



**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA
EXTRACCIÓN DEL CARBÓN**

**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN
LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN**

NELSON ROMERO SUAREZ

2012507

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
2009**



**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA
EXTRACCIÓN DEL CARBÓN**

**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN
LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN**

NELSON ROMERO SUAREZ

2012507

Título a obtener

GEOLOGO

COORDINADOR UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ph.D. MARIO GARCÍA GONZÁLEZ

COORDINADOR C.I. PRODECO PRODUCTOS DE COLOMBIA S.A.

SUPERINTENDENTE ING. FABIO CARRILLO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA**

2009

**SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA
EXTRACCIÓN DEL CARBÓN**

A C U E R D O No. 164 DE 2003
(diciembre 16)



**ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS
DE INVESTIGACION O TESIS Y AUTORIZACIÓN
DE SU USO A FAVOR DE LA UIS**

Yo, Nelson Romero Suarez, mayor de edad, vecino de
Bucaramanga, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 13 879 639
de Bucaramanga, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo
de grado, del trabajo de investigación, o de la tesis denominada(o):

Supervision en Voladura bajo manto y Control de Calidad
en la extraccion del carbon

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los 26 días del mes de Noviembre de
Dos Mil 9 200

EL AUTOR / ESTUDIANTE: Nelson Romero Suarez.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, gracias a Dios por todo

A mis padres y mi familia que con tanto esfuerzo me ayudan día a día y han creído en mí

A Cristina, por su amor, apoyo, consejos y paciencia

A la Escuela de Geología, donde los profesores con su dedicación me formaron como profesional, gracias por su paciencia

A la familia del proyecto Calenturitas y proyecto La Jagua, quienes me han dado la oportunidad de ejercer mi profesión, donde he aprendido mucho

De manera especial darle las gracias al Ingeniero Fabio Carrillo, por la oportunidad y sus enseñanzas

A mis amigos, sin ustedes este viaje por la Universidad sería muy complicado

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

A Dios que fue, que es y será el proveedor de mis logros

A mis Padres que me han acompañado en mi camino

A mi familia por su apoyo

A mis amigos por su amistad sincera

CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO	19
2. INTRODUCCIÓN	20
3. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA	22
3.1 PRACTICA EMPRESARIAL	22
3.2 C.I. PRODECO PRODUCTOS DE COLOMBIA S.A.	22
3.3 C.I. PRODECO S.A. Es controlada por CHESFIELD COAL	22
3.4 ALCANCE DE LA PRÁCTICA	24
4. OBJETIVOS	25
4.1 OBJETIVO GENERAL	25
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
5. MARCO TEÓRICO	27
5.1 LOCALIZACIÓN	27
5.2 GEOLOGIA REGIONAL	30
5.2.1 Tectónica. En la Zona Carbonífera Cesar se han identificado tres áreas desde el punto de vista estructural:	31
5.2.2 Estratigrafía.	34
5.3 GEOLOGÍA LOCAL	37
5.4 VOLADURA BAJO MANTO	40
5.5 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN	43

6. METODOLOGÍA	47
6.1 RECONOCIMIENTO DE LOS CARBONES EN EL TAJO	47
6.1.1 Columna estratigráfica.	47
6.1.2 Manejo de base de datos.	49
6.2 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN	52
6.2.1 Descapote de mantos.	53
6.2.2 Limpieza del bloque de carbón.	58
6.2.3 Demarcación y señalización del bloque de carbón.	64
6.2.4 Extracción del bloque de carbón.	65
6.2.5 Transporte y acopio.	80
6.2.6 Clasificación de mantos de carbón.	81
6.3 SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO	83
6.3.1 Elaboración Preliminar De Perfiles en Campo.	83
6.3.2 Arreglo Del Área De Perforación.	84
6.3.3 Patrón O Malla De Perforación.	85
6.3.4 Definición de Profundidad de Perforación.	90
6.3.5 Identificación de Pozos Perforados. .	90
6.3.6 Registro de Barrenos de Vbm.	90
6.3.7 Diseño De Perfiles Geológicos.	93
6.3.8 Actualización de Plano de Áreas Voladas.	96
6.3.9 Inspección Post voladura.	96

6.4 EVALUACIÓN PÉRDIDAS DE CARBÓN MANTO 270	97
6.4.1 Selección y ubicación del área de investigación.	97
6.4.2 Cálculo de Volumen Teórico de Carbón a Recuperar	98
6.4.3 Cálculo real del volumen minado de carbón.	99
6.4.4 Cálculo de Volumen de Carbón Sin Recuperar.	99
6.4.5 Análisis e Interpretación de Resultados Próximos.	105
7. CONCLUSIONES	107
8. RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	112

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización de zona carbonífera Cesar	28
Figura 2. Localización de las áreas en las zonas carboníferas	29
Figura 3. Formación Los Cuervos, áreas carboníferas	33
Figura 4. Columna estratigráfica generalizada, zona carbonífera.	36
Figura 5. Sector A, B, C Y D del proyecto Calenturitas Fuente. C.I Prodeco S.A.	38
Figura 6. Mantos de carbón, Calenturitas	39
Figura 7. Perforación en voladura tradicional y bajo manto	41
Figura 8. Estandarización del manto	44
Figura 9. Paredes laterales que quedan expuestas en avance.	47
Figura 10. Columna estratigráfica generalizada, Calenturitas	48
Figura 11. Bloque diagrama del manto de carbón y sus partes. Modificado. C.I. PRODECO S.A.	50
Figura 12. Ejemplo del formato de registro sobre calidad del carbón. Fuente. C.I Prodeco S.A.	51
Figura 13. Condiciones estándar para el minado de un Bloque de carbón.	52
Figura 14. Descapote de manto de carbón correcto e incorrecto. Modificado. C.I Prodeco S.A.	53
Figura 15. Correcto estacado y dirección de descapote	54

Figura 16. Techo afectado del manto de carbón	55
Figura 17. Techo descapotado con buena supervisión.	56
Figura 18. Descapote por el respaldo del manto. Modificado. C.I Prodeco S.A.	57
Figura 19. Descapote por el respaldo del manto	57
Figura 20. Perdidas de carbón en la cabeza del manto	58
Figura 21. Remoción de estéril restante sobre la cabeza.	59
Figura 22. Limpieza de la cabeza para una extracción segura. Modificado. C.I Prodeco S.A.	60
Figura 23. Berma de seguridad para proteger área de extracción. Modificado. C.I Prodeco S.A.	61
Figura 24. Descapote y limpieza de techo de manto	61
Figura 25. Descapote simultáneo con limpieza de techo de manto.	62
Figura 26. Definición de pata de manto con la excavadora. Modificado. C.I Prodeco S.A.	63
Figura 27. Definición y limpieza de la pata del manto con excavadora y tractor de llantas. Modificado. C.I Prodeco S.A.	63
Figura 28. Carbón bien recuperado sobre la costilla	64
Figura 29. Señalización sobre la cabeza del manto de carbón.	65
Figura 30. Cargue de carbón autorizado por el supervisor.	66
Figura 31. Tarjetón que identifica la calidad del carbón en extracción y cargue.	66
Figura 32. Tarjetón que identifica la calidad de carbón en el transporte desde el manto hasta el acopio.	67
Figura 33. Dirección de extracción de los mantos de carbón.	67

Figura 34. Explotación de carbón con equipo grande.	68
Figura 35. Explotación de carbón con equipo pequeño.	69
Figura 36. Pre-extracción y cargue de carbón con equipo minero de estéril.	70
Figura 37. Trituradora de Carbón en acopio.	71
Figura 38. Patios de Acopio de carbón.	71
Figura 39. Recuperación del piso del manto barriendo con cucharón.	73
Figura 40. Barrido de la traza del manto	74
Figura 41. Franja de seguridad dejada durante la extracción del manto de carbón.	74
Figura 42. Formato de Pérdidas de Carbón	75
Figura 43. Estacar el carbón hasta el techo del parting según clasificación establecida, minar el carbón hasta el techo de la intercalación.	76
Figura 44. Supervisar que se limpie bien el parting sobre el techo del carbón inferior. Fuente. C.I Prodeco S.A.	76
Figura 45. Clasificación establecida con la cinta de color en la estaca, y esta a su vez clavada marcando el piso del manto.	77
Figura 46. Recuperación de carbón del piso de manto en reversa.	78
Figura 47. Recuperación de carbón del piso de manto de frente.	78
Figura 48. Recuperación de carbón sobre la traza.	79
Figura 49. Ordenando el carbón recuperado para un posterior cargue.	80
Figura 50. Cargue de carbón con cargador	80
Figura 51. Clasificación de calidad según el color	82
Figura 52. Realización de perfiles en campo sobre área de voladura.	84

Figura 53. Área de perforación, nivel 5, buscando manto 270.	85
Figura 54. Malla de perforación 5*6.	86
Figura 55. Malla de perforación 7*8.	87
Figura 56. Taladro en área de perforación.	88
Figura 57. Área numerada con estacas a un patrón determinado.	89
Figura 58. Registro de área de voladura bajo manto.	92
Figura 59. Pantallazo de registro gama natural en barreno con presencia de carbón.	93
Figura 60. Realizando perfiles geológicos en oficina con el grupo de geología para VBM.	94
Figura 61. Perfil geológico para diseño de cargue	95
Figura 62. Plano de actualización de áreas voladas.	96
Figura 63. Pérdidas de carbón producto de la VBM.	97
Figura 64. Bloque diagrama del manto 270.	98
Figura 65. Piso del Manto 270, posterior a su extracción.	100
Figura 66. Distancias medidas en el piso del manto con decámetro.	101
Figura 67. Barrido con escoba industrial en piso del manto 270.	102
Figura 68. Avance del barrido sobre el piso del manto de carbón.	102
Figura 69. Después del barrido del carbón, su cargue para el pesaje.	103

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla de granulometría.	105
Tabla 2. Análisis próximos de muestreo en canal(A) vs. Carbón recuperado en el piso del manto 270(B).	105

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA, CALENTURITAS	112

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

RESUMEN

TÍTULO: SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN*

AUTOR: ROMERO SUAREZ, NELSON.**

PALABRAS CLAVES: Supervisión, Voladura, Calidad, Extracción, Carbón

DESCRIPCION: este trabajo de grado muestra de manera significativa el desarrollo exitoso de la practica empresarial en la mina de calenturitas perteneciente a la firma Prodeco S.A. donde se realizo la supervisión y control de calidad en la extracción del carbón y la aplicación de la geología en la voladura bajo manto y a su vez se evaluó factores de perdidas de carbón en estos procesos.

El trabajo se realizo con el apoyo y la asesoría del departamento de Servicios técnicos; específicamente el área de Geología, el cual es el encargado de la estandarización, supervisión, extracción, control y seguimiento a la calidad de los diferentes mantos involucrados en el proceso de minado. El área de Geología dentro de la productividad de la mina, desarrolla un papel muy importante siendo la encargada de velar por mantener y mejorar los estándares de calidad en la recuperación del carbón e implementar nuevos métodos que estén a la par con el ritmo de las metas a lograr en producción. Es aquí donde radica la necesidad de supervisar y controlar la calidad en la extracción del carbón e implementar en la mina nuevos métodos como lo es la voladura bajo manto que aumenta la producción y reduce costos.

Es muy importante la valoración de los métodos utilizados en este proceso pues de ello depende el mejoramiento de las técnicas usadas, por tal motivo el evaluar las perdidas de carbón generadas en su recuperación ayudara a realizar mejoras en pro del desarrollo de la mina.

* Trabajo De grado-Modalidad Practica Empresarial.

** Facultad de Ingenierías Fisico-Químicas. Escuela de Geología. Director: Phd Mario García Gonzales. Codirector: Ing Fabio Carrillo

ABSTRACT

TITLE: BLASTING UNDER SUPERVISION IN MANTLE AND QUALITY CONTROL IN THE REMOVAL OF CARBON*

AUTHOR: ROMERO NELSON SUAREZ**

KEY WORDS: Supervision, Blasting, Quality, Mining, Coal

DESCRIPTION:

This work shows a significant degree the successful development of business practices in the mine belonging to the firm Calenturitas Prodeco SA where does the monitoring and quality control in coal mining and the application of geology in the bombing under mantle and in turn assess factors of carbon loss in these processes.

The work was carried out with support and advice of the Technical Services department, specifically the area of Geology, which is responsible for standardization, monitoring, logging, control and monitor the quality of different mats involved in the process of mined. Geology The area within the mine productivity, develops a very important role being responsible for ensuring the maintenance and improvement of quality standards in the recovery of coal and implement new methods that are at par with the pace of the goals to achieve in production. This is where the need to monitor and control quality during the extraction of coal and implement new methods in the mine as it is blowing guise that increases production and reduces costs.

It is very important to the evaluation of the methods used in this process because it depends on improving the techniques used, for this reason to evaluate the losses generated in coal recovery to help make improvements for development of the mine.

* Project of Degree

** School of Engineering Physics Chemistry. School of Geology. Direction: Phd Mario García González. Co-direction: Ing Fabio Carrillo

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El Departamento de Servicios Técnicos específicamente el área de Geología es el encargado de la estandarización, supervisión, extracción, control y seguimiento a la calidad de los diferentes mantos involucrados en el proceso de minado. El área de Geología dentro de la productividad de la mina, desarrolla un papel muy importante siendo la encargada de velar por mantener y mejorar los estándares de calidad en la recuperación del carbón e implementar nuevos métodos que estén a la par con el ritmo de las metas a lograr en producción. Es aquí donde radica la necesidad de supervisar y controlar la calidad en la extracción del carbón e implementar en la mina nuevos métodos como lo es la voladura bajo manto que aumenta la producción y reduce costos.

Es muy importante la valoración de los métodos utilizados en este proceso, pues de ello depende el mejoramiento de las técnicas usadas; por tal motivo, el evaluar las pérdidas de carbón generadas en su recuperación, ayudará a realizar mejoras en pro del desarrollo de la mina.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto carbonífero Calenturitas perteneciente a la empresa C.I. PRODECO S.A. es una operación minera de carbón a cielo abierto que se lleva a cabo en tres municipios del Departamento del Cesar; a saber, El Paso, La Jagua de Ibirico y Becerril, haciendo parte de una gran zona carbonífera conformada por los proyectos de Drummond, El Hatillo y Siminera al suroccidente y por el proyecto El Descanso al norte.

La actual operación tiene una capacidad de producción de carbón anual estimada en 4'800.000 toneladas métricas, además de ocuparse de la venta y comercialización del mismo en mercados netamente internacionales.

Los mantos carboníferos en explotación se formaron en una estructura geológica regional que obedece a un sinclinal compuesto de una serie plegada de sinclinales amplios y asimétricos con anticlinales apretados y fallados entre ellos. Cabe anotar que el proyecto minero se encuentra dividido en cuatro sectores, que son: El sector D, A y B, actualmente en exploración y el sector C ó Pit 199, que es el que se está desarrollando, perteneciendo éste a la parte oriental del sinclinal de La Loma.

El método de explotación para la extracción del carbón en el proyecto minero, está enmarcado dentro de un sistema de paneles y niveles que dividen la mina en varios sectores contiguos de 200 metros cada uno. El Departamento de Servicios Técnicos específicamente el área de Geología es el encargado de la estandarización, supervisión, extracción, control y seguimiento a la calidad de los diferentes mantos involucrados en el proceso de minado.

Recientemente en el Complejo minero se ha implementado un proceso llamado Voladura Bajo Manto, encaminado a mejorar la recuperabilidad del carbón, agilizando el proceso de remoción del estéril, elevando la productividad de los equipos y bajando los costos de la operación, permitiendo de esta forma el control de niveles planos en la mina, la extracción y recuperación de varios mantos de carbón en una sola voladura y la proyección de un modelo geológico arrojado por los registros geofísicos hechos a los pozos involucrados en la perforación.

Al final de esta aplicación a la Voladura Bajo Manto, queda el análisis a las pérdidas del carbón, ya que este proceso aunque de gran ayuda por todo lo antes mencionado dentro del minado, es uno de los mayores factores de pérdidas del recurso, surgiendo la necesidad de hacer un seguimiento de control y evolución para determinar los principales parámetros.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

3.1 PRACTICA EMPRESARIAL

3.2 C.I. PRODECO PRODUCTOS DE COLOMBIA S.A.

SIGLA C.I. PRODECO S.A.

3.3 C.I. PRODECO S.A. Es controlada por CHESFIELD COAL RESOURCES LTD.

La compañía tiene por objeto principal las siguientes actividades:

- El ejercicio del comercio internacional de artículos y productos colombianos en el exterior, la promoción de estos mismos artículos en los mercados externos, la importación de bienes e insumos para abastecer el mercado interno o para la fabricación de productos exportables.
- La exploración y explotación bien sea por el procedimiento a cielo abierto o por minería subterránea de minerales, su beneficio y transformación para uso comercial o industrial y la comercialización de dichos productos en el país o fuera de él.
- Realizar las siguientes actividades portuarias:
 - ✓ Manejo de carga marítima (Granel de carbón).
 - ✓ Manejo de carga terrestre.
 - ✓ Almacenamiento en patios.

- Reseña Histórica de la Empresa
 - ✓ 1995: una empresa extranjera compra la empresa, momento a partir del cual empieza un proceso de tecnificación de las operaciones de producción en las minas y del manejo del carbón en el Puerto. 1997 Las minas del Cerrejón, Guacheta y Lenguazaque, son vendidas. De igual forma es cerrada la seccional de Bogotá. Se inicia proceso de inversión en la Mina de Calenturitas.
 - ✓ 1998: El Cerrejón Central deja de exportar su carbón a través del Puerto en Santa Marta.
 - ✓ 2000: Finalizan acuerdos con Minercol y se inicia nuevamente la etapa de inversión y exploración en la Mina de Calenturitas.
 - ✓ 2002: se suspenden actividades de producción en la mina. por la baja rentabilidad del negocio.
 - ✓ 2004: Se reinician las Operaciones de inversión y exploración en la Mina Calenturitas, con apoyo de un contratista minero, logrando una extracción de 612 mil toneladas de carbón y una exportación de 2.45 millones.
 - ✓ 2005 Se inician proyectos de expansión en el Puerto, lo que permite continuidad en las labores, cerrando el año con una exportación de 4.19 millones de Toneladas (de los cuales 1.5 millones son de Calenturitas).
 - ✓ Al cierre del año 2006 se finaliza con una exportación de 6.12 millones de toneladas (extrayéndose de la Mina Calenturitas con 2,8 millones de toneladas).

- ✓ En el Año de 2007 se finaliza con una exportación por el Puerto de Santa Marta de 6.55 millones de toneladas (Lográndose extraer 3.1 millones de Mina Calenturitas).

- ✓ La proyección de exportación para el 2008 es de 9.7 millones de toneladas.

3.4 ALCANCE DE LA PRÁCTICA

Poner en práctica los conocimientos adquiridos en geología, para desarrollar la capacidad de suplir necesidades en la supervisión de voladura bajo manto y control de calidad en el minado del carbón, a su vez evaluar pérdidas de carbón generados durante estos procesos cuantificando la cantidad y evaluando la calidad del carbón sin recuperar, con el fin de diagnosticar su viabilidad económica, proponiendo un posible método para tal recuperación.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar exitosamente la supervisión y control de calidad en la extracción del carbón y la aplicación de la geología en voladura bajo manto, a su vez evaluando factores de pérdidas de carbón en estos procesos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir columna estratigráfica generalizada con datos tomados del pit.
- Manejar la base de datos Coal Mining Report y la de muestreo in-situ.
- Ejecutar e interpretar registros eléctricos gama natural para realizar perfiles geológicos.
- Conocer la geología en los interburden para definir patrones de perforación.
- Manejar y aplicar criterios en la estandarización y extracción de los mantos de carbón.
- Medir la cantidad de carbón que se pierde cuando se realiza estandarización del manto para la extracción del carbón.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

- Medir la cantidad de carbón que no se recupera del piso del manto y estudiar su calidad para una posible recuperación.
- Proponer posibles soluciones a las pérdidas de carbón generadas durante el proceso de extracción.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 LOCALIZACIÓN

El Departamento del Cesar está localizado al noreste del país y los yacimientos carboníferos, al este de la Sierra Nevada de Santa Marta. Tiene una extensión de 22.905 km² limitando al norte, con el Departamento de La Guajira; al oeste, con los departamentos de Magdalena y Bolívar; al sur, con el Departamento de Santander y al este, con el Departamento de Norte de Santander y con la República Bolivariana de Venezuela¹ (Véase la **Figura 1**).

La mina Calenturitas se encuentra ubicada entre el Municipio de la Jagua de Ibirico y el sitio denominado Cruce La Loma hacia el Caserío Plan Bonito, está comunicada con Bucaramanga y Bogotá, mediante la Troncal del Magdalena y a partir de estas ciudades, con el resto del país; así mismo, en la Costa Atlántica, con los puertos de Barranquilla, Cienaga y Santa Marta¹.

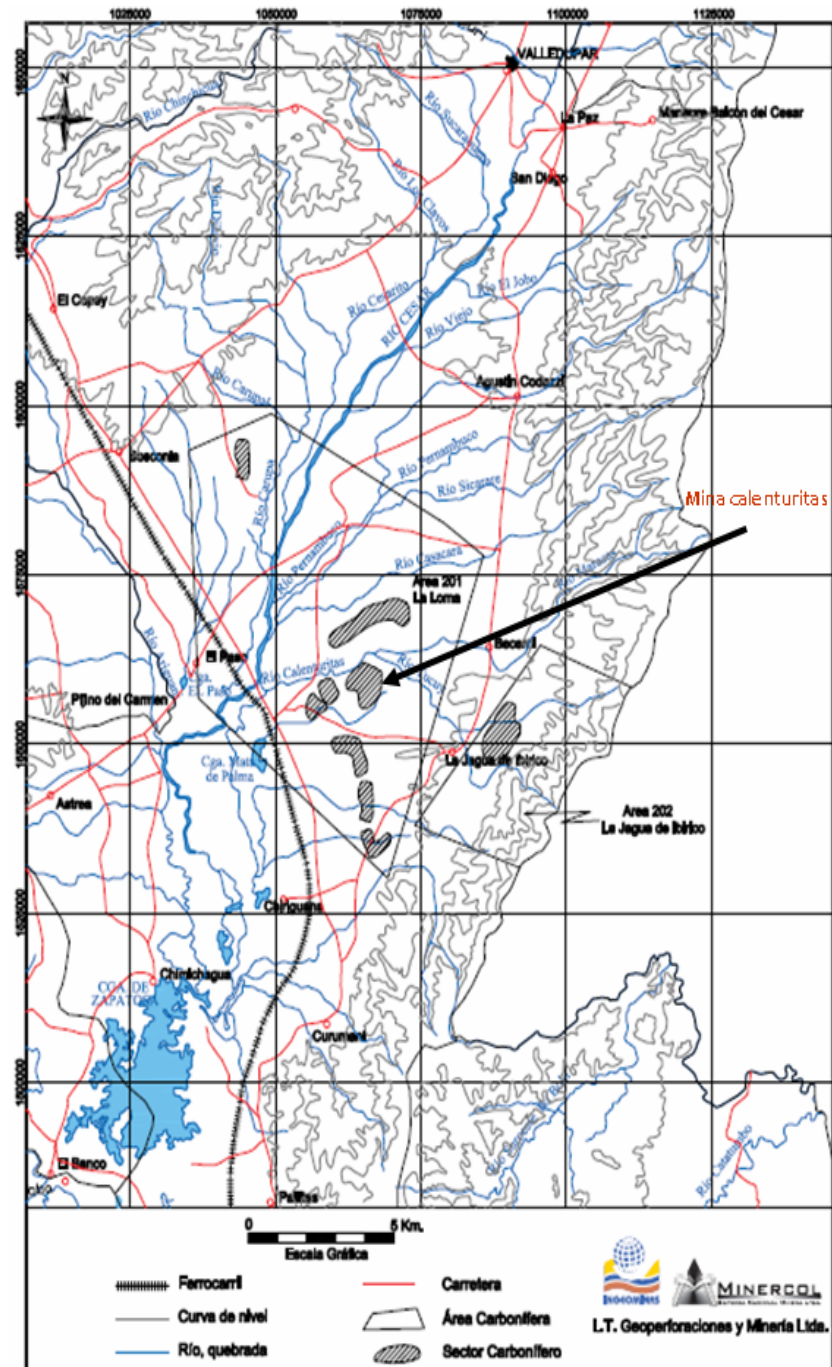
Está comunicada con Valledupar, Riohacha y Puerto Bolívar por los ramales que parten de San Roque y Bosconía. Existe una vía férrea que comunica el centro del país hasta el puerto de Santa Marta; parte de esta vía fue rehabilitada, entre las localidades de La Loma y Santa Marta, para el transporte del carbón; igualmente, el río Magdalena le sirve para el transporte fluvial del carbón, por medio de barcazas, desde el puerto de Tamalameque con destino a los puertos de Barranquilla y Cartagena. Todos los proyectos mineros, tanto en estudio como en explotación, se encuentran interconectadas con estas vías de acceso¹. (Véase la **Figura 2**).

¹ El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. 2004. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá.

[illegible]

28

Figura 2. Localización de las áreas en las zonas carboníferas



Fuente. Minercol, 2002.

5.2 GEOLOGIA REGIONAL

La Zona Carbonífera Cesar pertenece a la denominada cuenca del Cesar - Ranchería, la cual se encuentra limitada al norte, por la Falla Oca de dirección este - oeste y de desplazamiento lateral derecho; al oeste - suroeste, por el sistema de fallas de Bucaramanga - Santa Marta, principalmente, de rumbo e inclinación hacia el oriente; el complejo ígneo - metamórfico de la Sierra Nevada de Santa Marta, al noroeste y la Serranía Perijá o de Los Motilones, al sureste¹.

En la zona afloran rocas con edades que varían entre el Paleozoico y el Holoceno. La estratigrafía se relaciona con las cuencas de Maracaibo y el Valle Medio del Magdalena. La unidad que contiene los carbones es la Formación Los Cuervos de edad Paleoceno – Eoceno temprano, definida por Nostentein *et al.*, (1944) en la quebrada Los Cuervos, afluente del río Catatumbo, en el Departamento de Norte de Santander¹.

De acuerdo con la evolución geológica de la zona, se ha podido establecer la existencia de dos pliegues, conformados por rocas de edad terciaria, que son las portadoras de los carbones y que corresponden a La Formación Los Cuervos; el Sinclinal La Loma y el Sinclinal La Jagua, limitados por fallas normales e inversas, el primero y por fallas normales, el segundo; por esta razón, se ha dividido la zona en dos áreas carboníferas, La Loma y La Jagua de Ibirico¹. (Véase la **Figura 2**).

Como se anotó previamente la Formación Los Cuervos, constituye la unidad portadora de los carbones y en el área ha sido dividida en tres miembros¹. (Drummond, 2002).

¹ El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. 2004. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá.

Miembro Inferior. Constituido, principalmente, por arcillolitas y limolitas de color gris a gris medio, intercaladas con bancos de arenisca, cintas y capas de carbón. El Miembro Medio corresponde al nivel carbonífero productivo, conformado por una secuencia de arcillolitas, limolitas, arenitas y mantos de carbón con espesores mayores a 1.00 m. El Miembro Superior con dominio de arenitas de color gris claro a medio, grano fino a medio, cuarzosas, intercaladas con limolitas y arcillolitas¹. (Véase la **Figura 4**).

El Área Carbonífera La Loma se encuentra afectada por tres estructuras sinclinales de dirección noreste - suroeste, denominadas como El Descanso, La Loma y El Boquerón. Los pliegues anticlinales se encuentran, generalmente, erosionados, excepto el Anticlinal La Loma, que se ubica entre los sinclinales La Loma y El Boquerón¹.

Los pliegues son afectados regionalmente por las fallas inversas El Hatillo y El Tigre, que tienen una orientación noreste - suroeste. Dentro de los sinclinales se observan fallas locales, de tipo inverso, con dirección noreste - suroeste, como son las fallas Delgas, Descanso, La Loma, Calenturitas, Norte, La Envidia y Rosario; también, existen algunas fallas de rumbo¹.

De acuerdo con las condiciones estratigráficas y estructurales, el área se ha dividido en los siguientes sectores: El Descanso Norte, Guaimaral, Sinclinal La Loma, El Boquerón, El Descanso Sur y Rincón Hondo¹.

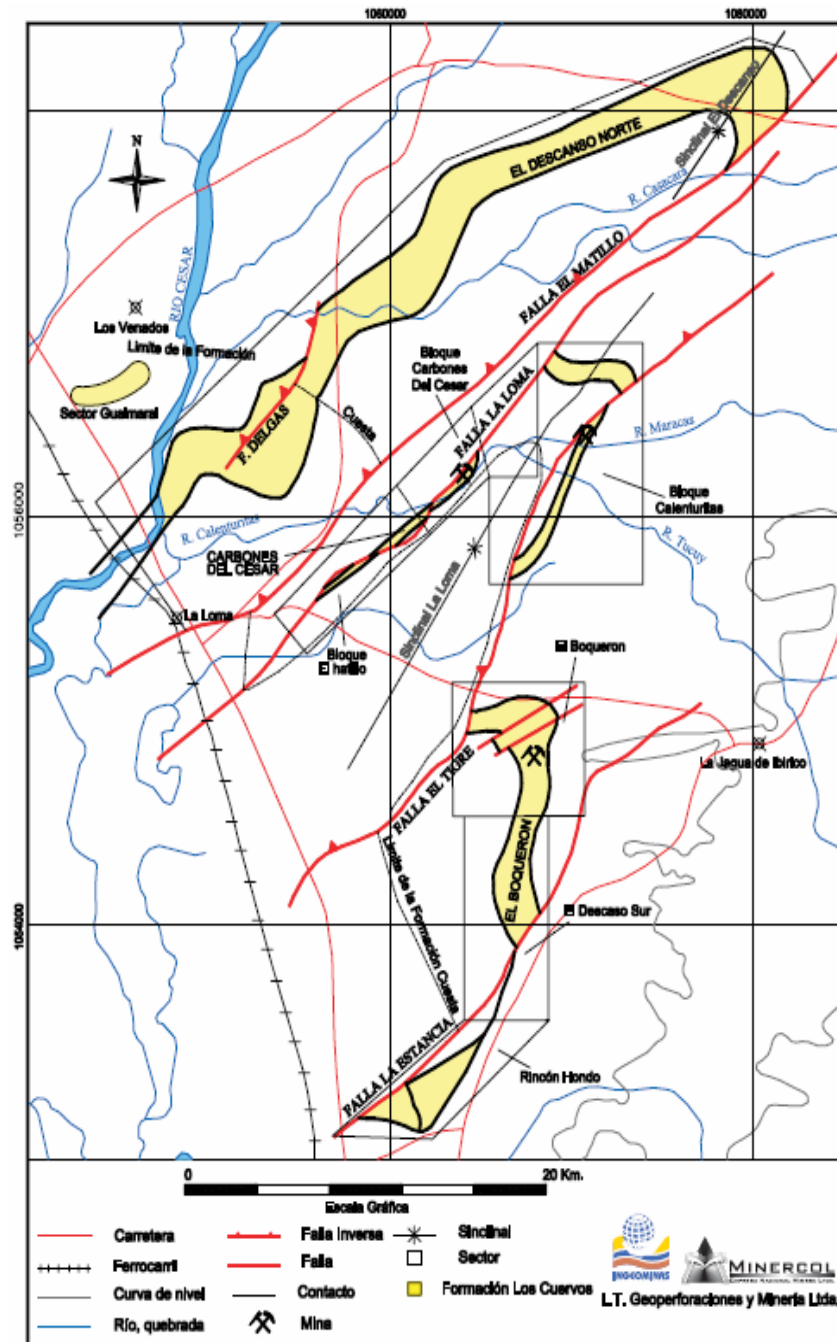
5.2.1 Tectónica. En la Zona Carbonífera Cesar se han identificado tres áreas desde el punto de vista estructural:

¹ El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. 2004. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá.

La Jagua de Ibirico, donde se ubica el sinclinal del mismo nombre, la Falla Arenas Blancas y el Anticlinal Cerro Largo. El Alto de Becerril, donde afloran rocas cretáceas de las formaciones Molino y La Luna. La Loma, donde se presenta una secuencia sedimentaria terciaria con un basamento del Cretáceo, que a su vez conforman una serie de anticlinales y sinclinales de dirección noreste - suroeste, ocasionalmente, interrumpidos por fallas. Las principales estructuras corresponden a sinclinales denominados: El Descanso, La Loma y El Boquerón¹. (López y Góngora, 1997).

Estas estructuras se encuentran separadas por fallas inversas de dirección noreste - suroeste, conocidas como: Falla El Hatillo, que separa los sinclinales El Descanso con el de La Loma y la Falla El Tigre, que separa el Sinclinal La Loma del Sinclinal El Boquerón¹.

Figura 3. Formación Los Cuervos, áreas carboníferas



Fuente. Minercol, 2002.

5.2.2 Estratigrafía. Las sedimentitas, que constituyen el Paleozoico, representan sedimentos marinos y continentales afectados en algunos casos por metamorfismo e intrusiones ígneas; estos estratos afloran en la Serranía de Perijá. Las rocas del Jurásico están representadas por la Formación La Quinta, que esta conformada, predominantemente, por capas rojas, depositadas en un ambiente continental y que alternan con rocas volcánicas. El Cretáceo está representado por una secuencia marina, en su gran mayoría, la cual varía de edad desde el Neocomiano al Maastrichtiano; el ambiente de depositación gradualmente cambia de las condiciones continentales del Jurásico, a ambientes transicionales y, finalmente, a condiciones marinas, en el Cretáceo temprano¹. (López y Góngora, 1997).

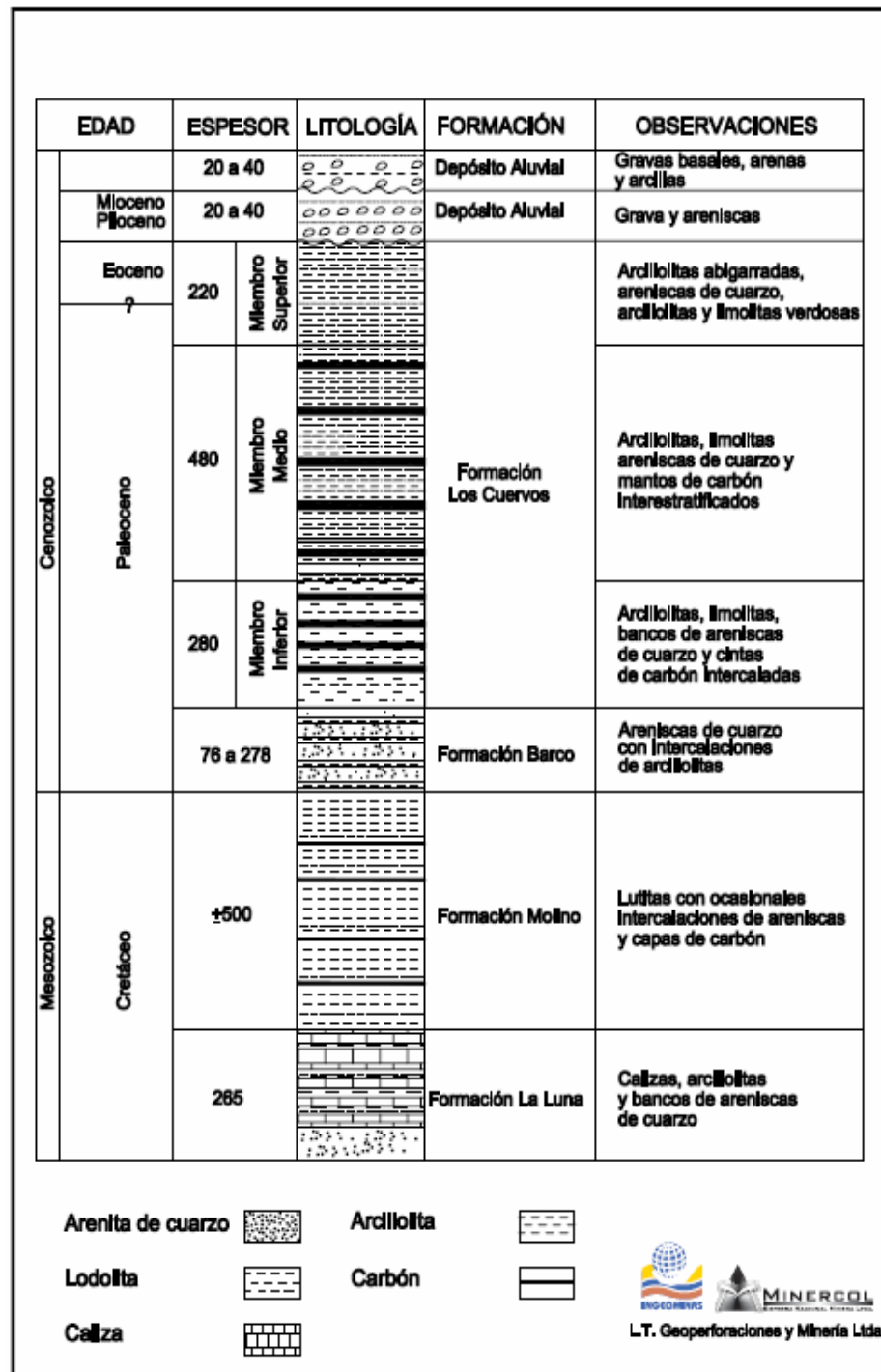
La unidad geológica de interés, para los carbones, es la Formación Los Cuervos. La Formación Los Cuervos, en el área de la Zona Carbonífera Cesar, reposa conformemente, en contacto transicional, sobre la Formación Barco. Es una secuencia sedimentaria muy variable, por lo cual se ha dividido en tres conjuntos:

Conjunto Inferior, (Tpcl3), compuesto por arcillolitas y limolitas de color gris a gris medio, intercaladas con bancos de areniscas, cintas y mantos de carbón; Conjunto Medio (Tpcl2), conforma, básicamente, el nivel carbonífero productivo y está constituido por una secuencia de arcillolitas, limolitas, arenitas y hasta 60 capas y mantos de carbón; el Conjunto Superior (Tpcl1), se compone de arenitas de color gris claro a medio, grano fino a medio, cuarzosas, intercaladas con limolitas y arcillolitas¹.

¹ El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. 2004. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá.

La Formación Los Cuervos (Véase la **Figura 4**), varía de espesor entre 245 m hasta 1.600 m; los mantos de carbón se presentan, aproximadamente, a 300 m sobre la base de la formación. La unidad carbonífera T - 3, descrita en los alrededores de La Jagua de Ibirico (Mejía y Mateus, 1978), es correlacionable con la Formación Los Cuervos. La Formación Cuesta reposa, inconformemente, sobre los conjuntos Medio y Superior de la Formación Los Cuervos. Está constituida, en general, por una secuencia de estratos arenosos y conglomeráticos, friables, localmente ferruginosos. El espesor de esta unidad, varía entre 60 m y los 650 m. Existen, además, depósitos de terraza, del Pleistoceno y aluviones recientes.

Figura 4. Columna estratigráfica generalizada, zona carbonífera.



Fuente. Minercol, 2002.

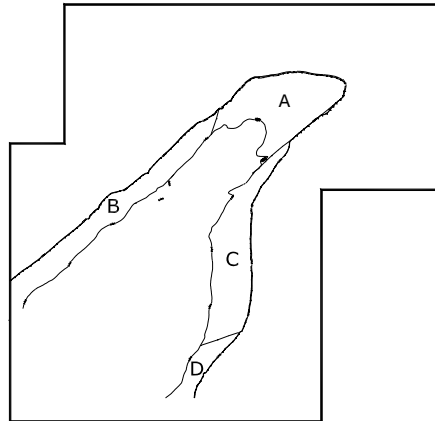
5.3 GEOLOGÍA LOCAL

El proyecto Calenturitas se encuentra en el sinclinal de La Loma, ocupa una extensión de 180 km². El Conjunto Medio de La Formación los Cuervos, es el portador de los carbones donde se han localizado hasta 60 capas y mantos de carbón (Véase la **Figura 6**). El espesor de la secuencia carbonífera varía entre 350 m y 420 m (C.I Prodeco, 2002). Estructuralmente, el sinclinal la loma, de dirección noreste suroeste, es asimétrico y se profundiza hacia el suroeste; esta limitado al noroeste por la falla el Hatillo y al sureste por la falla el tigre.

Existen áreas identificadas en el sinclinal del depósito de calenturitas, así como también la presencia de fallas estructurales. El siguiente es un resumen de los límites y estructuras de los sectores identificados (Véase la **Figura 5**):

- *Sector A:* Noreste y el cerramiento del sinclinal de La Loma. Buzamientos entre 5 y 10 grados. Encerrado entre las fallas Páramo, Calenturitas y Tucuy.
- *Sector B:* Costado Oeste del sinclinal. Presencia de buzamientos fuertes entre 40 y 50 grados. Entre las fallas Páramo en el Norte y limite de la concesión en el Sur. El carbón sub-aflora Noreste-Suroeste.
- *Sector C:* Costado Este del sinclinal. Buzamientos suaves a medios entre 14 y 18 grados. Rodeado por las fallas Tucuy en el Norte y la Envidia al sur del tajo actual. El carbón sub-aflora Norte – Sur.
- *Sector D:* Entre la falla La Envidia al Norte y los límites de la concesión al Sur. Buzamientos fuertes mayores de 40 grados. El carbón sub-aflora Noreste-Suroeste.

Figura 5. Sector A, B, C Y D del proyecto Calenturitas Fuente. C.I Prodeco S.A.



En la **Figura 6**, presenta los mantos de carbón, de techo a base, correspondiente a Calenturitas, con sus respectivos nombres, espesores.

Figura 6. Mantos de carbón, Calenturitas

Bloque Calenturitas	
Nombre manto	Espesor (m)
410	0,90
400	2,20
390	0,70
380	0,80
370	0,60
360	0,80
350	0,50
340	1,00
330	2,00
310+300	0,84
270	3,05
260	1,04
250	1,28
240	1,33
220+210	1,44
200+199	5,05
180	0,84
170	0,80
160	0,80
150	0,80
140	0,60
135+130	1,40
120	0,40

Fuente. Minercol, 2002.

El paquete del Manto 400 al Manto 200/199 es el más favorable económicamente y consecuentemente los tajos de la mina son y serán sobre estos mantos los cuales tienen un espesor acumulado de 21 m de carbón y de 240 a 250 m incluyéndole el estéril.

5.4 VOLADURA BAJO MANTO

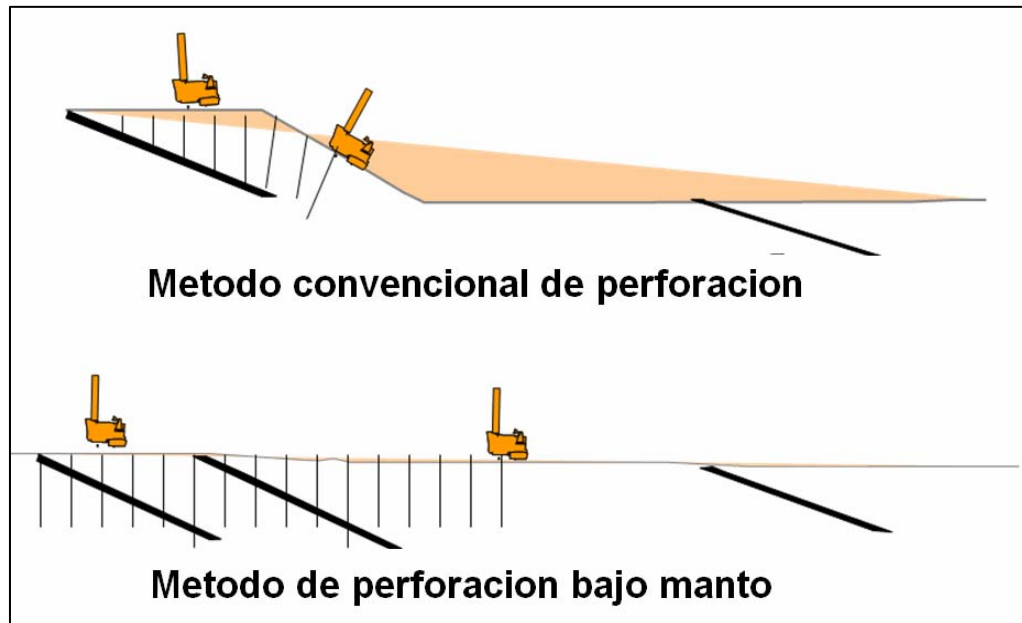
Los retos impuestos por el mercado internacional, han conducido a implementar nuevas tecnologías para el proceso de perforación y voladura, con el fin de mejorar y lograr metas en la producción de la mina.

La Voladura Bajo Manto se introdujo este año en la mina, Este método ya está siendo utilizado con éxito en el Cerrejón y otras operaciones mineras a gran escala, como Fording Coal Ltd. y Byron Creek Collieries en Canadá. Desde su implementación, la VBM se ha venido mejorando continuamente tanto en diseño como en ejecución en campo.

El método convencional de voladura en condiciones de multimantos buzantes de separación variable, solo volaba el estéril por encima del manto de carbón deteniendo la perforación al alcanzar el mismo, luego de perforados eran cargados los barrenos con el explosivo y el material era fragmentado para su posterior remoción. Después que el carbón era minado, se debía perforar y volar su respaldo inferior, lo cual generaba atrasos en el avance de las palas, ineficiencias en la operación de perforación y voladura. El método debía repetirse hasta minar el último manto de carbón².

² Curso Básico de Explosivos y Diseño de Voladuras I. 1997. Intercor – El Cerrejón Norte. Colombia.

Figura 7. Perforación en voladura tradicional y bajo manto



Fuente. Intercor – El Cerrejón Norte

En la voladura bajo mantos de carbón, los pozos se perforan atravesando los mismos hasta el nivel deseado de avance de la pala y se procura la fragmentación simultánea del material estéril localizado por encima y por debajo del manto de carbón. Las cargas se colocan por debajo y por encima del manto con un retacado intermedio de roca triturada en los pozos para protegerlo. Este proceso de perforación y voladura simplifica el proceso de minería cuando la excavación se mueve a través de un banco en las secuencias de estéril-carbón-estéril-carbón hasta llegar al manto de la pared baja, minimiza la perforación y el cargue de barrenos en taludes, y en general reduce la gran mayoría de inconvenientes que

presenta el método convencional de voladura aplicado en depósitos multimantos buzantes de carbón³.

Definición de términos.

La terminología usada en voladura es:

- **Panel.** Obedece al método de explotación empleado en la mina, en el cual un área de 200 metros es dividida en 4 paneles de 50 metros respectivamente para conformar un nivel en la mina⁴.
- **Nivel.** Hace parte del método de explotación desarrollado en la mina, en el cual cada nivel está conformado por 4 paneles de 50 metros. Cada nivel está a una cota diferente, siendo la cota más baja el nivel más inferior de la mina y la cota más alta el nivel más superior de la misma, en forma de escalones. Dejando entre nivel y nivel un distancia de entre 10 a 15 metros⁴.
- **Patrón o malla de perforación.** Es la forma geométrica en que se ubican los barrenos en el terreno.
 - Número mayor: Indica distancia entre pozos de una misma fila
 - Número menor: Indica distancia entre filas⁴
- **Interburden.** Material estéril definido entre dos mantos⁴.

³ GUTIERREZ ALVAREZ, Mario, VILLADIEGO DEL PORTILLO, Edgar, 2003. Diseño Sistematizado de Voladuras en el Cerrejón. Bogotá.

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

- **Fila.** Disposición de los pozos por hileras, éstas deben ser en general perpendiculares al rumbo de los estratos⁴.
- **Piso de Pala.** Está definida por la cota inferior de la altura del banco⁴.
- **Profundidad de Perforación.** Longitud de perforación que indica la cota que se quiere alcanzar con la voladura; resulta entre la cota de superficie y el nivel del piso de la pala, agregando a ésta la sobreperforación requerida⁴.
- **Sobreperforación.** Es la longitud adicional perforada por debajo del piso o nivel de pala, para garantizar dicho nivel. Generalmente es de 0.5 metros⁴.
- **Carbón volado.** Carbón afectado por la voladura debido a pozos sobrecargados o mal diseñados. Se observa mezcla de carbón estéril⁴.

5.5 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

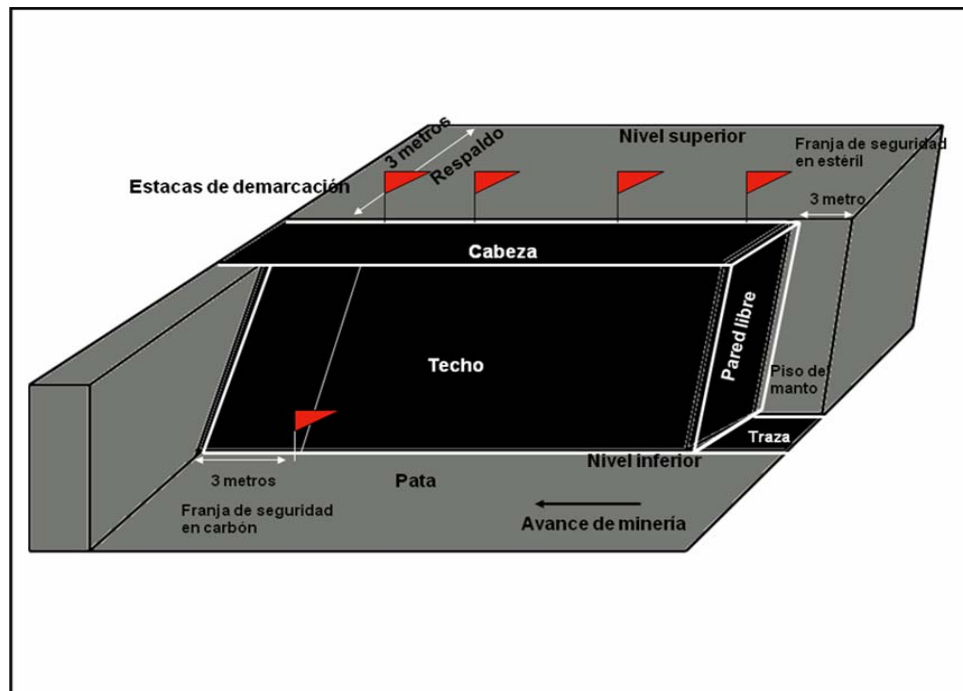
Este proceso consiste en implementar estándares y procedimientos para la extracción de carbón en óptimas condiciones y de manera segura, maximizando la recuperación en los pisos de los mantos. También controlar factores de pérdidas y dilución durante el flujo de carbón desde tajos hasta patios.

Tomar información en campo que nos permita actualizar el modelo geológico, alimentando bases de datos. Clasificación de mantos de acuerdo a poder calorífico y azufre. El geólogo es la única persona responsable de autorizar la

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

extracción de un bloque de manto de carbón siempre y cuando cumpla con los procedimientos establecidos.

Figura 8. Estandarización del manto



Fuente. (C.I Prodeco S.A).

Definición de términos.

La terminología usada en estos estándares es como sigue:

- **Bloque de Manto.** Es una sección del manto que tiene una longitud mínima de 40 metros (sin incluir la franja de seguridad en carbón), y una altura de banco

de mínimo 5 metros. Un bloque de manto de carbón está constituido por los siguientes componentes⁵. (Véase la **Figura 8**).

- **Cabeza.** Sección del manto observada en el piso del nivel superior de minería⁵.
- **Techo.** Cara destapada del bloque de manto⁵.
- **Franja de seguridad en carbón.** Es una franja limpia de 3 metros de carbón que debe quedar en el avance de minería al finalizar el bloque de manto carbón autorizado. Excepto en: paredes límites laterales, paredes límites de rampas principales, en los mantos 220, 280, 300 y 345, ya que son mantos delgados y muy fracturados que al estar expuestos a las lluvias, voladuras, etc. se convierten en factores de pérdidas de carbón en el tajo⁵.
- **Franja de seguridad en estéril.** Es una franja de 1 metro en estéril antes de la costilla de la franja de seguridad en carbón. Debe quedar en todos los mantos excepto en las paredes límites laterales⁵.
- **Costilla.** Es la parte lateral de avance del bloque de carbón donde se puede medir el espesor real del manto y apreciar sus características litológicas, partings, etc. Se debe limpiar antes de comenzar el minado, de esta manera se asegura que el carbón que caiga allí sea recuperado⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

- **Nivel de piso/Pata.** Es el nivel inferior del bloque de carbón que debe estar libre de lodo, agua etc. Además se debe definir la pata del bloque de carbón con la máquina de extracción antes de iniciar el cargue⁵.
- **Respaldo del manto.** Es el área por detrás del piso de la cabeza del manto, esta área debe estar limpia por lo menos 3 metros para facilitar el estacado de los mantos, evitar contaminación durante el minado del bloque de carbón y evitar pérdidas. Limitada por una berma para asegurar el área de extracción⁵.
- **Accesos al cargue del carbón.** Son las rutas que se utilizarán para acceder al manto y cargar el carbón, los accesos a los cargues del carbón deben estar en óptimas condiciones para evitar derrame y pérdidas de carbón en las vías. El geólogo debe estar atento a estas situaciones que generen pérdidas como son alta velocidad, resaltos del volco en mal estado y tomar las medidas preventivas y/o correctivas del caso⁵.
- **Traza.** Exposición del manto de carbón en superficie o en un nivel de minería⁵.
- **Cuelga.** Longitud real medida en el techo del manto, que va desde la intersección con la cabeza hasta la pata del manto⁵.
- **Panel de Minería.** Área comprendida entre dos secciones (perfiles) que generalmente comprende una unidad de operación⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

6. METODOLOGÍA

6.1 RECONOCIMIENTO DE LOS CARBONES EN EL TAJO

Con este trabajo se adquirió una base teórica necesaria como punto de partida, para tener un manejo adecuado del sector C donde actualmente se está extrayendo el carbón.

6.1.1 Columna estratigráfica. Se realizó un trabajo de campo en el tajo, donde se tomaron datos estructurales y se hicieron descripciones estratigráficas de las rocas expuestas en las paredes laterales que van quedando en el avance de la mina durante su explotación (Véase Figura 9).

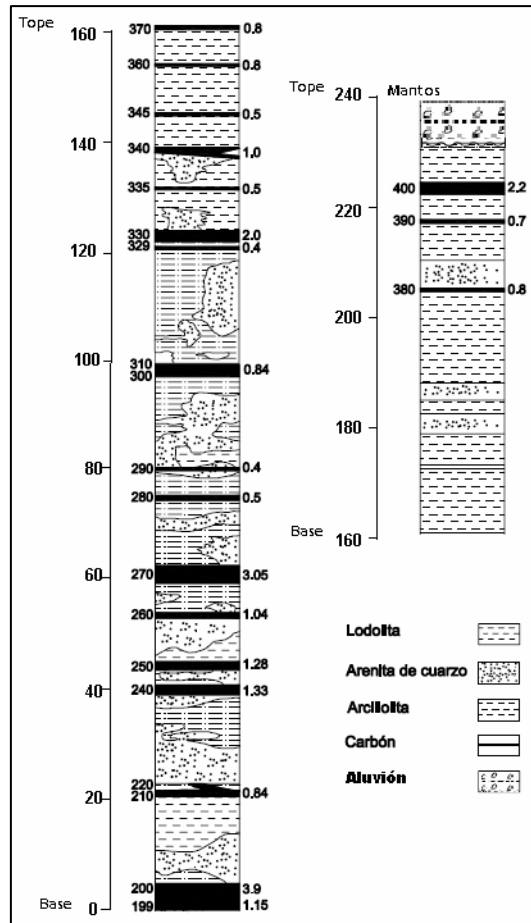
Figura 9. Paredes laterales que quedan expuestas en avance.



Se midieron los espesores reales de los interburden y los carbones en el tajo y se describió desde el manto de carbón denominado 199 hasta el 400, cubriendo de esta forma toda el área del sector C, actualmente en producción.

Todo el trabajo en campo sobre el tajo, se realizó con el fin de conocer la mina y su sección de carbones productivos o en explotación, también para corroborar datos con la columna estratigráfica hecha, como datos de los espesores de los mantos y la variación de la presencia de arenas, como se muestra en la columna estratigráfica del sector C del tajo (Véase **Figura 10**).

Figura 10. Columna estratigráfica generalizada, Calenturitas



Modificado. C.I. PRODECO S.A.

En la litología que se encontró al realizar la columna estratigráfica del tajo sector C, se tiene entre arcillositas limosas y areniscas de color gris claro, con bandas, lentes y nódulos y lentes resistentes de carbonatos de hierro (siderita) rítmicamente intercaladas. Las areniscas son cuarzos feldespáticos conformando canales de color gris claro, de grano fino a medio, duras y masivas localmente arcillosas.

Se puede dividir en tres sectores, donde la presencia de las arenas es más fuerte, incluso donde se presentan lentes arenosos en los mantos de carbón, de base a tope la mayor presencia de arenas compactas se tiene del manto 199 al 270, posteriormente con menos presencia de arenas compactas y lentes arenosos del 280 al 345 y finalmente del 350 al 400 se tiene poca presencia de arenas y gran cantidad de arcillolitas.

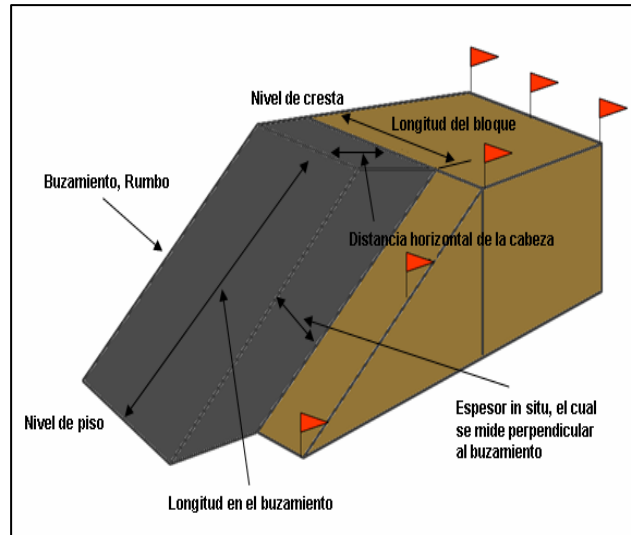
La identificación de estas arenas compactas y lentes arenosos en los carbones es de suma importancia en el desarrollo productivo de la mina.

6.1.2 Manejo de base de datos. Coal Mining Report, se basa en almacenar datos como panel, manto, espesor in situ, nivel de piso, nivel de cresta, longitud del bloque, longitud en el buzamiento, distancia horizontal de la cabeza, espesor de parting, buzamiento, rumbo (Véase Figura 11).

La base de datos de Calidad consiste en recopilar información como coordenadas, manto, panel, nivel, toneladas, humedad residual, humedad superficial, humedad total, ceniza, material volátil, carbono fijo, azufre, poder calorífico.

Al manejar esta base datos se desarrollo una familiaridad con los términos mineros de producción y control de calidad. Para posteriormente aplicarlos como geólogo supervisor.

**Figura 11. Bloque diagrama del manto de carbón y sus partes. Modificado.
C.I. PRODECO S.A.**



Datos que se miden en el laboratorio con muestreo in situ de canal sobre el carbón:

Humedad residual, humedad superficial, humedad total, ceniza, material volátil, carbono fijo, azufre, poder calorífico (Véase **Figura 12**).

Estos datos ayudan a mantener un control de calidad sobre los carbones, para su comercialización. También es una herramienta para tener un registro del comportamiento de los carbones en toda el área de explotación.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

Figura 12. Ejemplo del formato de registro sobre calidad del carbón. Fuente. C.I Prodeco S.A.

COORDENADAS	NO RTE-1560552	NO RTE-1560143	NO RTE-1569467	NO RTE-1569467	NO RTE-1560321	NO RTE-1560555	NO RTE-1560321	NO RTE-1560555
	EST 6-1066087	EST 6-1066063	EST 6-1066082	EST 6-1066082	EST 6-1066016	EST 6-1066108	EST 6-1066113	EST 6-1066108
	Esp: 0.99 Cota -43	Esp: 1.48 Cota -7	Esp: 3.72 Cota -6	Esp: 3.72 Cota -6	Esp: 1.41 Cota -43	Esp: 3.62 Cota -47	Esp: 1.07 Cota -39	Esp: 3.72 Cota -47
CODIGO	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G	GEOLO G
MANTO	210	250	270 SUP.	270 INF.	250	270	199	200
PANEL	14	24	26	26	19	20	14	16
NIVEL	-45	-10	-10	-10	-40	-45	-45	-50
FECHA	AGOSTO 30/08				SEPT 07/08		SEPT 08/08	
MINA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA	C/TURITA
TONS	*	*	*	*	*	*	*	*
H.SUP	8,00	5,00	5,00	6,00	5,00	6,00	5,00	7,00
H.RES	6,78	7,46	8,88	8,23	7,42	8,49	6,53	6,97
H.TOTAL	14,24	12,09	13,44	13,74	12,05	13,98	11,20	13,48
CENIZAS	4,64	5,20	1,79	1,60	4,08	1,85	8,37	1,91
M. VOLATIL	35,33	36,55	38,51	38,12	37,84	38,21	37,31	36,29
C. FIJO	45,79	46,16	46,26	46,54	46,03	45,96	43,12	48,32
AZUFRE	0,35	0,32	0,31	0,30	0,33	0,32	0,33	0,29
P.CAL.	11233	11442	11709	11676	11666	11605	10923	11817

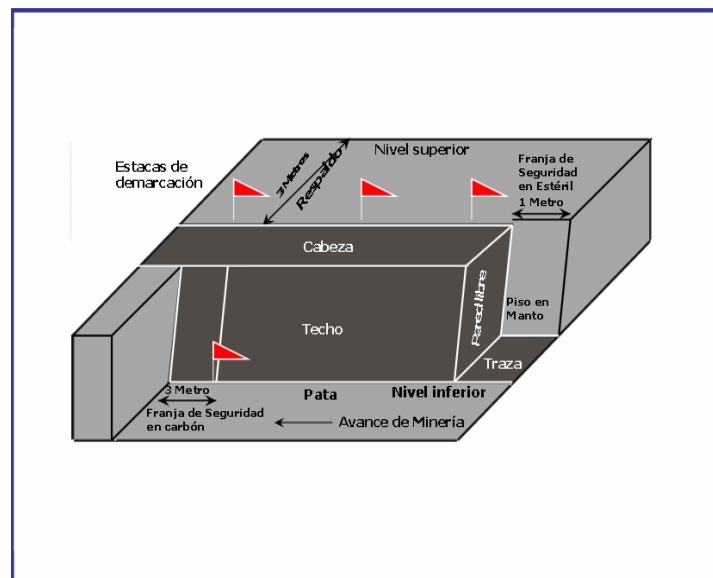
Finalmente con esta información la Superintendencia del Departamento de Geología evalúa:

% de recuperación de carbón, % de dilución, modelo geológico y alternativas de mejoramiento para la extracción y control de calidad del carbón en el proyecto minero.

6.2 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

Establecer y unificar procedimientos para el minado de carbón (Véase **Figura 13**), con el fin de extraer carbón en óptimas condiciones de acuerdo a las características del depósito⁵.

Figura 13. Condiciones estándar para el minado de un Bloque de carbón.



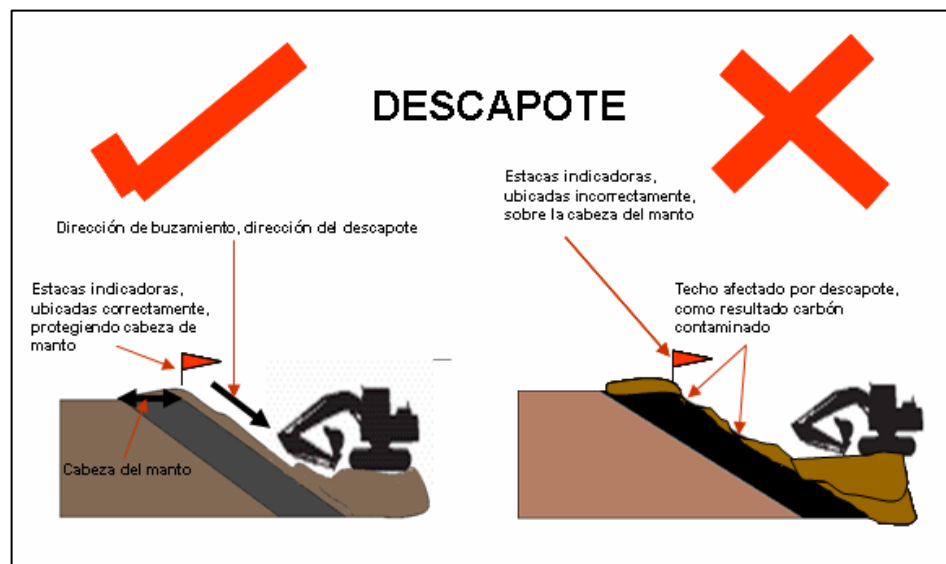
Fuente. C.I Prodeco S.A.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

6.2.1 Descapote de mantos. Es donde se inicia el proceso de supervisión y control de calidad en el tajo, en esta etapa de la operación es donde se originaron los primeros factores de pérdidas y dilución, por ello es fundamental que se supervise de acuerdo a lo siguiente⁵:

- **Operación en el sentido del buzamiento.** Cuando el descapote es en el sentido del buzamiento, que generalmente es como se hace en minería, el geólogo debe marcar la cabeza del manto, si es posible, con estacas cada 10 metros y a 0.30 metros de la cabeza del manto con el respectivo color de la calidad del manto y al operador del equipo que es el corte que se debe seguir, para evitar daños en el techo del manto durante este proceso⁵ (Véase **Figura 14**).

**Figura 14. Descapote de manto de carbón correcto e incorrecto. Modificado.
C.I Prodeco S.A.**



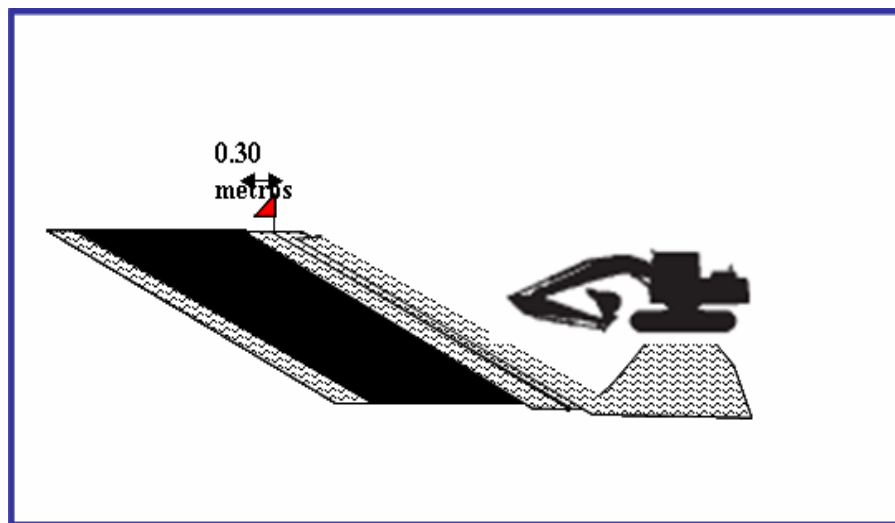
⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

En la figuras se observa el descapote de forma correcta y de forma incorrecta. En la figura del lado izquierdo se cumple con los requerimientos necesarios como lo son una correcta dirección de descapote la cual debe ser en la dirección del buzamiento, una ubicación de la estaca protegiendo la cabeza del manto por ende también el techo del mismo a lo largo de todo el descapote.

En la figura del lado derecho se ve como una mala ubicación de la estaca sobre la cabeza del manto sin respetar la distancia requerida (Véase **Figura 15**), para proteger la cabeza y el techo del manto en el momento de la remoción del material estéril.

Este problema puede ser causado por el motivo de una mala interpretación en la ubicación del carbón o por un error del operador que a su vez se traduce en la falta de supervisión por parte del geólogo.

Figura 15. Correcto estacado y dirección de descapote



Fuente. C.I Prodeco S.A.

Trabajo de descapotes realizado sobre el manto de carbón:

Generalmente los destapes pueden ser exitosos o con problemas de contaminación del carbón (véase **Figura 16,17**), este tipo de errores se producen en los turnos nocturnos por falta de visibilidad o en los errores de supervisión antes mencionados.

Figura 16. Techo afectado del manto de carbón



Fuente. C.I Prodeco S.A.

Figura 17. Techo descapotado con buena supervisión.



- **Operación por detrás de la cabeza del manto.** Si por alguna razón la operación de descapote se realiza por el respaldo del manto, el geólogo debe señalizar con balizas una distancia mínima 3 metros desde el piso por detrás de la cabeza del manto, así se asegura una adecuada limpieza del manto y se evitan pérdidas en la cabeza durante su minado (véase figura 18,19). En ambos casos el geólogo debe supervisar constantemente las operaciones de descapote para controlar las pérdidas en el techo y cabeza, si en algún caso se evidencia daños al manto, el geólogo debe comunicar la situación al operador a fin de que se corrija o mejore el avance en el descapote y hacer saber a su supervisor⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 18. Descapote por el respaldo del manto. Modificado. C.I Prodeco S.A.



Figura 19. Descapote por el respaldo del manto



Fuente. C.I Prodeco S.A.

Como se observa en la imagen (Véase **Figura 20**), los descapotes al respaldo de la cabeza del manto, deben manejarse con buenas señalizaciones y una constante supervisión, que pueda evitar la contaminación, corte de la cabeza del manto, perdiendo carbón, afectando la producción. Por otro lado, hay que decir

que una excelente señalización y supervisión dará como resultado una óptima recuperación del carbón.

Figura 20. Pérdidas de carbón en la cabeza del manto



Fuente. C.I Prodeco S.A.

6.2.2 Limpieza del bloque de carbón. En esta etapa del proceso es donde se puede presentar la mayor potencial fuente de dilución y pérdidas de carbón; por lo tanto, cualquier precaución durante la limpieza que mejore las condiciones de extracción debe ser tomada en cuenta y aplicarse. Se debe supervisar la limpieza de los mantos de carbón (Véase Figura 21), con el fin de controlar las pérdidas que se puedan generar. El sistema de limpieza debe ser en el siguiente orden⁵:

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

- **Limpieza de la cabeza.** Se debe limpiar por detrás del piso de la cabeza del manto un área de 3 metros (Véase **Figura 22**), con el fin de evitar y controlar factores de dilución durante la extracción del manto y recuperación del piso. En el caso del manto 200-199 NO se puede dejar material estéril en este piso (pared baja), por lo tanto se debe bajar este material durante la limpieza de la cabeza y techo del manto⁵.

Figura 21. Remoción de estéril restante sobre la cabeza.



Figura 22. Limpieza de la cabeza para una extracción segura. Modificado. C.I Prodeco S.A.



- **Berma de seguridad.** Se debe señalar la berma de seguridad (Véase **Figura 23**) en el nivel superior y nivel inferior del bloque de carbón con una estaca con cinta del color respectivo de la calidad del manto de acuerdo a su clasificación, que limita la extracción del bloque de carbón⁵.

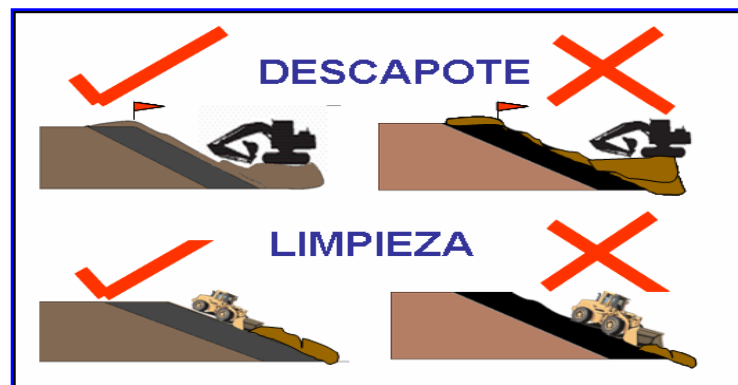
⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

**Figura 23. Berma de seguridad para proteger área de extracción. Modificado.
C.I Prodeco S.A.**



- **Limpieza del techo del manto.** Se debe limpiar el techo del manto con todo el cuidado posible, si es con un tractor de llantas CAT 834 el geólogo debe estar supervisando esta limpieza, el éxito de esta limpieza es proporcional al éxito de la supervisión durante el descapote del manto⁵. (Véase **Figura 24,25**).

Figura 24. Descapote y limpieza de techo de manto



Fuente. C.I Prodeco S.A.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 25. Descapote simultáneo con limpieza de techo de manto.



- **Definición de la pata del manto.** Después de la limpieza del techo se continúa con la limpieza y definición de la pata del manto (Véase **Figura 26**). La pata del manto debe estar libre de material en una distancia de mínimo 10 metros desde la pata del manto; además debe estar libre de agua y lodo (Véase **Figura 27**). Con esto, se asegura una mínima contaminación del carbón durante la extracción, facilidad en el cargue y recuperación del carbón que cae durante el cargue de las dobletroques o camión minero⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 26. Definición de pata de manto con la excavadora. Modificado. C.I Prodeco S.A.

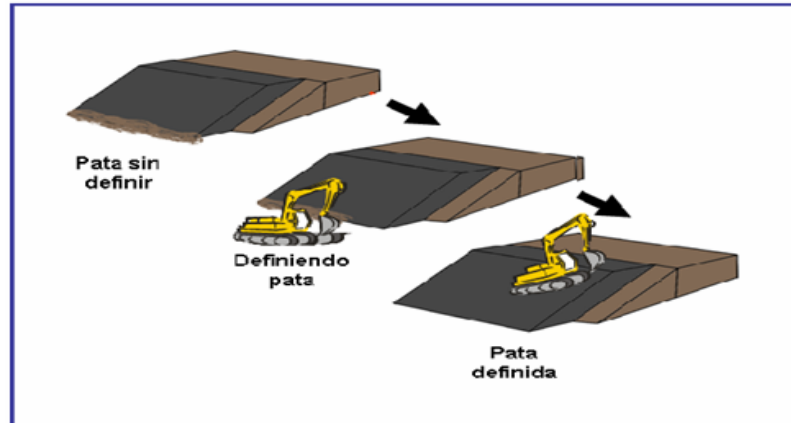


Figura 27. Definición y limpieza de la pata del manto con excavadora y tractor de llantas. Modificado. C.I Prodeco S.A.



- **Limpieza de la costilla del manto.** Se debe limpiar la costilla del manto; esto con el fin recuperar el carbón que se acumule en este sector del bloque, además de evitar contaminación al inicio de la extracción⁵. (Véase **Figura 28**).

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 28. Carbón bien recuperado sobre la costilla



Modificado. C.I Prodeco S.A.

6.2.3 Demarcación y señalización del bloque de carbón. La demarcación y señalización del bloque de carbón es una de las medidas que deben tomarse para tener un control durante el transporte de carbón a los patios y mantener un adecuado orden y organización durante la extracción del manto⁵.

- **Cabeza del bloque de carbón.** El geólogo con el apoyo de muestreadores, debe señalar la cabeza del manto colocando estacas cada 10 metros con cinta del respectivo color de acuerdo a la clasificación de los mantos establecida para tal efecto. La estaca debe señalar el límite exacto del piso del manto de carbón⁵. (Véase **Figura 29**).

Figura 29. Señalización sobre la cabeza del manto de carbón.



6.2.4 Extracción del bloque de carbón. Después de señalado el bloque de carbón, se debe autorizar y garantizar que los factores de pérdidas y dilución fueran eliminados y/o controlados y que el bloque de carbón esté dentro de los estándares establecidos y listo para minar teniendo en cuenta estos parámetros⁵.

- **Autorización del Geólogo.** El geólogo debe ordenar el inicio al operador del equipo de extracción y al equipo de acarreo de carbón (Véase **Figura 30**), la calidad del manto, condiciones del piso para su recuperación, cuidados para evitar y/o controlar las pérdidas y dilución, nombre del manto, etc.

Ningún bloque de carbón se puede minar sin la autorización respectiva del geólogo en turno⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 30. Cargue de carbón autorizado por el supervisor.

Cargue de carbón



- **Tarjetón de identificación de calidad.** Antes de iniciar la extracción del bloque, el equipo de cargue de carbón debe tener en una parte visible de la cabina el tarjetón (Véase **Figura 31,32**), de color rojo, azul o naranja que identifica la calidad del manto de acuerdo a la clasificación establecida⁵.

Figura 31. Tarjetón que identifica la calidad del carbón en extracción y cargue.



⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 32. Tarjetón que identifica la calidad de carbón en el transporte desde el manto hasta el acopio.



- **Sentido de extracción.** En el sentido del avance de la minería. Preferiblemente de sur a norte (Véase **Figura 33**) y de arriba hacia abajo en tramos iguales al ancho del equipo de extracción⁵.

Figura 33. Dirección de extracción de los mantos de carbón.



⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

- **Equipo de extracción.** Solo pueden minar carbón los equipos autorizados para el efecto como son todas las retroexcavadoras pequeñas que están en el tajo, el equipo de cargue de estéril (Véase **Figura 34,35**) solo se autorizará en aquellos mantos donde el espesor sea superior a 3.5 metros (200 y 270) y de acuerdo a los estándares para minado con este tipo de equipos. El quipo de cargue para este efecto solo se limita a O&k 40 (retro). Al utilizar camiones mineros en el cargue se deben limpiar los volcos, ya que pueden tener material estéril adherido⁵.

Figura 34. Explotación de carbón con equipo grande.



Figura 35. Explotación de carbón con equipo pequeño.



- **Extracción con equipo de cargue de estéril.** El geólogo puede autorizar la extracción de carbón con equipo de cargue de estéril (Véase **Figura 36**), siempre y cuando se deje un corte de carbón de mínimo de 0.5 metros por encima del piso del manto con el fin de que una maquina pequeña de extracción de carbón recupere adecuadamente el piso del manto⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 36. Pre-extracción y cargue de carbón con equipo minero de estéril.



Las operaciones de extracción de carbón con equipo minero de remoción de estéril - por su tamaño - puede con facilidad causar contaminación del carbón con material estéril, causando pérdidas significativas en la producción de carbón. Por este motivo, es mejor no solo manejar la supervisión por radio, sino hacer bajar al operador de la máquina, teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad industrial necesarias para no correr riesgo y poder hacer una muy buena visualización de la explicación del trabajo a desarrollar y obtener un excelente desempeño por parte del operador y minimizar riesgos de pérdidas del carbón.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

- **Sitio de descargue de carbón.** El geólogo debe informar a todos los operadores de acarreo de carbón en qué pila se acopiará el carbón (Véase **Figura 37,38**), de acuerdo al supervisor de patio y/o control de calidad en patios⁵.

Figura 37. Trituradora de Carbón en acopio.



Figura 38. Patios de Acopio de carbón.



⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

En la mina hay dos patios de acopio para carbón, este carbón es apilado según las indicaciones del supervisor de patio, donde según la necesidad de las diferentes calidades de carbón por su contenido de azufre pueden ser llevado algún patio característico; de aquí la importancia en la señalización con las estacas, con su respectiva cinta de color correspondiente al manto.

También los tarjetones en la maquinaria participativa en el proceso de extracción, cargue y transporte del carbón al patio destinado, pues toda esta implementación de la metodología ayuda a un mejor entendimiento y un mismo lenguaje en la producción de carbón.

- **Reporte de minado del bloque de carbón.** Es obligatorio el diligenciamiento de un reporte para cada bloque de carbón minado (Coal Mining Quality Report), en el cual se consideran entre otros, los siguientes aspectos: evaluación y control del cumplimiento de los estándares para el minado de un bloque de carbón, evaluación de las pérdidas durante el proceso de extracción, factores geológicos que afectan el manto y acarreo del carbón. Este reporte es la autorización por escrito del geólogo para el minado del bloque de carbón y debe ser firmado por el geólogo en turno⁵.
- **Recuperación de piso.** Minimizar las pérdidas de carbón durante el minado, es uno de los principales objetivos del geólogo de control de calidad; por lo tanto, se hace necesario ser recursivos para lograr estos objetivos y optimizar la maquinaria para no afectar el desarrollo de las operaciones de minería. Por lo anterior, es obligatorio “barrer” el piso del bloque de carbón con la parte superior del balde de la máquina (Véase **Figura 39**) simultáneamente con la extracción del

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

manto. Este procedimiento debe implementarse en todos los pisos de los mantos, sin excepción⁵.

Figura 39. Recuperación del piso del manto barriendo con cucharón. Fuente. C.I Prodeco S.A.



El geólogo debe supervisar constantemente que los operadores realicen este procedimiento a medida que se avance en la extracción y antes de culminar la extracción, realizar el barrido de la traza con equipo tractor de llantas CAT834⁵ (Véase **Figura 40**).

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

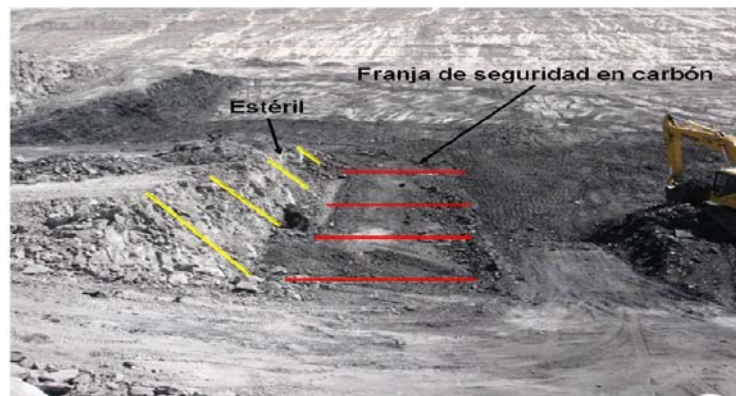
Figura 40. Barrido de la traza del manto



Fuente. C.I Prodeco S.A.

- **Franja de seguridad del minado.** Esta franja de seguridad es muy importante (Véase **Figura 41**), ya que previene riesgos de contaminación del carbón con estéril durante su extracción. También permite dejar marcado el avance, y minimiza el tiempo en un posterior descapote del manto⁵.

Figura 41. Franja de seguridad dejada durante la extracción del manto de carbón.



- **Pérdidas de carbón.** Cualquier pérdida ya sea por operación, por geología, por voladura, por derrumbes, entre otros factores, debe ser reportada en el formato respectivo (Véase **Figura 42**). Estas pérdidas deben ser calculadas in situ por el geólogo⁵.

Figura 42. Formato de Pérdidas de Carbón

CALENTURITAS COAL LOSS REPORT
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

FECHA: _____ TURNO: DIURNO ☐ NOCTURNO ☐ GRUPO ☐

TAJO 300 NIVEL _____ PANEL _____ MANTO _____

LONG: _____ CUELGA: _____ ESP. (m): _____ EQUIPO _____

	TONELADAS		TONELADAS
AUTOCOMBUSTION		CONSTRUCCION CANAL	
CONSTRUCCION RAMPA		CONSTRUCCION SUMIDERO	
VOLADURA		EXCESO DE LIMPIEZA DE MANTO	
ARRASTRADO LLUVIA		GEOLOGICA	
COMIDO POR PALA		DERRUMBE	

SI ES GEOLOGICA EXPLIQUE EL TIPO: _____

GEOLOGO SUPERVISOR

OBSERVACIONES _____

Fuente. C.I Prodeco S.A.

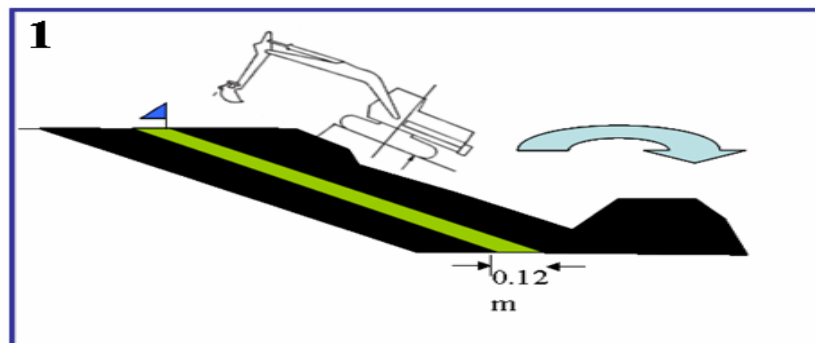
- **Extracción de mantos con intercalación.** Para el minado del carbón en la mina Calenturitas se han establecido parámetros para aquellos mantos que contienen partings y que afectan tanto la calidad del carbón como la optimización de la trituradora por la dureza del parting como es el caso del manto 260; es obligatoria la limpieza de este parting durante la extracción de este manto por las razones antes expuestas. En el caso de las intercalaciones de los mantos 250 y

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

270 que son de espesores entre 3 y 10 centímetros y relativamente suave, se minarán junto con el manto de carbón⁵.

A continuación, se esquematiza el proceso a seguir para el minado del manto 260 (Véase **Figura 43, 44, 45**).

Figura 43. Estacar el carbón hasta el techo del parting según clasificación establecida, minar el carbón hasta el techo de la intercalación.



Fuente. C.I Prodeco S.A.

Figura 44. Supervisar que se limpie bien el parting sobre el techo del carbón inferior. Fuente. C.I Prodeco S.A.

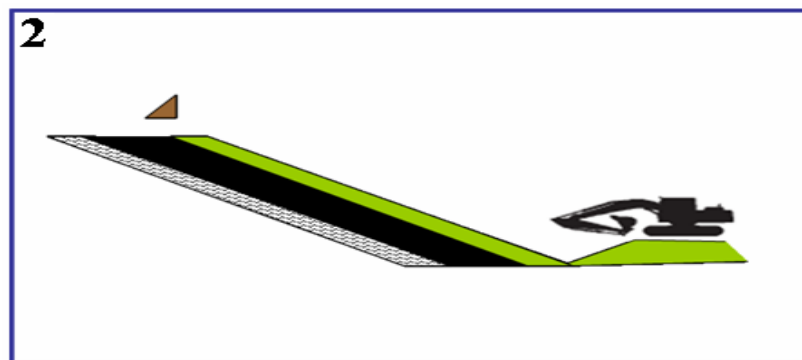
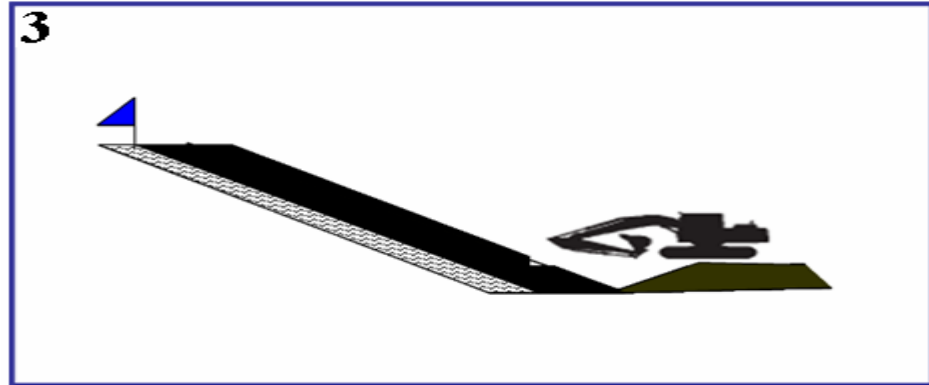


Figura 45. Clasificación establecida con la cinta de color en la estaca, y esta a su vez clavada marcando el piso del manto.



Fuente. C.I Prodeco S.A.

- **Recuperación de Carbón Interfase.** Corresponde a la capa de 5 cm de carbón que queda encima del piso después del minado del manto de carbón. Esta operación debe realizarse para todos los mantos de carbón y bajo la supervisión del geólogo de campo con el equipo apropiado (Véase **Figura 47,48**), (Tractor de llantas Cat 834, Cargador). El carbón obtenido se denomina carbón de interfase; (recuperación de piso + recuperación de traza = carbón interfase) el cual debe ser muestreado y enviado a los patios con previa coordinación entre el geólogo de tajo y el supervisor de patio para indicar el sitio de acopio y/o descargue⁵.

Cuando la operación se realiza con el equipo Tractor de llantas Cat 834 (Véase **Figura 46**) se coloca el equipo de frente al bloque en extracción, subiendo el equipo hasta la parte superior de la cuelga con la cuchilla levantada luego con el equipo en reversa⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 46. Recuperación de carbón del piso de manto en reversa.



Figura 47. Recuperación de carbón del piso de manto de frente.



Figura 48. Recuperación de carbón sobre la traza.



Con la parte posterior de la cuchilla se baja todo el carbón posible que se encuentra en el piso del manto hasta la pata de la cuelga, luego se apila todo el carbón junto con el que se encuentra suelto en la traza del manto⁵.

Cuando se realiza con equipo Cargador (Véase **Figura 49, 50**) este debe subir hasta la parte superior y bajar de frente barriendo con todo el carbón posible. Luego se apila junto al carbón suelto en la traza del manto. Este equipo resulta ser muy práctico ya que puede realizar operación de cargue⁵.

Dependiendo del buzamiento y las condiciones del piso que permita la subida del equipo se puede realizar el barrido de frente o en reversa⁵.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 49. Ordenando el carbón recuperado para un posterior cargue.



Figura 50. Cargue de carbón con cargador



Fuente. C.I Prodeco S.A.

6.2.5 Transporte y acopio. Con el fin de controlar y organizar el transporte y descargue del carbón, se establecieron tarjetones de colores para el equipo de

extracción y transporte que identifican el carbón en extracción, transporte y en acopio, por tal motivo el geólogo supervisor debe⁵:

Indicar a todos los operadores de las dobletroques el color del tarjetón de acuerdo a la calidad del bloque de carbón en extracción y las pilas donde se debe descargar en los patios. Este tarjetón debe estar colgado en el parabrisa, de tal manera que todos puedan identificar la calidad del carbón en extracción⁵.

Supervisar y controlar el cargue de carbón para evitar pérdidas por derrame durante su transporte desde el pit o tajo hasta el acopio⁵.

Llamar al supervisor de trituradora al inicio de cada turno y unificar criterio respecto a la hora de inicio de trituración, para enviar carbón directamente a la trituradora de acuerdo a las dosificaciones establecidas para la trituración⁵.

Si por alguna razón la trituradora no pudiera iniciar labores a la hora establecida y/o presentara problemas durante el turno, el supervisor de trituradora debe informar al geólogo de la situación y del tiempo estimado de stand by, así el Supervisor geólogo redireccionará el descargue hasta las pilas respectivas⁵.

Informar al supervisor de trituradora y muestreadores sobre el nombre del manto, calidad, toneladas estimadas y localización del bloque de carbón⁵.

6.2.6. Clasificación de mantos de carbón. En la mina se clasifican los mantos según su calidad y comercialización, al venderlos como carbones para uso energético, de donde debe tener valores altos de poder calorífico y un bajo

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

⁵ CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

contenido de azufre, para tal fin en el Departamento de Geología se divide la calidad de los carbones en tres colores (Véase Figura 51).

Figura 51. Clasificación de calidad según el color

Mina Calenturitas	
MANTO	ESP
400	2,04
390	0,75
380	1,25
370	0,71
360	0,94
359	0,36
350	0,64
345	0,61
340	0,74
330	2,77
329	0,52
320	0,31
310	1,23
300	1,08
290	0,52
280	0,64
270	3,67
260	1,26
250	1,6

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

240	1,74
220	0,45
210	1,02
200	3,8
199	1,12
	Mayor a 11300 Btu/ar
	Entre 11000 y 11300 Btu/ar
	Alto Azufre

Fuente. C.I Prodeco S.A.

6.3 SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO

Consiste en establecer y unificar los procedimientos para el diseño de secciones geológicas para la voladura bajo manto⁴.

6.3.1 Elaboración Preliminar De Perfiles en Campo. Se obtienen a través de:

- Medida de trazas (perpendicular al rumbo del manto)
- Toma de datos de rumbo y buzamientos
- Toma de espesores de mantos e interburden⁴

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Figura 52. Realización de perfiles en campo sobre área de voladura.



6.3.2 Arreglo Del Área De Perforación. El área de perforación se define como un sitio de la mina donde se realizará el proceso de perforación (Véase Figura 53) como primera etapa del proceso de voladura. Ésta debe ser preparada por el Departamento de Producción y exigir el cumplimiento de un área lo más nivelado posible, minimizar las ondulaciones y las formas irregulares; debe estar libre de material suelto o rocas de fácil acceso y limitada por bermas⁴.

Figura 53. Área de perforación, nivel 5, buscando manto 270.



6.3.3 Patrón O Malla De Perforación. El patrón o malla de perforación es definido en acuerdo con el grupo de Perforación y Voladura. Se consideran los siguientes ítems principalmente⁴:

- **Litología presente en los interburdens.** En el tajo o pit se encuentran litologías donde se presentan rocas con diferente dureza, siendo la dureza el ítem más importante a la hora de definir el patrón de perforación.

En el tajo se encuentran paquetes de arcillolitas limosas y areniscas grises compactas.

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

En la mina se trabajan con dos patrones primordiales de perforación para el diseño de voladura (Véase **Figura 54, 55**) .

Areniscas. Patrón malla de perforación 5*6

5*6 es la distancia que se deja entre estacas, donde el primer número representa la distancia entre estacas en fila y el segundo la distancia entre estacas en columnas.

Arcillolitas. Patrón malla de perforación 7*8

Figura 54. Malla de perforación 5*6.

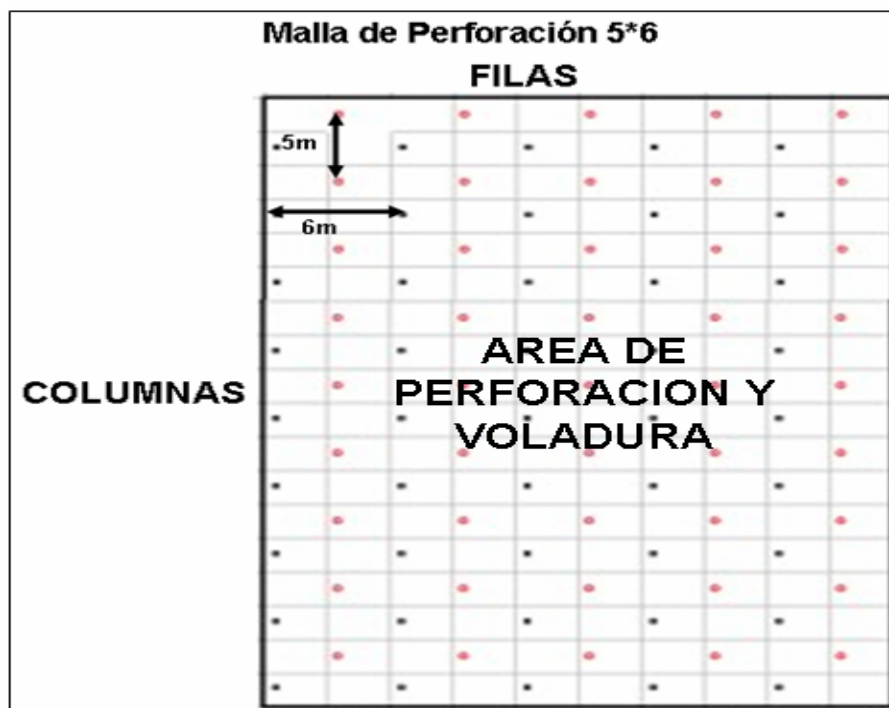
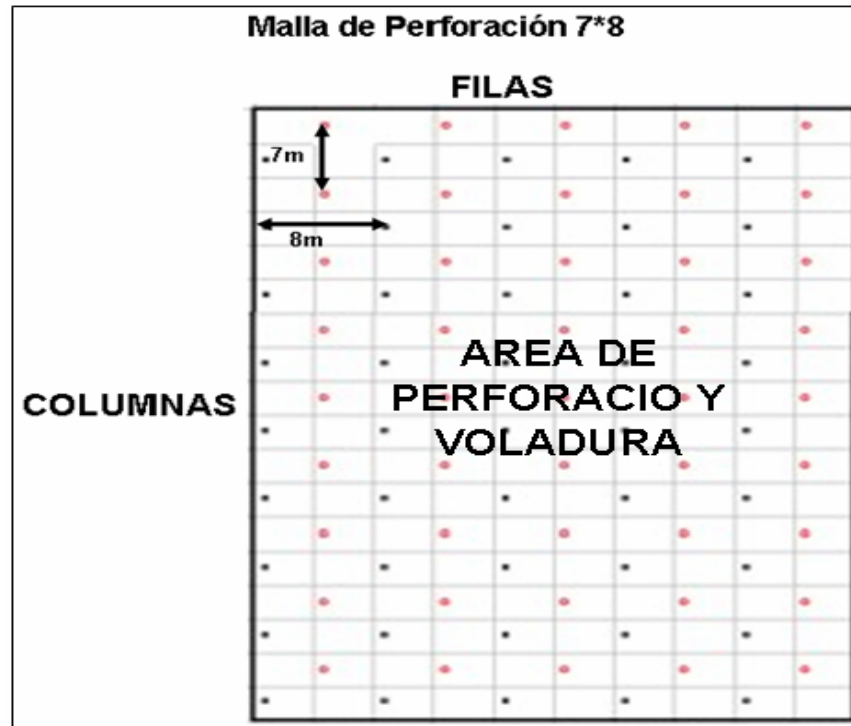


Figura 55. Malla de perforación 7*8.



Las mallas de perforación utilizadas en la mina, en algunos casos pueden ser diferentes a 5*6 y 7*8, pues en algunos sectores se encuentran paquetes de roca con un porcentaje mayor de arcillositas o areniscas, pero el objetivo primordial de la selección de esta malla de perforación es de obtener una mayor fracturación en las rocas sin afectar el carbón; también hay que decir, que una buena selección de este patrón de estacado ahorra los costos en la voladura, pues si se utiliza una malla más cerrada, se gasta más explosivo en la detonación, sin tener en cuenta que una roca con menos dureza no requiere de tanto explosivo; por tanto, el patrón de perforación puede ser más amplio.

- **Diámetro del barreno de perforación a utilizar.** Este diámetro implica que entre mayor sea el agujero o el diámetro del barreno, mayor será el explosivo a

utilizar y la fracturación de la roca. En la mina los taladros (Véase **Figura 56**) utilizan broca con diámetro 7 3/8 pulgadas, hay un taladro que poco se utiliza que tiene una broca de 5 pulgadas.

Figura 56. Taladro en área de perforación.



Luego de la definición del patrón de perforación, topografía marca el área a perforar, con la malla seleccionada; estacando todos los pozos del área definida, utilizando un patrón geométrico triangular; cuando la voladura tiene patrones diferentes en el área planeada, se deben colocar estacas con cintas de color naranja indicando la separación de éstas; además tomar el polígono del área planeada para la voladura (vértices).

Las filas deben enumerarse de la siguiente forma:

Enumerar filas pares e impares. Las impar inician en **F11**, las par inician en **F12**, los pozos de las filas impar se nombrarán con números impar iniciando en **P11**. Los de las filas pares se nombrarán con números pares. Iniciando en **P10**. Las

filas por lo general aumentan de Norte a Sur, la numeración de los pozos aumentan de pared alta a pared baja.

El comenzar tanto filas como pozos con estos números (F11, F12, P10, P11), tiene la finalidad de poder ampliar áreas durante o post proceso de diseño de voladura, sin tener que corregir, solo añadir nuevos diseños en el proceso de la voladura del área definida (Véase **Figura 57**)⁴.

Figura 57. Área numerada con estacas a un patrón determinado.

Numeración de filas									
F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	P10		P10		P10		P10		P10
P11		P11		P11		P11		P11	
	P12		P12		P12		P12		P12
P13		P13		P13		P13		P13	
	P14		P14		P14		P14		P14
P15		P15		P15		P15		P15	
	P16		P16		P16		P16		P16
P17		P17		P17		P17		P17	
	P18		P18		P18		P18		P18
P19		P19		P19		P19		P19	
	P20		P20		P20		P20		P20
P21		P21		P21		P21		P21	
	P22		P22		P22		P22		P22
P23		P23		P23		P23		P23	
	P24		P24		P24		P24		P24
P25		P25		P25		P25		P25	
	P26		P26		P26		P26		P26
P27		P27		P27		P27		P27	

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

6.3.4 Definición de Profundidad de Perforación. El Departamento de Producción y Planeación suministrará a Geología los datos de la profundidad de perforación del área planeada; incluyendo la sobreperforación (0.5 metros). Con esta información y las secciones de campo, se planea qué pozos deben llegar hasta el techo del manto de acuerdo a lo requerido; con el objeto de evitar nivelaciones o incurrir en sobrecostos por sobreperforación⁴.

6.3.5 Identificación de Pozos Perforados. Topografía VBM realizará el levantamiento topográfico de todos los pozos perforados; entregando en campo físicamente un preliminar con las cotas de los pozos y luego procesar y enviar esta información por la red en formatos DXF, PDF y CSV.

Como control se debe verificar que el diseño del área de perforación, corresponde al planeado. Además que los pozos tengan su identificación respectiva⁴.

6.3.6 Registro de Barrenos de Vbm. Se debe iniciar el registro de los pozos en dirección oriente occidente de acuerdo al orden de aumento de los pozos en la fila y al aumento de las filas de frente al próximo pozo a registrar. Esto asegura una mejor visual al momento de ubicar el vehículo lo más cercano posible al pozo, para evitar el roce de la sonda con las paredes del pozo⁴.

El responsable del control de este procedimiento es el registrador encargado del proceso de registro geofísico de los pozos perforados para voladura bajo manto; este registrador va a trabajar con el vehículo denominado unidad de registro geofísico. Cabe mencionar que el registrador está supervisado por el geólogo de voladura, quien debe saber y manejar todo el procedimiento para que el trabajo sea exitoso.

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

Los pasos a seguir para el buen desarrollo del registro son⁶:

El operador de registro debe hacer la inspección preoperacional del vehículo a diario, según las pautas establecidas por el Departamento de Seguridad de la mina⁶.

Revisar las conexiones eléctricas de las baterías en seco, correa del alternador auxiliar que alimenta a las baterías, conexión del cabezal de la sonda con la sonda⁶.

Se debe proveer de marcadores, planillero, limpiador de contactos eléctricos, cinta, estacas de madera, trapos, formatos de registros geofísicos, lapiceros, marcadores, radio de comunicación. Así mismo para la labor a realizar, debe contar como mínimo con los elementos de protección personal tales como casco, botas, gafas, guantes, etc⁶.

Se hace necesario bajarse del vehículo teniendo puestos todos los elementos de protección personal, luego caminar cuidadosamente, para hacer una inspección visual del área, teniendo en cuenta la irregularidad del terreno y la boca de los pozos perforados. En este recorrido a pie determina el número de filas de la voladura, sector donde se atraviesa los mantos, malla de perforación, e identifica la marcación de las estacas por topografía⁶.

⁶ Procedimiento De Registro De Barrenos Para Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

⁶ Procedimiento De Registro De Barrenos Para Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

Toma de registro. El operador enciende el generador y el computador y mueve el vehículo en reversa de tal forma que la sonda quede en la boca del pozo. A partir de este momento, debe seguir las instrucciones definidas en el software de registro geofísico de Century Geophysical Corp., y consignar los datos de la identificación de los pozos y nombre del registrador (Véase **Figura 58**), entre otros. Al mismo tiempo el operador va anotando en el formato de registro geofísico, los pozos que van siendo registrados y las profundidades que alcanzan según el registro. Después de tomado el registro de un pozo, la sonda debe subirse de tal forma que quede suspendida⁶.

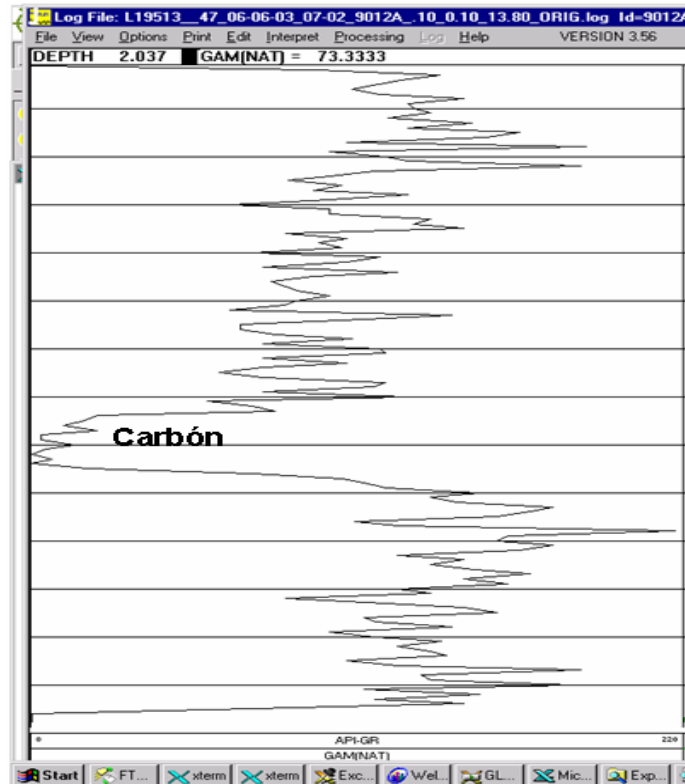
Entrega de información al geólogo, archivo físico y digital de la información tomada⁶.

Figura 58. Registro de área de voladura bajo manto.



⁶ Procedimiento De Registro De Barrenos Para Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma

Figura 59. Pantallazo de registro gama natural en barreno con presencia de carbón.



6.3.7 Diseño De Perfiles Geológicos. Esta a cargo del grupo de geología de voladura bajo manto VBM (Véase Figura 60). Luego de tener todo el levantamiento topográfico de los pozos perforados, se procede a la elaboración de los perfiles geológicos (Véase Figura 61) para cada una de las filas según el diseño. El procedimiento de elaboración de los perfiles geológicos es el siguiente⁴:

Localización de los pozos (puntos) perforados en la fila a diseñar.

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

Tomar una cota de referencia o datum (debe ser igual para todos los perfiles).

Representar con un punto la cota correspondiente a cada pozo utilizando escala vertical y horizontal de 1:500.

Unir los puntos de cada pozo para obtener el perfil topográfico.

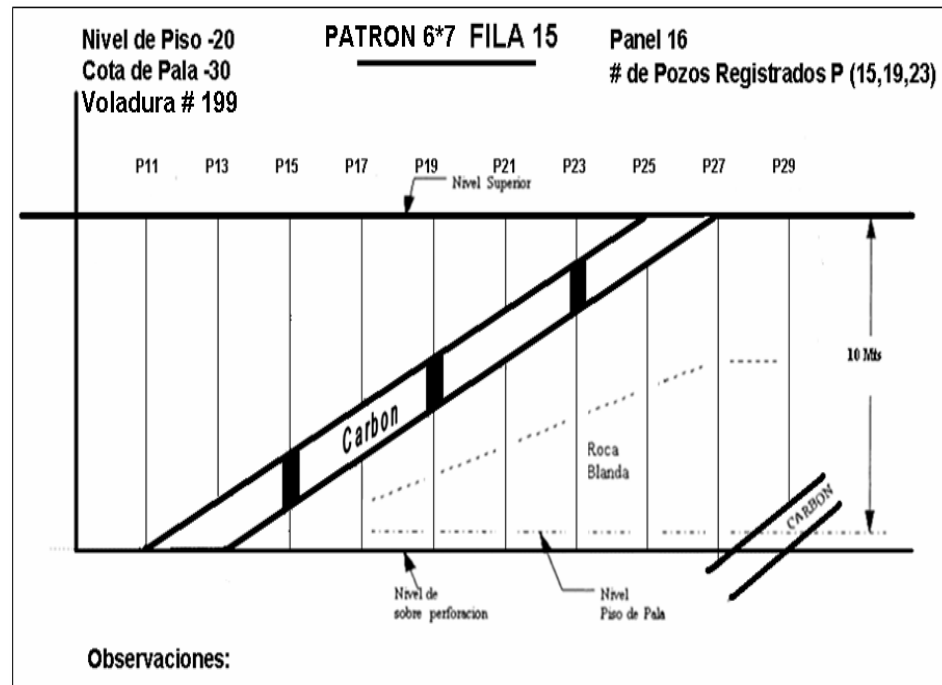
Marcar para cada pozo la información de techos y pisos de cada manto tomando el nivel topográfico como referencia el cero (0) escala 1:500.

Unir con líneas los datos de techos de un mismo manto registrado en diferentes pozos, de igual manera con los pisos⁴.

Figura 60. Realizando perfiles geológicos en oficina con el grupo de geología para VBM.



Figura 61. Perfil geológico para diseño de cargue



Fuente. C.I Prodeco S.A.

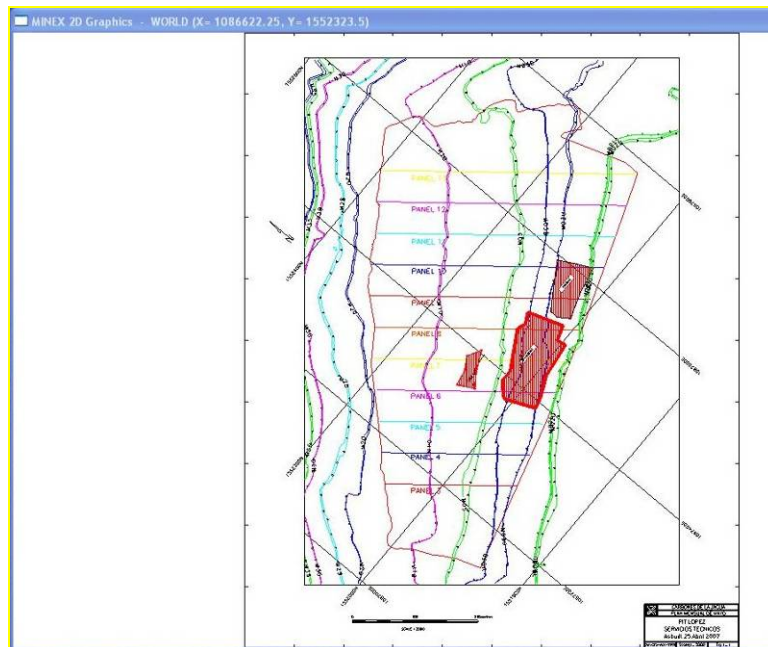
En las filas donde no se tenga información de registro geofísico, se interpolará con la fila par o impar vecina, después de asegurarse que no haya anomalías de tipo estructural tales como fallas, pinchamientos, etc. Aplicación del criterio geológico.

A medida que se van construyendo los perfiles geológicos, deben ser entregados inmediatamente a Perforación y voladura par su diseño; los cuales deben contener la siguiente información: Número de la voladura bajo manto. Número de la sección o fila. Nivel, manto(s), nombre de pozos, patrón empleado y escala de diseño (Véase **Figura 61**). Antes de entregar a perforación y voladura se debe sacar una copia para cada perfil para archivo⁴.

⁴ Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

6.3.8 Actualización de Plano de Áreas Voladas. La información de los vértices (polígono del área de voladura), enviado por topografía VBM; se plasma en un Plano de actualización de las voladuras bajo manto. En el cual se debe incluir el nivel de cota de diseño de la voladura (profundidad de perforación) y el nombre de la voladura. Este plano base se debe actualizar permanentemente (mensual) con el Asbuilt de la mina⁴ y el departamento encargado de su realización es planeación.

Figura 62. Plano de actualización de áreas voladas.



6.3.9 Inspección Post voladura. Se realiza una auto evaluación del área de voladura y en caso de presentar alguna anomalía tales como carbón volado; tomar los correctivos inmediatos⁴, en primer lugar se evalúan los pozos afectados,

SUPERVISIÓN EN VOLADURA BAJO MANTO Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXTRACCIÓN DEL CARBÓN

después se calculan las pérdidas de carbón y posteriormente se pasa un reporte a la Superintendencia de Geología y se informa de la situación al geólogo supervisor de tajo encargado de la extracción de carbón, para que tome las medidas necesarias en el descapote y se minimicen las pérdidas de carbón.

Figura 63. Pérdidas de carbón producto de la VBM.



6.4 EVALUACIÓN PÉRDIDAS DE CARBÓN MANTO 270

Se calcularon las pérdidas de carbón por estandarización y recuperación, además se analizó la influencia de la voladura sobre dichas pérdidas.

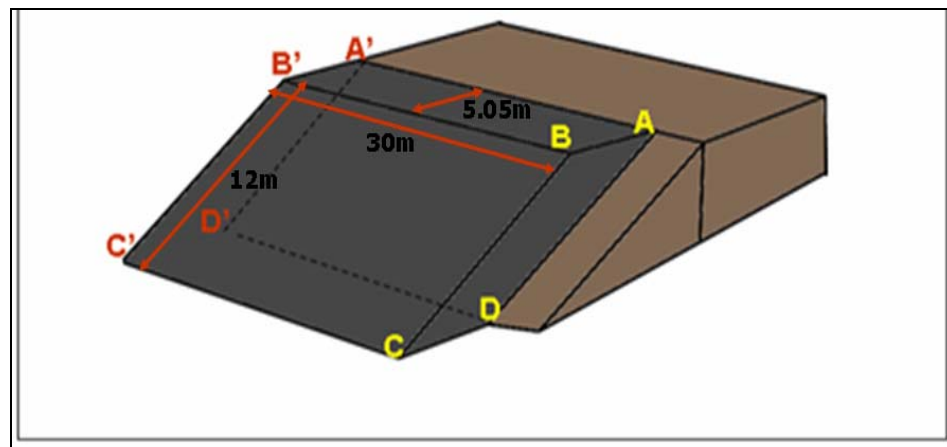
6.4.1 Selección y ubicación del área de investigación. Se ubicó de acuerdo al plan de avance de la mina donde esté involucrado el programa de perforación y

voladura que es suministrado por el Departamento de Planeación. Se tomó un sector donde en dicho proceso, esté involucrado el manto 270.

6.4.2 Cálculo de Volumen Teórico de Carbón a Recuperar

Cálculo de volumen.

Figura 64. Bloque diagrama del manto 270.



Modificado. C.I Prodeco S.A.

El tramo de manto 270 presenta una cuelga de 12 metros, una longitud en la cabeza de 5.20 metros y longitud en el rumbo 30 metros.

VOLUMEN = 1818 m³

Densidad del carbón = 1.3K/m³

TONELADAS DE CARBÓN = 2363.4 ton

6.4.3 Cálculo real del volumen minado de carbón. El volumen se midió con la ayuda de base carbón y base 1 que suministraran el dato de cargue del área seleccionada para el estudio.

Número de viajes Doble troque = 118

Cada Doble troque es pasado con un cargue = 20 ton

Carbón extraído y cargado = 2360 ton

6.4.4 Cálculo de Volumen de Carbón Sin Recuperar. El carbón sin recuperar se midió sobre la cabeza y techo del manto estandarizado. También se realizó una recuperación del carbón sobre el piso posterior a su minado.

Recuperación del carbón restante sobre el piso del manto, posterior a la finalización del minado

Estas pérdidas son generadas por la no recuperación del carbón en el piso del manto durante su minado.

Para el cálculo del carbón recuperado sobre el piso del manto, posterior a su extracción, se tomó 10 m de longitud en el rumbo y 6 m de longitud en el buzamiento del piso del manto.

Figura 65. Piso del Manto 270, posterior a su extracción.



El carbón que queda sobre el piso del manto al finalizar la extracción, es carbón que la excavadora no puede extraer o cargar debido a que el contacto del plano estratigráfico entre el carbón y el material estéril puede ser frágil y con el menor movimiento al maquinar puede desprenderse y contaminar el carbón, cabe mencionar que cuando el manto a extraer es producto del proceso de voladura bajo manto, este contacto es mucho mas frágil y se corre más riesgos. También se hace necesario aclarar que el carbón que queda sobre el piso después de su minado es el resultado de un tamaño muy pequeño, donde los dientes de la máquina al intentar cargar no puede.

Figura 66. Distancias medidas en el piso del manto con decámetro.



En las distancias tomadas, fue el área donde se desarrollo el cálculo del carbón sin recuperar en el piso del manto 270.

Para calcular el carbón sin recuperar se realizó un barrido sobre el piso con escobas industriales, cargando el carbón con pala en costales y pesándolos.

Figura 67. Barrido con escoba industrial en piso del manto 270.



Figura 68. Avance del barrido sobre el piso del manto de carbón.



Figura 69. Después del barrido del carbón, su cargue para el pesaje.



Número de costales cargados = 8

Peso de los costales cargados = 380 kilogramos

TONELADAS DE CARBÓN RECOGIDAS DEL PISO DEL MANTO = 0.38T

Por observación se identificó que el área del piso del manto 270 en su totalidad presentaba las mismas características de pérdida del carbón sobre el piso; por tal motivo, se tomó la decisión de cubrir un área más pequeña y extrapolar los datos de carbón.

Por consiguiente: 0.38 ton de carbón recuperado en 10 m de longitud en el rumbo y 6 m de longitud en el buzamiento del piso del manto. Es equivalente a 2.28 ton

de carbón en 30 m de longitud en el rumbo y 12 m de longitud en el buzamiento del piso del manto, que es la medida que cubre el área en su totalidad.

Cálculos del ejercicio

Toneladas teóricas de carbón = 2363.4 ton

Toneladas reales de carbón recuperadas = 2360 ton

Toneladas de carbón recuperadas en el piso del manto posterior a la extracción y cargue del mismo = 2.28 ton

El resto de carbón que no se recupera se le atribuye a pérdidas de carbón generadas durante el proceso de estandarización del manto para su extracción, entre otros = 1.12 ton

Posteriormente se le realizó al carbón recogido sobre el piso del manto 270 (0.38 ton) un tamizado, un análisis de calidad y un estudio de viabilidad económica para su futura recuperación.

Lo que se observó en el análisis granulométrico (Véase **Tabla 1**) del carbón muestreado del piso del manto 270, es que el mayor porcentaje de la muestra es el de menor tamaño, confirmando que el carbón que queda después de la extracción, por maquinación de la excavadora es el producto de la impotencia del balde de la máquina y sus dientes para poder recuperar el tamaño de 1/4", 1/3", 1" y 2". El tamaño de 4" y 3" puede ser atribuido a fallas en la manipulación de la máquina por parte del operador.

Tabla 1. Tabla de granulometría.

EJERCICIO DE GEOLOGIA	
GRANULOMETRIA	
% ACU/LADO	
4"	97,74
3"	94,57
2"	79,32
1"	53,14
1/2"	32,80
1/4"	19,28

6.4.5 Análisis e Interpretación de Resultados Próximos. Este análisis se realizó comparando los resultados obtenidos en el muestreo de canal y el carbón recuperado sobre el piso del manto 270 posterior a su extracción y cargue.

Tabla 2. Análisis próximos de muestreo en canal(A) vs. Carbón recuperado en el piso del manto 270(B).

A		B	
CODIGO	M/CANAL	CODIGO	M/EXPLO
MANTO	270	MANTO	270
PANEL	27	PANEL	27
NIVEL	15	NIVEL	15
TIPO	ROM	MINA	C/TURITA
MINA	C/TURITA	H.TOTAL	10,99
TONS	1427	CENIZAS	4,88
H.SUP	5,00	M. VOLATIL	36,84
H.RES	8,84	AZUFRE	0,32
H.TOTAL	13,40	P.CAL.	11952
CENIZAS	2,97		
M. VOLATIL	36,67		
C.FIJO	46,96		
AZUFRE	0,32		
P.CAL.	11698		

En los análisis próximos de los carbones se obtuvieron resultados muy buenos como carbón de carácter energético, al mirar el P.CAL. de 11.284 BTU/lb, del carbón muestreado en canal sobre la misma área, comparado con los datos arrojados por el muestreo del carbón recuperado donde su P.CAL. fue de 11.698 BTU/lb son valores muy cercanos donde están por encima de los 11.000 BTU/lb.

En cuanto a los valores de ceniza se puede observar, que es más alto en el carbón recuperado en el piso del manto, producto del contacto directo sobre el material estéril que contribuye al aumento de la ceniza, con la presencia de detritos.

El azufre es un valor muy importante, pues en la comercialización del carbón en el mercado mundial, la presencia de azufre es una limitante por los cuidados ambientales. Por tal motivo, se deduce que el carbón recuperado en el piso arroja un excelente resultado en sus análisis próximos, dejando como resultado su viabilidad en cuanto a su calidad.

7. CONCLUSIONES

- Tanto el manejo de la base de datos, como el trabajo desarrollado en la columna estratigráfica generalizada del sector C, ayudó a generar un conocimiento del manejo de la mina por parte del área de geología.
- El descapote de los mantos de carbón y la definición de los pisos durante la extracción, son los procesos donde más se generan pérdidas.
- El geólogo supervisor es el único en la mina que puede autorizar la extracción y cargue del carbón, por tal motivo cualquier falla en estos procesos es el directo responsable.
- Para tener éxito en el cargo como supervisor en control de calidad, fue necesario seguir plenamente las indicaciones de los parámetros de manejo en la estandarización, en el cargue y transporte de los mantos de carbón, junto con una excelente comunicación con la producción y operadores.
- La voladura bajo manto es un proceso nuevo en la mina, donde la geología juega un papel fundamental, pues el conocimiento estratigráfico y estructural de los mantos de carbón y las rocas presentes en los interburden, facilita la toma de datos en el área de voladura para una realización previa de los perfiles geológicos y la selección de un adecuado patrón de perforación.
- Se demostró que a pesar de que los parámetros de estandarización de los mantos de carbón para su extracción son completos y estrictos para minimizar pérdidas y contaminación del carbón, las pérdidas de carbón que se midieron en

este proceso sobre el manto 270, son significativas, si se calcula que estas pérdidas se dan con gran generalidad en la producción de la mina.

- El carbón recuperado en el piso del manto 270, posterior a su extracción, es carbón de la misma calidad que el carbón que se recuperó por maquinación.
- El carbón recuperado por barrido con escoba industrial deja ver debilidades por parte de la maquinaria existente para optimizar la recuperación del carbón durante su extracción.
- Mi formación como geólogo, analítico, organizativo, recursivo y con gran liderazgo, aprendidos e impulsados por todos los docentes de la carrera, me permitió lograr un excelente desempeño en el trabajo de supervisor de control y calidad en la extracción del carbón y voladura bajo manto.

8. RECOMENDACIONES

- Con una buena interpretación de los registros gama natural como complemento en la elaboración de los perfiles geológicos, se obtiene una mayor certeza de las posibles variaciones del comportamiento de los mantos de carbón en el subsuelo, y así se puede entregar un perfil más fiel a la realidad, para un buen diseño de cargue, realizando una excelente voladura.
- Para mejorar el proceso de VBM y no generar pérdidas de carbón significativas, es necesario la inversión de capital por parte de las directivas, sistematizando este proceso, que no permite el más mínimo error en la ejecución de perfiles, en el diseño de cargue y en el cargue mismo. También es necesario implementar en los taladros un sistema GPS para mejorar la ubicación en el momento de perforar, ya que con gran regularidad los patrones de perforación en la mina no son respetados, llevando esto a problemas en el proceso, reflejado en pérdidas.
- Cuando se lleva a cabo la limpieza o la estandarización del manto de carbón a minar, por una mala interpretación de la traza de la cabeza del manto, puede quedar tapada con material estéril y a su vez quedaría este carbón enterrado causando pérdidas; por consiguiente, por los medios de mecanización necesario hay que liberar la cabeza del material estéril.
- En el ejercicio desarrollado sobre el piso del manto 270, permite ver la oportunidad de un estudio futuro sobre la recuperación de este carbón, que mantiene la misma calidad del carbón extraído, por tanto comercialmente viable.

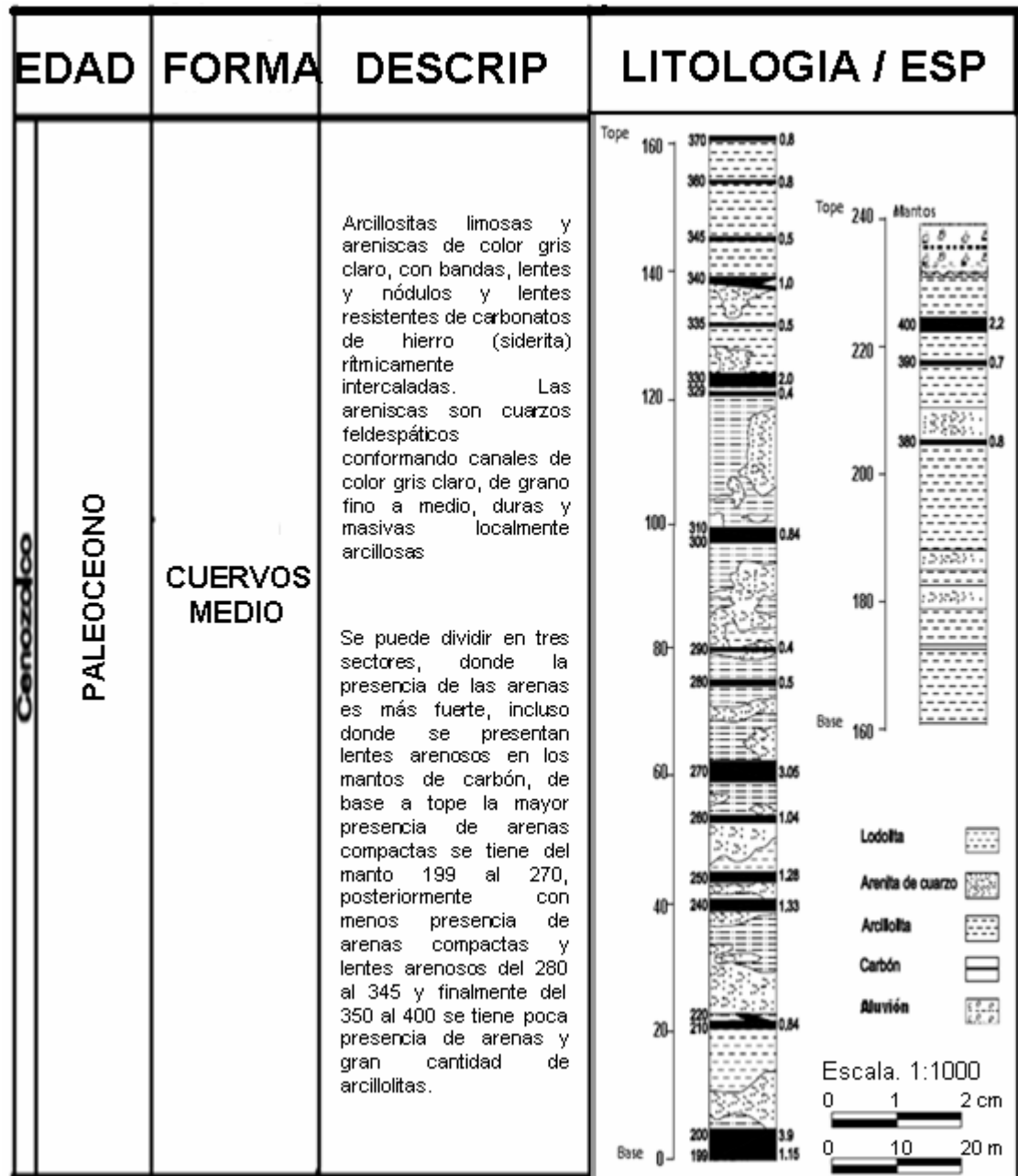
- Para lograr mejorar el porcentaje de carbón recuperado durante la extracción de carbón en la mina, es necesario aumentar la exigencia sobre el cumplimiento de los estándares de calidad provistos por la Superintendencia de Geología, una de las formas de mejorar en este punto es, incrementando la supervisión por parte del geólogo durante todo el proceso. También realizar capacitaciones mensuales con los operadores y todo el personal que interactúa con el proceso de extracción del carbón, para evaluar pérdidas y procedimientos mal implementados, con el fin de generar un ambiente de compromiso con el proceso y generar cambios positivos que ayuden a mejorar, donde todos puedan hablar el mismo idioma en la extracción del carbón.
- Una integración entre el recurso humano y la optimización en la maquinaria; como por ejemplo, implantes sobre los baldes que contengan cerdas que sean lo suficientemente duras para aguantar el barrido del carbón que se recupera (piso, traza) y lo suficientemente suaves para no remover el estéril del piso, se podría alcanzar unas mejoras significativas en la recuperación del carbón.

BIBLIOGRAFÍA

1. El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad. 2004. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá.
2. Curso Básico de Explosivos y Diseño de Voladuras I. 1997. Intercor – El Cerrejón Norte. Colombia.
3. GUTIERREZ ALVAREZ, Mario, VILLADIEGO DEL PORTILLO, Edgar, 2003. Diseño Sistematizado de Voladuras en el Cerrejón. Bogotá.
4. Procedimiento Diseño De Secciones Geológicas De Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.
5. CARRILLO BOLAÑO, Fabio, 2006. Procedimientos para Minado de Carbón en la Mina Calenturitas. Gerencia de Servicios Técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.
6. Procedimiento De Registro De Barrenos Para Voladura Bajo Manto. 2008. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.
7. Procedimientos Toma de Muestra en Canal. 2007. Gerencia de Servicios técnicos, Mina Calenturitas, La Loma.

ANEXOS

ANEXO A. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA, CALENTURITAS



Modificado. C.I. PRODECO S.A.