



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES: YESID EDUARDO ASSIA CABALLERO**  
**JESÚS ALBERTO HIGUERA MENDEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS**

**DIRECTOR: YESID CASTRO DUQUE**

**TITULO DE LA TESIS: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD MINERA DE LA MINA LA CARLOTA, UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE LA DON JUANA, MUNICIPIO DE BOCHALEMA, NORTE DE SANTANDER**

### **RESUMEN**

En el siguiente trabajo se realizó la topografía del área de estudio, para la ubicación y descripción de las labores existentes. Se realizó el estudio geomecánico del macizo rocoso, para la elección del método de explotación más adecuado. Se realizó la planificación y programación del proyecto, que garantice la viabilidad técnica de la explotación del yacimiento. Además se realizó la identificación de los impactos ambientales que generará la explotación, para así plantear la forma de mitigación. Se efectuó la evaluación económica y financiera del proyecto, para determinar la factibilidad económica minera del mismo.

### **CARACTERISTICAS**

**PAGINAS\_243\_ PLANOS\_7\_ ILUSTRACIONES \_\_\_ CD-ROM\_1\_**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD MINERA DE LA MINA LA CARLOTA, UBICADA  
EN EL CORREGIMIENTO DE LA DON JUANA, MUNICIPIO DE BOCHALEMA,  
NORTE DE SANTANDER**

**YESID EDUARDO ASSIA CABALLERO  
JESÚS ALBERTO HIGUERA MENDEZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2008**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD MINERA DE LA MINA LA CARLOTA, UBICADA  
EN EL CORREGIMIENTO DE LA DON JUANA, MUNICIPIO DE BOCHALEMA,  
NORTE DE SANTANDER**

**YESID EDUARDO ASSIA CABALLERO  
JESÚS ALBERTO HIGUERA MENDEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
de Minas**

**Director  
YESID CASTRO DUQUE  
Ingeniero de Minas**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE MINAS  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2008**



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACUTLAD DE INGENIERIAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA DE MINAS

**ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO**

FECHA: Cúcuta, 21 de agosto de 2008

HORA: 4:00 p.m.

LUGAR: SALA 3 CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA DE MINAS

TITULO DE LA TESIS: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD MINERA DE LA MINA LA CARLOTA, UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE LA DON JUANA, MUNICIPIO DE BOCHALEMA, NORTE DE SANTANDER"

**JURADOS:** Geo. JAVIER ZAFRA VELANDIA  
Ing. YHAN CARLOS DELGADO  
Lic. ALBERTO SARMIENTO CASTRO

ENTIDAD: U. F. P. S.  
ENTIDAD: U. F. P. S.  
ENTIDAD: U. F. P. S.


**DIRECTOR:** Ing. YESID CASTRO DUQUE

| NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES     | CODIGO  | CALIFICACIÓN |              |             |
|-------------------------------|---------|--------------|--------------|-------------|
|                               |         | NUMERO       | LETRA        | (A) (M) (L) |
| YESID EDUARDO ASSIA CABALLERO | 0180471 | 4.3          | Cuatro, tres | APROBADA    |
| JESUS ALBERTO HIGUERA MENDEZ  | 0180506 | 4.3          | Cuatro, tres | APROBADA    |

OBSERVACIONES:

FIRMA DE LOS JURADOS:

Vº. Bº.

  
02-09-08  
COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN                                      | 27   |
| 1. GENERALIDADES                                  | 29   |
| 1.1 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO | 29   |
| 1.1.1 Identificación                              | 29   |
| 1.1.2 Localización                                | 29   |
| 1.1.3 Vías de acceso                              | 29   |
| 1.1.4 Coordenadas del polígono                    | 30   |
| 1.2 RASGOS FISIAGRÁFICOS                          | 31   |
| 1.2.1 Topografía y geomorfología                  | 31   |
| 1.2.2 Clima y vegetación                          | 32   |
| 1.2.3 Hidrografía                                 | 32   |
| 2. TOPOGRAFÍA                                     | 33   |
| 2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO EXTERNO             | 33   |

|   |    |
|---|----|
| 2.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO INTERNO             | 34 |
| 3. GEOLÓGIA                                       | 35 |
| 3.1 GEOMORFOLOGÍA                                 | 35 |
| 3.1.1 Unidades de origen estructural              | 35 |
| 3.1.2 Unidades de origen estructural denudacional | 36 |
| 3.2 ESTRATIGRAFÍA                                 | 37 |
| 3.2.1 Formación catatumbo (Ksct)                  | 37 |
| 3.2.2 Formación Barco (Tpb)                       | 37 |
| 3.2.3 Formación Los Cuervos (Tplc)                | 38 |
| 3.2.4 Formación Mirador (Tem)                     | 38 |
| 3.2.5 Formación carbonera (Tec)                   | 39 |
| 3.2.6 Sistema cuaternario                         | 39 |
| 3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL                          | 40 |
| 3.3.1 Fallas                                      | 40 |
| 3.4 GEOLOGÍA LOCAL                                | 41 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.1 Estratigrafía                            | 42 |
| 3.5 DESCRIPCIÓN DEL MANTO DE CARBÓN            | 42 |
| 3.6 GEOLOGÍA ECONÓMICA                         | 45 |
| 3.6.1 Cálculo de reservas                      | 45 |
| 4. CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO | 47 |
| 4.1 FACTORES GEOLÓGICOS DEL MACIZO ROCOSO      | 47 |
| 4.1.1 Litología                                | 47 |
| 4.1.2 Meteorización                            | 48 |
| 4.2 ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO               | 48 |
| 4.2.1 Superficies de discontinuidad            | 48 |
| 4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS DISCONTINUIDADES    | 48 |
| 4.3.1 Orientación                              | 48 |
| 4.3.2 Espaciado                                | 49 |
| 4.3.3 Rugosidad                                | 50 |
| 4.3.4 Apertura                                 | 50 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3.5 Relleno  | 50 |
| 4.3.6 Presencia de agua  | 51 |
| 4.4 ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS | 51 |
| 4.4.1 Factores de corrección                                       | 52 |
| 4.5 CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO                                | 53 |
| 4.5.1 Clasificación RMR  | 53 |
| 4.5.2 Índice de calidad de túneles NGI                             | 60 |
| 4.6 APLICACIÓN DE SOFTWARE   | 66 |
| 4.6.1 Software Estereonet  | 66 |
| 4.6.2 Software examine 2D  | 68 |
| 5. DIAGNOSTICO ACTUAL DE LA MINA                                   | 73 |
| 5.1 LABORES MINERAS  | 73 |
| 5.1.1 Labores de acceso  | 73 |
| 5.1.2 Labores de desarrollo  | 73 |
| 5.1.3 Labores de preparación                                       | 73 |



|   |    |
|---|----|
| 5.1.4 Labores de explotación                      | 75 |
| 5.2 SERVICIOS MINEROS                             | 77 |
| 5.2.1 Ventilación                                 | 77 |
| 5.2.2 Desagüe                                     | 77 |
| 5.2.3 Sostenimiento                               | 77 |
| 5.2.4 Arranque                                    | 78 |
| 5.2.5 Iluminación                                 | 79 |
| 5.2.6 Transporte                                  | 79 |
| 5.2.7 Electricidad                                | 79 |
| 5.3 PRODUCCIÓN ACTUAL                             | 80 |
| 5.3.1 Personal de producción y rendimientos       | 80 |
| 5.3.2 Equipos disponibles                         | 80 |
| 5.4 INFRAESTRUCTURA ACTUAL                        | 80 |
| 5.5 SALUD OCUPACIONAL, HIGIENE Y SEGURIDAD MINERA | 81 |
| 5.6 COSTO DE PRODUCCIÓN                           | 81 |

|  |    |
|--|----|
| 5.7 ESTRUCTURA EMPRESARIAL   | 81 |
| 6. INCENDIO EN MINAS DE CARBÓN SUBTERRÁNEAS                              | 82 |
| 6.1 PRINCIPIO BÁSICO DE UN INCENDIO                                      | 82 |
| 6.1.1 Incendio   | 83 |
| 6.1.2 Fuego o incendio endógeno  | 83 |
| 6.1.3 Indicios de presencia de fuego endógeno                            | 84 |
| 6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS SEGÚN EL TIPO DE MATERIAL COMBUSTIBLE | 84 |
| 6.3 DETECCIÓN DE TIPOS DE INCENDIOS                                      | 84 |
| 6.3.1 Incendio exógeno   | 84 |
| 6.3.2 Incendio endógeno  | 85 |
| 6.4 EFECTOS O PELIGROS DE LOS INCENDIOS                                  | 85 |
| 6.4.1 Incendios endógenos  | 85 |
| 6.5 GASES DE INCENDIO  | 86 |
| 6.5.1 Temperatura de los gases de incendio                               | 86 |
| 6.6 DEPRESIÓN TÉRMICA DEL INCENDIO                                       | 87 |

|  |    |
|--|----|
| 6.7 EXTINCIÓN DE FUEGOS E INCENDIOS  | 87 |
| 6.7.1 Extinción activa del incendio  | 87 |
| 6.7.2 Aislamiento del aire y, como efecto la separación de la región de incendio | 88 |
| 6.7.3 Principales causas de los incendios  | 91 |
| 7. ALTERNATIVAS DE EXPLOTACIÓN Y ESTRATEGIAS DEL PROYECTO                        | 92 |
| 7.1 SELECCIÓN DE BLOQUES MINEROS Y MANTOS EXPLOTABLES                            | 92 |
| 7.1.1 Nivel 1  | 92 |
| 7.1.2 Nivel 2  | 92 |
| 7.1.3 Nivel 3  | 92 |
| 7.2 ELECCION DEL METODO DE EXPLOTACIÓN   | 92 |
| 7.2.1 Cámaras y pilares  | 93 |
| 7.2.2 Ensanche de tambores   | 96 |
| 7.3 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN APLICABLES A LOS YACIMIENTOS         | 97 |
| 7.3.1 Características estructurales del yacimiento                               | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.3.2 Factores geomecánicos, técnicos, económicos y sociales   | 98  |
| 7.4 JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN  | 99  |
| 7.4.1 Ventajas   | 100 |
| 7.4.2 Desventajas  | 101 |
| 7.4.3 Perspectivas de participación en el mercado regional,<br>y estrategias de comercialización de carbón | 102 |
| 7.5 ESTRATEGIAS ADAPTADAS PARA EL DESARROLLO<br>DEL PROYECTO   | 102 |
| 8. DISEÑO Y PLANEMAIENTO DE LA EXPLOTACIÓN   | 104 |
| 8.1 LABORES DE ACCESO Y DESARROLLO   | 104 |
| 8.2 CÁLCULO DE LOS PILARES DE PROTECCIÓN   | 104 |
| 8.2.1 Parámetros a tener en cuenta para el cálculo de los<br>pilares de protección                         | 106 |
| 8.2.2 Cálculo de la razón de extracción  | 107 |
| 8.2.3 Cálculo del factor de seguridad  | 107 |
| 8.3 LABORES DE PREPARACIÓN   | 108 |
| 8.4 MÉTODO DE EXPLOTACIÓN  | 109 |

|  |     |
|--|-----|
| 8.5 SERVICIOS MINEROS  | 109 |
| 8.5.1 Sostenimiento  | 110 |
| 8.5.2 Ventilación  | 117 |
| 8.5.3 Desagüe  | 117 |
| 8.5.4 Transporte y manejo de carga                                     | 117 |
| 8.5.5 Arranque   | 118 |
| 8.6 FUERZA NORMAL Y RENDIMIENTOS                                       | 121 |
| 8.7 RESERVAS EXPLOTABLES   | 122 |
| 8.7.1 Vida útil  | 122 |
| 8.8 PLAN DE PRODUCCIÓN ANUAL   | 122 |
| 8.9 EQUIPO E INFRAESTRUCTURA NECESARIA                                 | 123 |
| 8.10 PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL E HIGIENE MINERA                    | 123 |
| 8.10.1 Procedimiento de trabajo seguro                                 | 123 |
| 8.10.2 Plan minero de emergencia                                       | 126 |
| 8.10.3 Deberes y derechos en salud ocupacional y riesgos profesionales | 133 |

|   |     |
|---|-----|
| 8.10.4 Clasificación de riesgos profesionales               | 135 |
| 8.10.5 Panorama general de factores de riesgo ocupacionales | 145 |
| 9. INSTALACION DE LA RED DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN            | 158 |
| 9. INSTALACION DE LA RED DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN            | 158 |
| 9.1 NUMERO DE USUARIOS                                      | 158 |
| 9.2 CARACTERISTICAS DE LA CARGA                             | 158 |
| 9.3 REDES DE MEDIA TENSIÓN                                  | 158 |
| 9.4 SUBESTACIONES   | 158 |
| 9.5 REDES EN BAJA TENSIÓN                                   | 159 |
| 9.6 MEDIDORES DE ENERGÍA                                    | 159 |
| 9.7 REDES DE ALUMBRADO PÚBLICO                              | 159 |
| 9.8 CALCULOS DE LA RED                                      | 159 |
| 9.8.1 Características de la demanda                         | 160 |
| 9.9 DISEÑO DE LAS SUBESTACIONES                             | 161 |
| 9.9.1 Tipo de subestación                                   | 161 |

|   |     |
|---|-----|
| 9.9.2 Capacidad de la subestación               | 162 |
| 9.9.3 Equipo de protección                      | 162 |
| 9.9.4 Infraestructura necesaria                 | 163 |
| 10. ASPECTOS AMBIENTALES                        | 165 |
| 10.1 GENERALIDADES                              | 165 |
| 10.1.1 Identificación del área de influencia    | 165 |
| 10.1.2 Línea base ambiental                     | 165 |
| 10.2 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS Y VALORACIÓN   | 167 |
| 10.2.1 Descripción de los impactos ambientales  | 167 |
| 10.2.2 Matriz de impactos ambientales           | 168 |
| 10.2.3 Calificación ambiental                   | 169 |
| 10.3 PLAN DE MANEJO                             | 169 |
| 10.3.1 Medidas de mitigación                    | 169 |
| 10.4 PLAN DE CONTINGENCIA                       | 174 |
| 10.4.1 Objetivos de las medidas de contingencia | 174 |

|   |     |
|---|-----|
| 10.4.2 Medidas tomadas al respecto        | 174 |
| 10.5 PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO      | 175 |
| 10.5.1 Objetivos                          | 175 |
| 10.6 CRONGRAMA DE ACTIVIDADES             | 176 |
| 10.7 COSTOS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  | 176 |
| 11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA     | 177 |
| 11.1 INVERSIONES REALIZADAS Y PROYECTADAS | 177 |
| 11.1.1 Inversiones realizadas             | 177 |
| 11.1.2 Inversiones proyectadas            | 178 |
| 11.2 COSTOS DEL PROYECTO                  | 178 |
| 11.2.1 Costos por mano de obra directa    | 178 |
| 11.2.2 Costos mano de obra indirecta      | 179 |
| 11.2.3 Costos de suministros              | 179 |
| 11.2.4 Costos administrativos             | 179 |
| 11.3 COSTO DE CAPITAL                     | 185 |



|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 11.4 PUNTO DE EQUILIBRIO | 187 |
| 11.5 ANÁLISIS FINANCIERO | 188 |
| 12. CONCLUSIONES         | 191 |
| 13. RECOMENDACIONES      | 193 |
| BIBLIOGRAFIA             | 194 |
| ANEXOS                   | 195 |