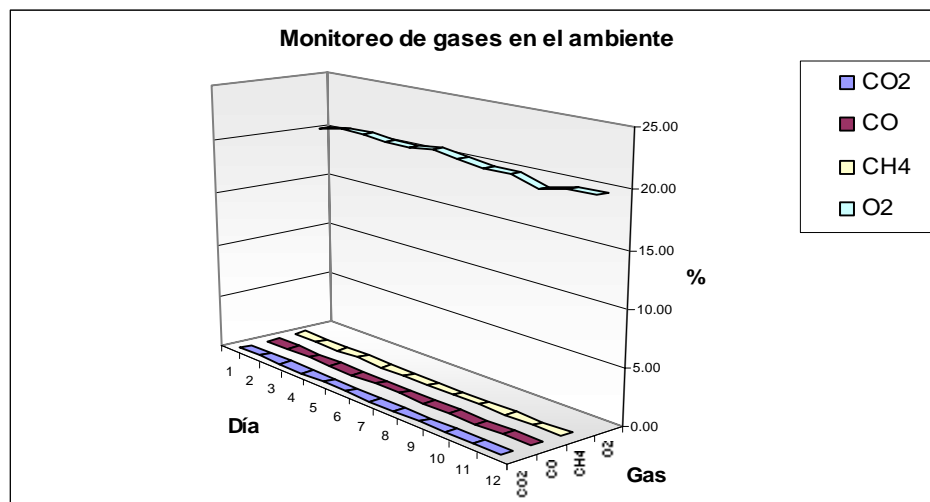




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 6 Ote. Banda X°10

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.1	20.1
2	05/08/2003	420	2	0.0420	0.0002	0.0	20.4
3	06/08/2003	420	2	0.0420	0.0002	0.0	20.4
4	07/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.1	20.1
5	08/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	20.1
6	09/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	20.4
7	11/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	20.0
8	12/08/2003	410	0	0.0410	0.0000	0.0	19.7
9	13/08/2003	380	0	0.0380	0.0000	0.0	19.8
10	14/08/2003	410	3	0.0410	0.0003	0.0	19.0
11	15/08/2003	420	0	0.0420	0.0000	0.0	19.5
12	16/08/2003	410	1	0.0410	0.0001	0.0	19.6
PROMEDIO		410	0.9167	0.0410	0.0001	0.0167	19.9250

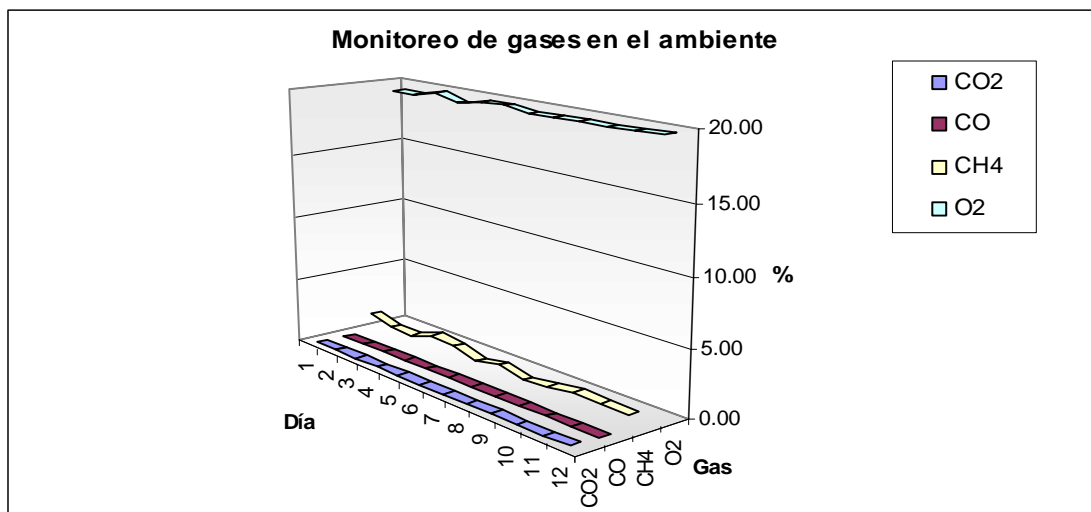




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. 2 Aux 6 Ote. Entrada

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	500	5	0.0500	0.0005	1.4	19.2
2	05/08/2003	500	5	0.0500	0.0005	0.9	19.2
3	06/08/2003	500	5	0.0500	0.0005	0.8	19.7
4	07/08/2003	490	4	0.0490	0.0004	1.4	19.2
5	08/08/2003	460	2	0.0460	0.0002	1.2	19.6
6	09/08/2003	490	3	0.0490	0.0003	0.7	19.7
7	11/08/2003	490	4	0.0490	0.0004	1.1	19.4
8	12/08/2003	480	2	0.0480	0.0002	0.6	19.5
9	13/08/2003	490	3	0.0490	0.0003	0.8	19.6
10	14/08/2003	460	2	0.0460	0.0002	1.1	19.5
11	15/08/2003	460	4	0.0460	0.0004	1.0	19.6
12	16/08/2003	470	2	0.0470	0.0002	1.0	19.7
PROMEDIO		482.5	3.4167	0.0483	0.0003	1.0000	19.4917

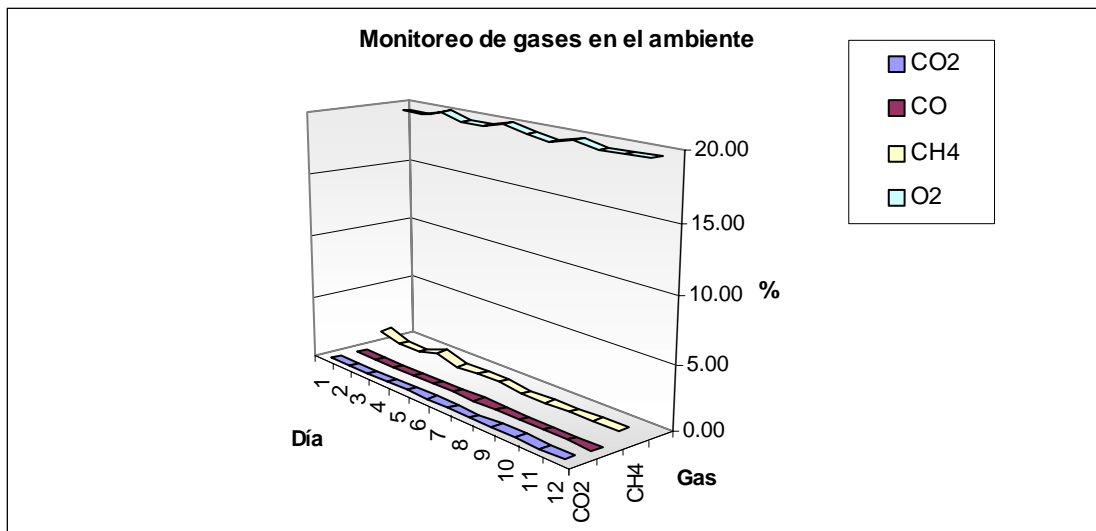




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. Aux 6 Ote. X°1

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	500	4	0.0500	0.0004	1.3	19.4
2	05/08/2003	500	4	0.0500	0.0004	0.8	19.4
3	06/08/2003	490	6	0.0490	0.0006	0.7	19.9
4	07/08/2003	500	3	0.0500	0.0003	1.3	19.4
5	08/08/2003	450	3	0.0450	0.0003	0.8	19.5
6	09/08/2003	470	5	0.0470	0.0005	0.9	19.9
7	11/08/2003	500	6	0.0500	0.0006	0.9	19.5
8	12/08/2003	490	3	0.0490	0.0003	0.7	19.3
9	13/08/2003	480	2	0.0480	0.0002	0.7	19.7
10	14/08/2003	450	4	0.0450	0.0004	0.7	19.4
11	15/08/2003	470	6	0.0470	0.0006	0.8	19.5
12	16/08/2003	490	4	0.0490	0.0004	0.8	19.6
PROMEDIO		482.5	4.1667	0.0483	0.0004	0.8667	19.5417

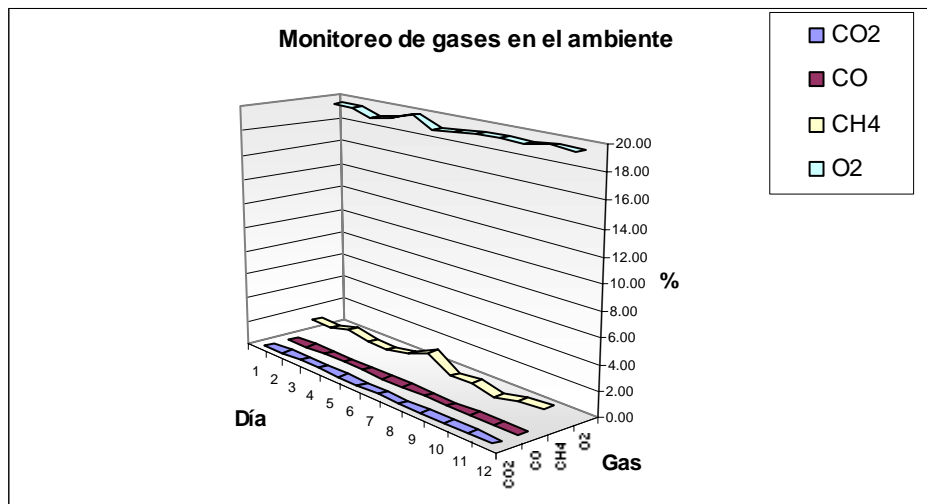




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

LUGAR: Cn. Aux 6 Ote. X°16

DÍA	FECHA	EN PPM		EN PORCENTAJE			
		CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
1	04/08/2003	490	14	0.0490	0.0014	1.2	19.5
2	05/08/2003	490	14	0.0490	0.0014	1.1	19.5
3	06/08/2003	480	10	0.0480	0.0010	1.6	19.0
4	07/08/2003	470	9	0.0470	0.0009	1.2	19.3
5	08/08/2003	420	9	0.0420	0.0009	1.2	19.8
6	09/08/2003	490	9	0.0490	0.0009	1.5	19.0
7	11/08/2003	480	12	0.0480	0.0012	2.2	19.2
8	12/08/2003	470	9	0.0470	0.0009	1.0	19.4
9	13/08/2003	500	8	0.0500	0.0008	1.2	19.4
10	14/08/2003	470	8	0.0470	0.0008	0.8	19.3
11	15/08/2003	500	13	0.0500	0.0013	1.2	19.6
12	16/08/2003	500	9	0.0500	0.0009	1.4	19.5
PROMEDIO		480	10.333	0.0480	0.0010	1.3000	19.3750

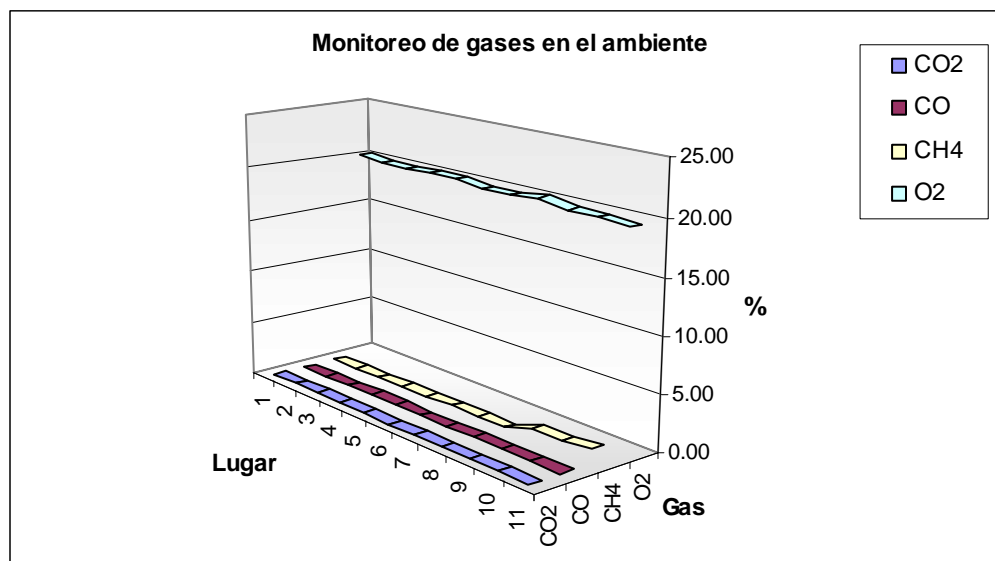




MONITOREO DE GASES EN EL AMBIENTE EN LAS INMEDIACIONES DE LA FRENTE 5 ORIENTE

VALORES PROMEDIO

LUGAR	EN PPM		EN PORCENTAJE			
	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CH ₄	O ₂
Cn. 5 Ote. X°5 a -20m	415	1	0.0415	0.0001	0.0333	20.0250
Cn. 5 Ote. X°5	372	0	0.0372	0.0000	0.0167	19.8917
Cn. 5 Ote. X°5 a +10m	371	0	0.0371	0.0000	0.0167	19.8500
Cn. 5 Ote. X°10	385	1	0.0385	0.0001	0.0000	19.9583
Terminal	392	1	0.0392	0.0001	0.0000	19.8417
A la mitad de la F.L.	418	1	0.0418	0.0001	0.1250	19.6250
Cabaza	436	1	0.0436	0.0001	0.1083	19.6250
Cn. 6 Ote. Banda X°10	410	1	0.0410	0.0001	0.0167	19.9250
Cn. 2 Aux 6 Ote. Entrada	483	3	0.0483	0.0003	1.0000	19.4917
Cn. Aux 6 Ote. X°1	483	4	0.0483	0.0004	0.8667	19.5417
Cn. Aux 6 Ote. X°16	480	10	0.0480	0.0010	1.3000	19.3750





ANEXO XIII

**MONITOREO DE GASES EN ZONAS YA
MINADAS DE LA MINA III – MIMOSA.**



MINA III - MIMOSA FECHA: 05/JUNIO/2003		CONDICIONES DE LA TAPONERIA DE CIERRE								PRESION DE AIRE	
		ACCESO LIBRE	TAP. VENTILADO	TAP. ENJARRADO	TAP. CON HUACAL	TAP. CON FUGAS	TUBO P/ MUESTREO	PRESION DE AIRE			
								SOPLANTE	ASPIRANTE		
GALERIA	LUGAR										
C. 4 ORIENTE AUXILIAR	X° 2	SI	NO	SI	NO	SI	SI	*****	*****		
"	X° 3	NO	NO	SI	NO	NO	SI	*****	*****		
"	X° 4	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	*****		
"	X° 5	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	*****		
"	X° 6	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 7	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 8	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	*****		
"	X° 9	NO	NO	SI	SI	NO	SI	*****	*****		
"	X° 10	NO	NO	SI	SI	*****	*****	*****	*****		
"	X° 11	NO	NO	SI	SI	*****	SI	*****	*****		
"	X° 12	NO	NO	SI	NO	*****	SI	*****	*****		
"	X° 13	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 14	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 15	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 16	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 17	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 18	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 19	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
CN AUXILIAR PERIFERICO	X° 1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	*****		
"	X° 2	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 3	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	*****		
"	X° 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	*****		

OBSERVACIONES:

C. 4 ORIENTE AUX. X°2 SE ENCUENTRA CONECTADO A UN POPOL, SE ACONSEJA RETIRAR EL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA DENTRO DEL MISMO. X°3 SE ENCUENTRA OBSTRUIDA LA ENTRADA POR TIERRA Y MATERIAL INACTIVO POR LO QUE NO SE PUDO ANALIZAR X°4 FALTA COLOCAR UN HUACAL Y PONER CODO DE LONA X°5 FALTA COLOCAR HUACAL PARA RECIBIR EL TERRENO ASÍ COMO RETIRAR MATERIAL INACTIVO DEL MISMO. X°6 FALTA TORTILLERÍA AL TAPÓN Y RETIRAR TODO EL SEDIMENTO DE TIERRA ACUMULADA EN ENTRADA. X°7 FALTA LIMPIAR EL MATERIAL INACTIVO EN EL TAPÓN X°8 FALTA SELLAR FUGAS Y RETIRAR MATERIAL INACTIVO X°9 LA ENTRADA AL TAPÓN SE ENCUENTRA OBSTRUIDA POR TIERRA Y TROZOS DE MADERA POR LO NO SE PUDO ANALIZAR X°10 NO HAY ACCESO PARA REVISARLO POR ENCONTRARSE OBSTRUIDA LA ENTRADA POR MATERIAL X°11 NO HAY ACCESO POR ENCONTRARSE OBSTRUIDA LA ENTRADA POR BOMBA FLANGE X°12 NO SE ANALIZO POR ENCONTRARSE OBSTRUIDA LA ENTRADA POR TIERRA ACUMULADA X°13 FALTA RETIRAR MATERIAL INACTIVO X°14 FALTA LIMPIEZA DE LA ENTRADA X°15 FALTA PONER LA LONA AL TAPÓN X°16 FALTA RETIRAR MATERIAL INACTIVO X°17 FALTA REFORZAR EN MEDIO DEL TAPÓN X°18 LIMPIEZA A LA ENTRADA DEL TAPÓN X°19 FALTA RETIRAR MATERIAL INACTIVO CN. AUX. PERIFÉRICO X°1 FALTA RETIRAR MATERIAL INACTIVO X°2 FALTA LIMPIAR EL ACCESO X°3 FALTA RETIRAR MATERIAL DE LA ENTRADA X°4 FALTA LIMPIEZA AL ACCESO.



MINA III-MIMOSA FECHA: 05/JUNIO/2003		CONDICIONES DE LA TAPONERIA DE CIERRE							
		ACCESO LIBRE	TAP. VENTILADO	TAP. ENJARRADO	TAP. CON HUACAL	TAP. CON FUGAS	TUBO P/ MUESTREO	PRESION DE AIRE	
								SOPLANTE	ASPIRANTE
GALERIA	LUGAR								
CN 5 ORIENTE AUXILIAR	X°15	NO	NO	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°14	NO	NO	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°13	NO	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°12	NO	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°11	SI	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°10	NO	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°9	NO	NO	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°8	COMPLETAMENTE CAIDO							
" " " "	X°7	NO	NO	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°6	NO	NO	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°5	NO	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°4	SI	SI	SI	SI	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°3	SI	SI	SI	NO	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°2	SI	SI	SI	NO	SI	SI	*****	SI
" " " "	X°1	SI	NO	SI	NO	SI	SI	*****	SI
CN 6 OTE AUXILIAR	X°16	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	*****

OBSERVACIONES:

CN 5 OTE AUXILIAR. X°15 SE RECOMIENDA REMPLAZAR TODOS LOS MONOS QUEBRADOS ASÍ COMO LEVANTAR EL CODO DE LONA X°14 SE RECOMIENDA SUSTITUIR TODOS LOS MONOS QUEBRADOS Y RETIRAR LA REZAGA DE LA ENTRADA. X°13 SE RECOMIENDA LEVANTAR EL CODO DE LONA Y RETIRAR TODO EL MATERIAL INACTIVO DEL MISMO X°12 SE ENCUENTRA CONECTADO A UN POPOL Y SE LE ESTA INYECTANDO AGUA AL TAPÓN DE CIERRE X°11 SE ENCUENTRA AGUA EN SU INTERIOR X°10 TAMBIÉN SE ENCUENTRA AGUA EN SU INTERIOR X°9 SE ENCUENTRA EN MALAS CONDICIONES FALTA CONTRAMONEO LONA CAÍDA Y LIMPIEZA AL ACCESO X°8 SE ENCUENTRA CAÍDO EL TAPÓN X°6 FALTA RETIRAR MATERIAL INACTIVO X°5 RETIRAR MATERIAL INACTIVO COMO ROLLOS DE BANDA SÓLIDOS, MADERA X°4 RETIRAR MATERIAL INACTIVO Y COLOCAR TUBO CON FLANGE PARA SU TOMA DE ANÁLISIS X°3 COLOCAR TUBO CON FLANGE PARA SU ANÁLISIS X°2 COLOCAR TUBO CON FLANGE X°1 SE ENCUENTRA DENTRO DEL MISMO MATERIAL SOBRANTE EL CUAL SE UTILIZO PARA SU CONSTRUCCIÓN.



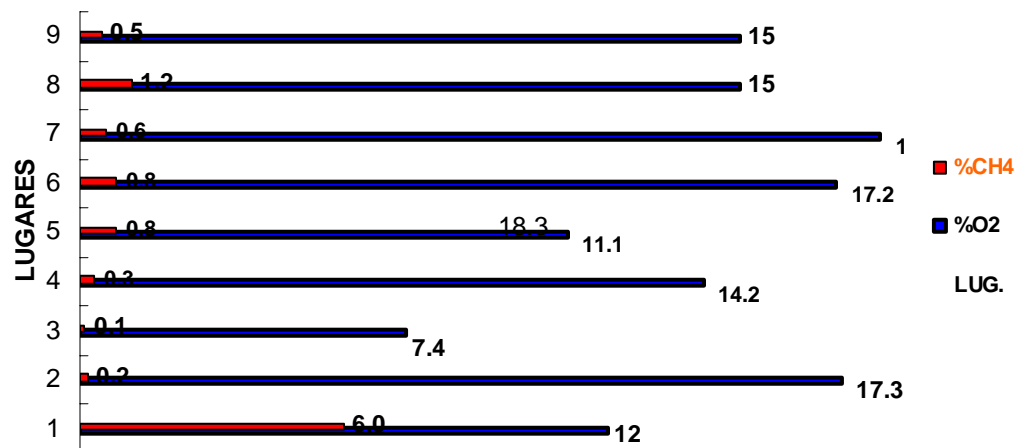
REPORTE DE ANÁLISIS DE LA ATMÓSFERA EN ZONAS MINADAS

MINA III -MIMOSA

FECHA: 05/JUNIO/2003

MONITOREO	LUGAR	%CO	%CO2	%O2	%CH4	%N2	Y	F	T.S.
1	CN ALX PERIFERICO X°1	0.0215	0.86	14.1	5.0	80	7	0	
2	CN ALX PERIFERICO X°2	0.0006	0.01	20.4	0.4	79	4	0	
3	CN ALX PERIFERICO X°3	0.0180	0.10	17.2	1.3	81	4	0	
4	CN ALX PERIFERICO X°4	0.0023	0.01	14.2	7.3	78	7	0	
5	CN 6OTE ALX X°16	0.0180	0.01	16.0	15.0	69	3	1	
6	CN 4OTE ALX X°4	0.0001	0.02	20.2	0.3	79	1	0	
7	CN 4OTE ALX X°5	0.0006	0.13	19.7	0.7	79	1	0	
8	CN 4OTE ALX X°6	0.0011	0.08	19.3	2.0	79	2	0	
9	CN 4OTE ALX X°7	0.0016	0.23	15.8	2.1	63	2	0	

MEZCLA DE CH₄-O₂



(F) FACTOR DE INCENDIO
 0.5 - 1.0 INDICIOS
 1.0 - 1.5 OXIDACIÓN
 1.5 - 2.5 CALENTAMIENTO
 2.5 - 3.5 BRASA
 3.5 - 5.0 LLAMA CUBIERTA
 5.0 - → FLAMA ABIERTA

** RANGO EXPLOSIVO
 * CAPAZ DE FORMAR MEZCLAS

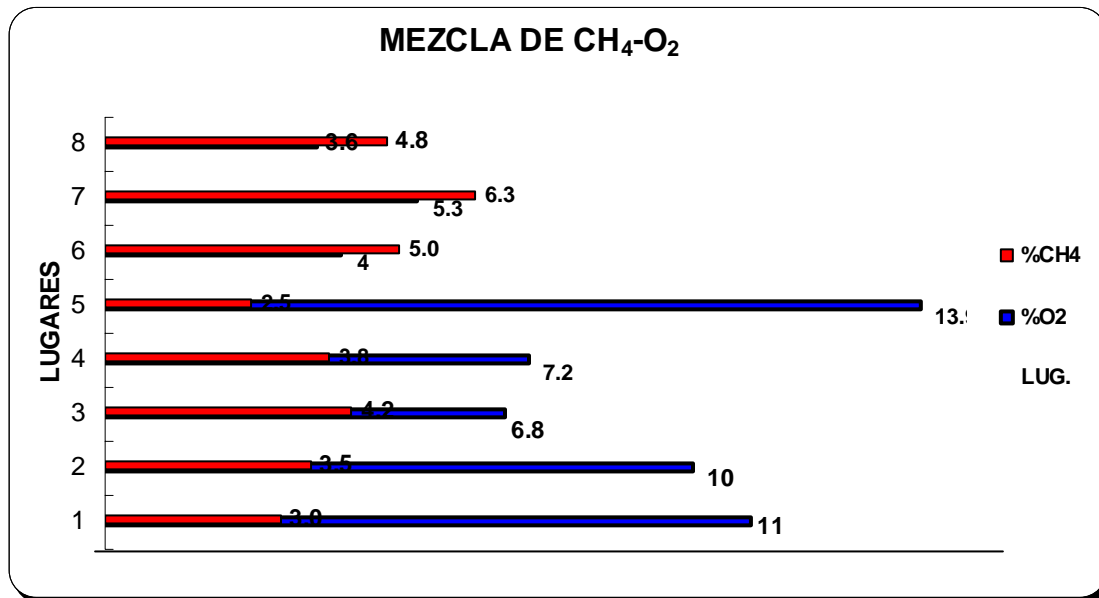


REPORTE DE ANÁLISIS DE LA ATMÓSFERA EN ZONAS MINADAS

MINA III-MIMOSA

FECHA: 05/JUNIO/2003

MONITOREO	LUGAR	%CO	%CO ₂	%O ₂	%CH ₄	%N ₂	Y	F	T.S
1	CN4OTEALXX*8	0.0014	1.08	11.0	30	85	12	0	
2	CN4OTEALXX*13	0.0016	1.16	10.0	35	85	4	0	
3	CN4OTEALXX*14	0.0018	2.20	6.8	42	87	16	0	
4	CN4OTEALXX*15	0.0020	1.78	7.2	38	87	16	0	
5	CN4OTEALXX*16	0.0014	2.73	13.9	25	81	8	0	
6	CN4OTEALXX*17	0.0019	2.22	4.0	5.0	89	20	0	
7	CN4OTEALXX*18	0.0018	0.73	5.3	6.3	88	18	0	
8	CN4OTEALXX*19	0.0191	0.80	3.6	4.8	91	20	0	



(F) FACTOR DE INCENDIO
0.5 - 1.0 INDICIOS
1.0 - 1.5 OXIDACIÓN
1.5 - 2.5 CALENTAMIENTO
2.5 - 3.5 BRASA
3.5 - 5.0 LLAMA CUBIERTA
5.0 - → FLAMA ABIERTA

** RANGO EXPLOSIVO
* CAPAZ DE FORMAR MEZCLAS



GLOSARIO

**Accidente.**

Forma de siniestro que acaece en relación directa o indirecta con el trabajo, ocasionado por la agresión inesperada y violenta del medio ambiente.

Accidente de trabajo (Definición médica).

Patología traumática crónica provocada por factores ambientales laborales físicos, químicos o biológicos.

Accidente de trabajo (Definición legal).

Toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente. Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar de trabajo y de este aquel (Art. 474 de la Ley Federal del Trabajo)

Ademe caminante.

Soposte hidráulico del techo de una frente larga, que avanza conforme ocurre el corte de la capa de carbón, lo que permite el desplome del propio techo en su parte posterior.

Afloramiento.

Zona donde asoma o emerge a la superficie del terreno una capa o una masa mineral cualquiera.

Aislante (Material).

Aquel material utilizado para limitar la transmisión de calor (aislante térmico), humedad (aislante higrométrico), sonido (aislante acústico) o corriente eléctrica (aislante eléctrica).

Ambiente deltaico.

Zona que rodea la desembocadura en el mar de un río, siendo ésta en forma de "delta".

Ámbito laboral.

El conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa, con el fin de evitar o disminuir riesgos derivados del trabajo.

Antideflagrante.

Técnica de diseño o construcción destinada a evitar la iniciación o propagación de una combustión en atmósferas inflamables.

Atmósfera inerte.

Atmósfera (laboral) cuyos gases componentes no reaccionan entre sí ni con los que estén en contacto.

Barrera de humo.

Elemento constructivo, vertical u horizontal, especialmente diseñado para controlar el movimiento del humo.

Biomasa.

Desechos orgánicos que producen gas metano (CH₄).

Bituminoso (carbón).

En el proceso evolutivo de la carbonificación (hullificación), se encuentra entre lignitos y antracitas. Está dividido en grupos de volatilidad alta, media y baja. Estos carbones generalmente presentan propiedades aglomerantes y coquizantes. Su contenido de carbón fijo oscila entre 68% y 86%.

**Bolsa de gas.**

Acumulación de gas, general y principalmente CH_4 , que se forma en el proceso de carbonificación de la materia orgánica y se dispone en toda la masa del yacimiento de carbón. Cuando la disposición no es dispersa, sino concentrada en una zona de la capa, es cuando aparecen las denominadas “bolsas de metano”.

Brigada contra incendio.

Grupo de personas constituido en una empresa, entrenado para tomar las medidas necesarias en caso de incendio en la misma.

Cabeza cortera.

Parte mecánica del equipo rozador (rozadora), que se caracteriza por ser una pieza circular que tiene en sus extremos elementos cortantes para arrancar el carbón.

Calor de combustión.

La cantidad de calor que desprende una molécula gramo de una sustancia cuando se quema en atmósfera de oxígeno y a volumen constante.

Capa (de carbón).

Disposición tridimensional estratigráfica de materia carbonosa de interés económico extractivo. En la naturaleza de un yacimiento (cuenca sedimentaria) aparecen formando parte de un manto, de manera individual o en grupo, siendo su geometría tan variada como variadas sean las condiciones de formación geológicas regionales.

Carbón equivalente.

Unidad de energía que equivale a un carbón con poder calorífico de 7000 cal/g. se abrevia CE.

Carbón fijo.

Para el caso del carbón, coque y materiales bituminosos es el residuo sólido, diferente a ceniza, obtenido por destilación destructiva.

Carbón húmico.

Tipo de carbón más abundante en la corteza terrestre. Se forma a partir de vegetales superiores y presenta estratificación. Se distingue del carbón sapropélico por su abundancia de vitrinita.

Carbón sapropélico.

Tipo de carbón poco abundante en la corteza terrestre. Se forma a partir de la degradación de vegetales inferiores (esporas, algas, etc.) y microscópicamente no presenta estratificación. Es homogéneo en su granulometría. Existen dos tipos de carbón sapropélico: cannel y boghead.

Carga de fuego.

Cantidad de calor por unidad de superficie que se emite en la combustión completa de todos los materiales y productos que se encuentran en un recinto. Esta magnitud depende de la cantidad, naturaleza y poder calorífico de dichos materiales y productos.

Catagénesis.

Proceso geoquímico que resulta de la acción de la temperatura, presión y tiempo que conduce a la transformación de una turba a lignito, o de éste a hulla.

Causas del siniestro o incidente.

Hechos que contribuyen a la materialización del siniestro.

Ceniza.

Residuo inorgánico obtenido de la combustión del carbón.

**Combustión con llama.**

Combustión que se desarrolla íntegramente en fase gaseosa (gas combustible gas combustible). En la zona del espacio en la que tiene lugar la combustión se producen llamas, que están formadas por radicales libres generados por la combustión y combustibles libres procedentes de la descomposición del combustible original. Las llamas emiten, generalmente, luz visible generada por partículas incandescentes de combustible libre.

Comportamiento frente al fuego.

Respuesta de un material o producto (reacción al fuego) o actuación de un elemento de construcción (resistencia al fuego) en condiciones de incendio.

Condición de trabajo.

Cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador.

Confinamiento.

Conjunto de acciones dirigidas a la reclusión, en espacios controlados, del fuego, de la explosión o de sus efectos (calor, presión, humos).

Coste.

Precio en dinero.

Cuenca carbonífera.

Cuenca sedimentaria en la que bajo ciertas condiciones ambientales se acumula materia orgánica, y que mediante procesos de descomposición química (diagénesis) y maduración térmica (catagénesis) se transforma en carbón.

Daño.

Es la consecuencia materializada producida por un peligro sobre la calidad de vida individual o colectiva de las personas (trabajadores).

Depósito.

Masa mineral que aparece de forma natural y tiene un valor económico total o parcial.

Diagénesis.

Proceso que comienza por una carbonización bioquímica (formación de turba), en condiciones normales de temperatura y presión, y termina en el estado de lignito suave.

Dolomita.

Carbonato doble de calcio y magnesio.

Echado.

Inclinación de la capa de los mantos de carbón u otro material.

Educación sanitaria.

Constituye una técnica complementaria de las técnicas medico-preventivas a fin de aumentar la cultura de la población para tratar de conseguir hábitos higiénicos (folletos, charlas, cursos, etc.).

Enfermedad de trabajo.

Todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga origen o motivo en el trabajo o en el medio en el que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios. (Art. 475 de la Ley Federal del Trabajo)

Envejecimiento prematuro.

Patología inespecífica de desgaste biológico provocado por una fatiga crónica que acelera el normal proceso de envejecimiento y esta provocado por factores ambientales diversos.

**Ergonomía.**

Ciencia o técnica de carácter multidisciplinar que estudia la adaptación de las condiciones de trabajo al hombre. Técnica de prevención de la fatiga que actúa mediante la adaptación del ambiente al hombre.

Estratigrafía.

Conjunto de capas o estratos que presenta un terreno o formación geológica.

Estrato de carbón.

Cuerpo de carbón en forma tabular, visualmente identificable de aquellos cuerpos de roca (roca encajonante) que se encuentran encima y debajo de él.

Estrés.

Fenómeno psicosocial de angustia, apatía, depresión, fatiga, irritabilidad, etc., motivado por factores o situaciones estresantes derivadas del trabajo.

Estructuras sinclinales.

Estructura geológica en donde los estratos de roca llevan una inclinación descendente.

Exinita.

Grupo de macerales conformados por esporas, cutículas, resinas y algas. En luz reflejada son poco reflejantes, muy oscuros, pardos e incluso negros. En luz transmitida son de color amarillo naranja. A partir de reflectividades de 1.5% son indistinguibles de la vitrinita; presenta fluorescencia en los lignitos y carbones bituminosos de bajo rango. Constituye aproximadamente el 10% en los carbones húmicos y es el principal constituyente en los carbones sapropélicos. Los macerales del grupo de la exinita son: cutinita, resinita, alginita y liptodetrinita.

Facies.

En sedimentología, se define como una unidad litológica, depositada en un ambiente común. En estratigrafía, es una subdivisión lateral de una unidad.

Falla.

Por falta de elasticidad en los estratos se producen desplazamientos relativos entre éstos. A los planos resultantes se les denomina fallas, que pueden ser verticales, paralelas, directas (90°) o inversas.

Fatiga.

Patología fisiológica de pérdida de capacidad funcional motivada por factores ambientales diversos (exceso de carga de trabajo, falta de descanso, etc.), pudiendo ser tanto física como mental.

Formación.

Técnica general de prevención de los riesgos profesionales que actúa sobre el hombre para crear hábitos correctos de actuación en el trabajo que eviten los riesgos derivados del mismo.

Formación litológica.

Capa de roca perteneciente a alguna edad o formación geológica.

Fractura.

Término general para describir cualquier rompimiento de una roca o mineral, en la que no hay desplazamiento. En el carbón son comunes las del tipo cúbico y concoidal.

Frente larga.

Método de explotación minera subterránea en el que el rebaje avanza paralelamente al macizo del mineral. Este rebaje se mantiene abierto por medio de soportes sistemáticos de pilares o ademes. La parte posterior ya explotada es rellenada o hundida. El avance de la explotación por este método puede ser de tipo "en avance" o "en retroceso".

**Gravedad potencial de un siniestro.**

Es una indicación de la importancia de los efectos que podría haber tenido un siniestro determinado, aun en el caso de que no se hubiesen materializado.

Gravedad real de un siniestro.

Es la indicación de la importancia de un siniestro, por los daños que se han derivado de él.

Grisimetría.

Técnica de medición de los niveles del gas grisú (en una mina de carbón).

Higiene Ocupacional.

Técnica de prevención de las enfermedades profesionales que actúa identificando, cuantificando, valorando y corrigiendo los factores físicos, químicas y biológicos ambientales para hacerlos compatibles con el poder de adaptación de los trabajadores expuestos a ellos.

Incidente.

Suceso del que no se producen daños o estos no son significativos, pero que ponen de manifiesto la existencia de riesgos derivados del trabajo.

Inertita.

El término agrupa un conjunto de materiales conformados por restos vegetales, que sufrieron una transformación (oxidación, combustión, etc.) antes de ser sepultados. Su nombre indica que es inerte a ciertos factores fisicoquímicos que normalmente influyen en otros macerales. Los macerales de este grupo son: micrinita, macrinita, semifusinita, esclerotinita e inertodetrinita. Tiene una reflectividad muy alta, de alrededor de 5% en inmersión de aceite.

Insatisfacción.

Fenómeno psicosocial de ansiedad, hostilidad, agresividad, etc., que podemos considerar manifestaciones de una inadecuación de trabajo, provocado por factores de tipo psicológico y social.

Litología.

Estudio de las características o propiedades de las rocas.

Litotipos.

Asociaciones de macerales que microscópicamente conforman bandas en forma de estratos en los carbones húmicos.

Macerales.

Constituyentes esenciales del carbón, análogos a los minerales en las rocas. Corresponden a transformación de fragmentos vegetales. Son la unidad fundamental para un análisis petrográfico. Tiene caracteres fijos y definidos, se diferencian por su reflectividad, forma, color y relieve. Los tres grupos principales en el carbón son la vitrinita, la exinita y la inertita.

Manto.

Cuerpo que conjunta uno o varias capas de carbón, generalmente en forma tabular.

Materia volátil.

Cantidad expresada porcentualmente de productos gaseosos con exclusión de la humedad, de una muestra de carbón, los cuales son liberados bajo condiciones específicas, en atmósfera libre de aire.

Medicina del trabajo.

Conjunto de disciplinas sanitarias que tienen como finalidad promover y mantener la salud de las personas que desarrollan un trabajo en relación con posibles siniestros.

**Metamorfismo.**

Cambio, en el tiempo, de estado físico del carbón a partir de un confinamiento a determinada temperatura y presión.

Peligro.

Es todo aquellos que puede producir un daño o un deterioro de la calidad de vida individual de las personas. Situación de riesgo inminente.

Política social.

Técnica general de prevención de los riesgos profesionales que actúa sobre el ambiente social, promulgando leyes, disposiciones o medidas a nivel gubernamental (público) o empresarial.

Polución.

Contaminación.

Prevención.

Técnica de actuación sobre los peligros con el fin de suprimirlos y evitar sus consecuencias perjudiciales. Suele englobar también a la protección.

Protección.

Técnica de actuación sobre las consecuencias perjudiciales que un peligro puede producir sobre un individuo, colectividad, o su entorno, provocando daños.

Psicosociología.

Técnica de prevención de los problemas psicosociales (estrés, insatisfacción, agotamiento psíquico, etc.), que actúa sobre los factores psicológicos para humanizarlos.

Reconocimientos médicos preventivos.

Técnica habitual para controlar el estado de salud de un colectivo de trabajadores a fin de detectar precozmente las alteraciones que se produzcan en la salud de estos chequeos de salud.

Riesgo.

La probabilidad de que ante un determinado peligro se produzca un cierto daño, pudiendo con ello cuantificarse.

Riesgo derivado del trabajo.

Posibilidad de daño a las personas o bienes como consecuencias de circunstancias o condiciones del trabajo.

Salud.

El estado de bienestar y de equilibrio físico, mental y social; y no sola la ausencia de daño o enfermedad.

Seguridad Laboral.

Técnica de prevención de los accidentes de trabajo que actúa analizando y controlado los riesgos originados por los factores mecánicos ambientales..

Selección profesional.

Técnica que permite adaptar las características de la persona a las del trabajo que va ha realizar, tratando de orientar a cada trabajador el puesto adecuado (orientación profesional médica).

Siniestro.

Suceso del que se derivan daños significativos a las personas o bienes, o deterioro del proceso de producción.

**Síntesis.**

Método que procede de lo simple a lo compuesto, de los elementos al todo. Formación artificial de un cuerpo compuesto mediante la combinación de sus elementos.

Tratamientos médicos preventivos.

Técnica para potenciar la salud de un colectivo de trabajadores frente a determinados agresivos ambientales (tratamientos vitamínicos, vacunaciones, etc.).

Zona de peligro.

Entorno espacio-temporal, en el cual las personas o los bienes se encuentran en peligro.

UNIDADES MÉTRICAS (SI).

- Fuerza: Newton $\left(kg \cdot m/s^2\right)$.
- Presión: Pascal $\left(kg/m \cdot s^2\right)$.
- Energía: Julio (J).
- Potencia: Vatio $\left(W \text{ ó } 1 kg \cdot m^2/s^3\right)$.
- Carga eléctrica: Coulomb $\left(1 A \cdot s\right)$.
- Diferencial de potencial eléctrico: Voltio $\left(V \text{ ó } 1 kg \cdot m^2/A \cdot s^3\right)$.
- Resistencia eléctrica: Ohm $\left(\Omega \text{ ó } 1V/A\right)$.
- Capacidad eléctrica: Faradio $\left(F \text{ ó } 1C/V\right)$.



BIBLIOGRAFÍA

POR AUTOR.

- Aguirre Martínez, Eduardo. "Manual de Seguridad e Higiene". Editorial Trillas.
- Banerjee, S.C. "Spontaneous combustion of coal and mine fires". A. A. Balkema, 1985.
- Beever, P.F. "Spontaneous combustion. Building Research Establishment". Information paper. 1982.
- Beever, P.F. "Self heating". VDI Berichter Nr. 494, 151 - 159. 1984.
- Bell R. and SHULTH. "The control of spontaneous combustion in the Doncaster Area". Symposium on the Prevention of Spontaneous Combustion 1970. The Institution of mining Engineers.
- Blake, Roland P. "Seguridad Industrial". Ed. Diana, México.
- Boletín Técnico COREMI. Año IX, Núm. 54 Mayo - junio 2003. C.R.M.
- Bowes, P.C., Townshend, S.E. "Ignition of combustible ducts on hot surfaces". Brit. Jour. Appl. Phys. 104 - 114. 1962.
- Bredenbruch Ernst. "Formación y Prevención de Fuegos de Minas."
- Bruyet B., Gunther J., Koniuta A. "Un modele de combustion lente du charbon genue compres Francais de mecanique (Lyon 3 - 5 Sep. 1983)". Publication Cerchar n° 83 - 38.
- Camacho Ortega, Gustavo. "Apuntes de Ventilación", Facultad de Ingeniería – UNAM.
- Cashdollar, K.L., et al. "Domains of flammability and thermal ignitability for pulverized coal and other ducsts". 19 Int. Symp. On Combustion. 1169 - 80. 1982.
- Castro Marín, William. Martínez G, Claudia P. "Explosividad de gases desprendidos en los incendios subterráneos en minas de carbón". Medellín, Colombia, 2000.
- Chauvin, R., et al. "Spontaneous in Mining Science with Reference to the Detection of Spontaneous Combustion".
- Chemical Products. Sandvik Rock Tools.
- Cortes Díaz, José María. "Seguridad e Higiene del Trabajo: Técnicas de Prevención de Riesgos". Edit. Alfaomega; México 2001.
- Davin, H. "Prevention des Feux Spontanes". Techniques.
- Durand, J.H. "L'oxydation du charbon et la prevention des feux de mines". Revue de L'Industrie Minerale.
- Essenhigh, R.H., et al. "Combustion behavior of small particles". Industrial and Engineering Chemistry, 9, 33 - 43, 1965.
- Evans, E.L. "The Prevention of Spontaneous Combustion in the South Yorkshire". Symposium on the Prevention of Spontaneous Combustion 1970. The institution of Mining Engineers.
- Evseev, V. "New methods for the prevention of spontaneous fires in underground coal mines". Eastern Safey in Mines Research Institute, USSR. Frances P. La lutte contre le feu par equilibrage des pressions.
- Fernández, Alberto. "Apuntes de Seguridad Integral Laboral", Facultad de Ingeniería – UNAM.
- Froger, C. "L'expérience de la lutte contre les feux dans les mines souterrains francaises". Techniques.
- Froger, C., Jeger, C., Pregermain, S. "Feux de Mine". Revue de L'industrie Minerale. Avril 1976.



- Glückauf-Forschungseffte. "Significación y límites de aplicación de la cifras características de incendio".
- Gorbaty, Martin L: "Coal science" Vol. 1 Academic Press USA 1982.
- Grleau, R. "Prevencción et controle des temperaturas et des atmosphères dans les arrière - tailles et anteur des galerias".
- Instalaciones y equipos. "Transportadores blindados y trituración". EMEINSA, 2000.
- Item. Consorcio de tecnología Minera y obra civil S.A.
- Jeger. "Conditions de naissance des feux de mines. Charbonnages de France". Publications techniques n° 3 - 1972.
- Jeger. "Estude des conditions de naissance des combustion spontanées dans les houillères francaises". Revue de L'Industrie Minerale. Mai 1976.
- Jeger. "Etude des conditions de naissance des combustions spontanées dans les houillères francaises". A paraître Revue de L'Industrie Miérale 1976.
- Jeger. "Etude sur les conditions de naissance des combustions spontanées survenues dans les arriéretailles, les circuits en démantèlement et les vieux travaux". Charbonages de France. Publications techniques n°3 - 1974.
- Jollife, G.V. "Experience with spontaneous combustion in the Coalfields of North Stafforshire".
- Joy Mine Ventilation fans. Joy Technologies Inc.
- Koch, Fran - Josef. Examen de la explosividad de los gases de los fuegos de minas. Glucauf 108 (1972).
- Law, B.E. Rice, D.D. "Hidrocarbons from coal" A.A.P.G. Studies in Geology #38 USA 1993.
- Lefevre. "Mesure de la temperatura de l'air au fond dans le cadre de la lutte contre les flux". Techniques.
- Leo Marco, P. "Riesgo de fuego en las minas de carbón". Industria Minera n°297, Marzo 1990.
- Leo Marco, P. Tesis Doctoral. ETS Ingenieros de Minas de Madrid. Diciembre 1989.
- Leon Marco, p. "Planificación de explotaciones subterráneas de carbón con propensión a fuegos". Industria minera n° 307, Marzo 1991.
- Levenspiel, O. "Ingeniería de las reacciones químicas". Ed. Reverté, 1974.
- López, Juan. Blasco, José. "Curso de Prevención de Riesgos Laborales". Ed. Tirant Lo Blanch. Valencia España. Segunda edición 1999.
- Ludckina, P. "Prevention of Spontaneous Combustión in Norht Scotland".
- Luque Cabal, V. "Manual de Ventilación de Minas". AITEMIN.
- Luxan, F. "La seguridad en las minas españolas". Economía Industrial. Marzo - Abril, 1984.
- Marvy, A. "Un procedé original a lutte contre l'incendie en travaux miniers subterrains".
- McPherson, Malcom J. "Subsurface ventilation and Enrionmental Engineering". Chapman and Hall, London, 1993.
- Michaylov, Michael. "Expert system for assessment of risk from spontaneous combustion", Annual of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski" vol. 44 - 45, part II, Mining and Mineral Processing, Sofia, Bulgaria 2002.
- National Fire - Codes. "Códigos Nacionales Contra el Fuego NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego). Líquidos Inflamables; Gases; Combustibles Líquidos y Equipo Manual Portátil para Control del Fuego". Estados Unidos, 1999.



- NOM-023-STPS- 2003, "Trabajos en Minas - Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo".
- Normas ASTM. "Standar test method for minimum ignition energy and quenching distance in gaseous mistures", ASTM, 1976.
- Perry, Robert H. "Manual del ingeniero químico" Tomo III. Sexta edición. Ed. Mc Graw-Hill. México 1992.
- Pregermain, S. "Essai á l'eau oxygenée pour caractériser l'aptitude des charbons á láuto - échauffement. Applications au cas de la veine St. Georges (Unité de production de Valenciennes)". Revue de L'Industrie Minérale á paraître.
- Pregermain, S. "Essais de caracterisation de la susceptibillté des veines et de détection précoce des autoéchauffements".
- Pregermain, S. "Examen de lessai á l'eau oxygénée pour caractériser l'aptitude des charbons á l'autoéchauffement".
- Pregermain, S. "Lutte contre les feux souterrains dans les mines de charbon. Examen de quelques essais de laboratoire pour caractériser l'aptitude des charbons á l'autoéchauffement". Revue de L'Industrie Minérale. Serie Mine n° 1 - 1972.
- Pregermain, S. "Mise au point d'un calorimétre adiabatique pour l'étude des phénomènes d'auto échauffement". Publications Techniques des Charbonnages de France.
- Ramírez Cavassa, César. "Seguridad Industrial, un enfoque integral". Edit. LIMUSA; 2a ed; México 1991.
- Revista de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Núm 1, 1984.
- Rigsby, LS. "Coal self heating: problems and solutions". 3 Int. Coal Testing Conf.
- Robinson, R., Scott, C. and Donaghne., W.R. "Prevention of spontaneous combustion in South Durham Area". Symposium on the prevention of Spontaneous Combustion 1970. The Institution of Mining Engineers.
- Rodellar L. Adolfo. "Seguridad e Higiene en el Trabajo". Boixareu Editores. Colección Productiva. 1998.
- Rudolf Muller, M. "Importancia y límites de aplicación del Incendio de Granham".
- Salas Guillermo P. y otros "Geología económica de México" Ed. Fondo de Cultura Económico, México 1988.
- Seger, D. "Etude des conditions de naissance des combustion spontanées dans les houillères francaises."
- Simode, E. "Estabilización de la ventilación en caso de incendio en los trabajos subterráneos". Teoría de Budryk. Doct. Simn3, Capitulo XIII.
- Simon, J.L (1986). "Principales rasgos de la evolución de la cadena Ibérica centro-oriental". Curso de Geología Práctica de Teruel.
- Speight, James G. "The Chemistry and Technology of Coal". Marcel Dekker, Inc. New York 1985.
- Srang, J., Mckenzie - Wood, P. "A manual on rescue, safety and gas detection". Weston y Co. 1985.
- Stach, E. "Stach's Textbook of Coal Petrology". Gebrüder Borntraeger, Berlin 1975.
- The Mine Ventilation Society of South Africa. "Le Roux's Notes on Mine Environmental Control". Cape, 1990.
- Trueba Urbina, Alberto; Trueba Barrera, Jorge; "Ley Federal del Trabajo".
- Van Doornum, G.A.W. "Assessing a coal's liability towards spontaneous combustion". Fuel Research Institute of South Africa. Information Circular.
- Verswmee, P., Durand, J.M. "Le role des éléments bans l'origine des feux de mine". Revue de L'Industrie Minérale. Septembre 1969.
- Vielledent, L. "Caleds d'aérage en cas d'incendie". Test et calculs. A paraître.



- Vielledent, L. "Inflamabilité des atmosphères souterrains". Techniques.
- Vielledent, L. "Stabilisation de l'aerage en cas d'incendie". Techniques.
- Walker, G., Coxon, J. "The prevention of spontaneous combustion In the North Yorkshire Area". Symposium on the prevention of spontaneous Combustion 1970. The Institution of Mining Engineers.

POR OBRA.

- Alpine Miner - Roadheading Machines – The market leaders. Voest – Alpine - Bergtechnik, 2000.
- "Coal". A Maclean Hunter Publication, october 1990.
- "Coal". Underground Mining, december 1990.
- "Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"; Edit. Porrúa; México 1996.
- "Convenio 176 Sobre Seguridad y Salud en las Minas", Organización Internacional del Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 1995.
- "Documents Techniques des Charbonnages de France". N° 10 - 1964, n°3 - 1965, n°1 - 1967, n°3 - 1969, n°4 - 1969, n°2 - 1971, n°7 - 1972.
- "Gestión integral de proyectos", ed. Grupo TSK, 2000.
- "Manual de entrenamiento en control de techos". Grupo Acerero del Norte, 1995.
- "Manual de Seguridad contra Incendios". Fundación MAPFRE, Edición 1997.
- "Publicación Técnica Joy". Joy Technologies Inc.
- "Siderurgia", Suplemento Especial del 27 de octubre de 2003.
- "Sistemas de sostenimiento de obras mineras en las minas de MICARE y MIMOSA". Grupo Acerero del Norte, 1995.
- "Soluciones técnicas de transportadores blindados", ed. EMEINSA 2000.
- "The Mine Ventilation Society of South Africa". Environmental Engineering in South African Mines. Cape, 1989.
- "El carbón en la generación de energía eléctrica". Comisión Federal de Electricidad. 1992.
- "Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo", 1997.
- "Repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad e higiene en las minas de carbón", Organización Internacional del Trabajo, 1986.

PÁGINAS WEB.

- <http://mail.inenco.net/~asadedit/avermas/ave>.
- http://mx.geocities.com/seg_y_prod/pr02.htm
- <http://paleo.cortland.edu/tutorial/Taphonomy&Pres/preservation.htm>
- <http://users.cybercity.dk/~kam1966/carbon.gif>
- <http://web.tramitanet.gob.mx/info/movafil/leyseguro.html>
- <http://www.carbonifera.cl/carbon/clasific.htm>
- <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/1/123.htm>
- http://www.coiim.es/enla/Historia%20Industria/combustibles_fosiles.htm
- <http://www.economia.gob.mx/?P=1031>
- <http://www.eduspace.esa.int/eduspace>
- <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/strabajo/legislacion.html>
- <http://www.matersalvatoris.org/petroleo/temas/origen/tabla.htm>
- <http://www.monografias.com/trabajos14/elfuego/elfuego.shtml>



- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000130.htm>
- http://www.pacorey.net/prevencion/indice_modulo_1.htm
- <http://www.pirolisis.htm>
- <http://www.stps.gob.mx/index2.htm>
- <http://www.tareaweb.com/data/leyes/leyinfo/133/22.htm>
- <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM9.html#T09Carbon>