

ALTERNATIVAS DE LA MINERIA A CIELO ABIERTO EN GUASARE

Ing. *Santiago Díaz*
Carbones del Zulia, C.A.
Maracaibo, Venezuela.

I. INTRODUCCION

El Ministerio de Minas e Hidrocarburos (M.M.H.) ahora Ministerio de Energía y Minas (M.E.M.) realizó en 1972 y 1973 un estudio geológico de la Cuenca Carbonífera entre los ríos Riecito de Maché, Socuy y Guasare otorgando posteriormente a la Corporación de Desarrollo de la Región Zuliana (CORPOZULIA) concesiones para su exploración y subsiguiente explotación.

De esta forma para finales de 1974 CORPOZULIA comisionó a la empresa Eisenbau Essen la exploración del yacimiento carbonífero el cual permitió la selección de áreas favorables para una explotación a cielo abierto (Sector Paso Diablo) y subterránea (al sur del Río Socuy y al norte del Río Guasare).

Como resultado de las fases exploratorias en detalle del subsuelo las cuales incluyeron más de 20.000 mts de perforaciones con recuperación de testigo en un 90%, evaluación de registros eléctricos y de radiactividad, muestreo y análisis sistemático de las muestras provenientes de las perforaciones y calicatas, se elaboró un estudio de factibilidad para la explotación a cielo abierto del sector denominado Paso Diablo (Figura 1).

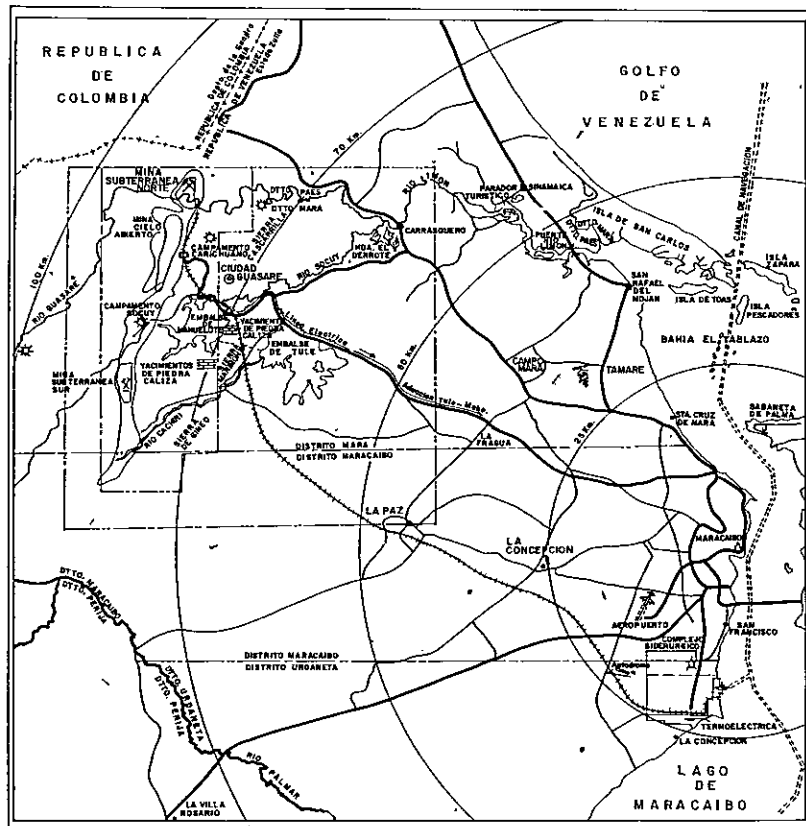
Para la fecha 31-08-81 se han concluido 291 pozos totalizando 54.000 mts perforados.

Los estudios cualitativos realizados a los carbones del Guasare, han demostrado ser óptimos en calidad para uso termoeléctrico y buenos con la mezcla adecuada con carbones bajos en volátiles para uso siderúrgico.

Una vez finalizado el estudio de factibilidad de la Mina a Cielo Abierto CARBOZULIA inició, en 1978, un concurso internacional para la selección del Consultor que realizará el diseño de la Mina. En estos momentos se está finalizando el Contrato con el Consorcio Fluor-Tecnoconsult para comenzar con los trabajos de Ingeniería básica y de detalle de la Mina y sus instalaciones conexas.

II. RESERVAS

En el estudio de factibilidad de Eisenbau Essen, completado en 1977, se presentan como reservas medidas para el sector Paso Diablo, 161 millones de toneladas.



RELACION RELATIVA NACIONAL



FIGURA 1

LEYENDA

-  CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO REGIONAL (CINDER)
-  PROYECTO MINA SUBTERRANEA NORTE
-  PROYECTO MINA SUBTERRANEA SUR
-  PROYECTO MINA A CIELO ABIERTO
-  PROYECTO CIUDAD GUASARE
-  PROYECTO FERROVIARIO
-  PROYECTO ARQUEOLOGICO DE RESCATE
-  VIVERO
6000 MATAS EN TOTAL
3.500 PLANTADAS
-  YACIMIENTOS DE PIEDRA CALIZA
Reservas Estimadas Aproximada 450.000.000 Tons.
-  LINDERO DE LA MICRO-REGION GUASARE/SOCUY
2500 Km²
-  LIMITE DE CONCESIONES
-  LINEA ELECTRICA
-  CARRETERA
-  CANAL DE TRASVASE
Longitud 5000 m.
Descarga Maxima 33 m³/Seg
-  ADUCCION TULE-MARACAIBO
Capacidad Maxima de Conduccion 12.000 lts./Seg.
Gasto Actual 6000 lts./Seg.
-  **MANUELOTE** EMBALSE DE MANUELOTE
Capacidad Total 250 x 10⁶ m³
Volumen UTM 200 x 10⁶
-  **TULE** EMBALSE DE TULE
Capacidad Maxima 336 x 10⁶ m³
Area Maxima de Inundacion 158.000 Hec.
Cota Maxima de Inundacion 34.50 m.
-  AREA DE REUBICACION DE PALMAREJO
-  PUERTO SIDERURGICO
-  CENTRO DE INVESTIGACION CARBONIFERA Y SIDERURGICAS (CICASI)
-  PARADOR TURISTICO
-  PUENTE RIO LIMON
-  CATEDRAL DE MARACAIBO
-  CENTRO DE DESARROLLO VITICOLA

Debido al hecho de que perforaciones efectuadas con posterioridad a dicho estudio han permitido reclasificar algunos mantos o grupos, se han actualizado las reservas para el sector Paso Diablo. En la faja de perforaciones para este sector se calcularon las reservas por el método de los triángulos. La superficie entre tres pozos vecinos fue multiplicada por el espesor promedio de las tres perforaciones.

En el Cuadro I se muestran las reservas medidas e indicadas para la Mina Paso Diablo, hasta una profundidad máxima de 250 metros.

Calculando un factor de recuperación del 90% tenemos un total de 173 millones de toneladas de reservas medidas, el cual es un estimado muy conservador si los espesores y las extensiones de áreas quemadas son precisas.

Los estudios de correlación de los mantos carboníferos determinaron once grupos de mantos. El grupo IV ubicado en la parte central de la formación constituye el más importante desde el punto de vista económico y contiene 54% de las reservas de la Mina a Cielo Abierto. Los grupos IV y V contienen aproximadamente el 78% de las reservas medidas.

CUADRO I
RESERVAS ACTUALES MINA PASO DIABLO
(Millones de Toneladas)

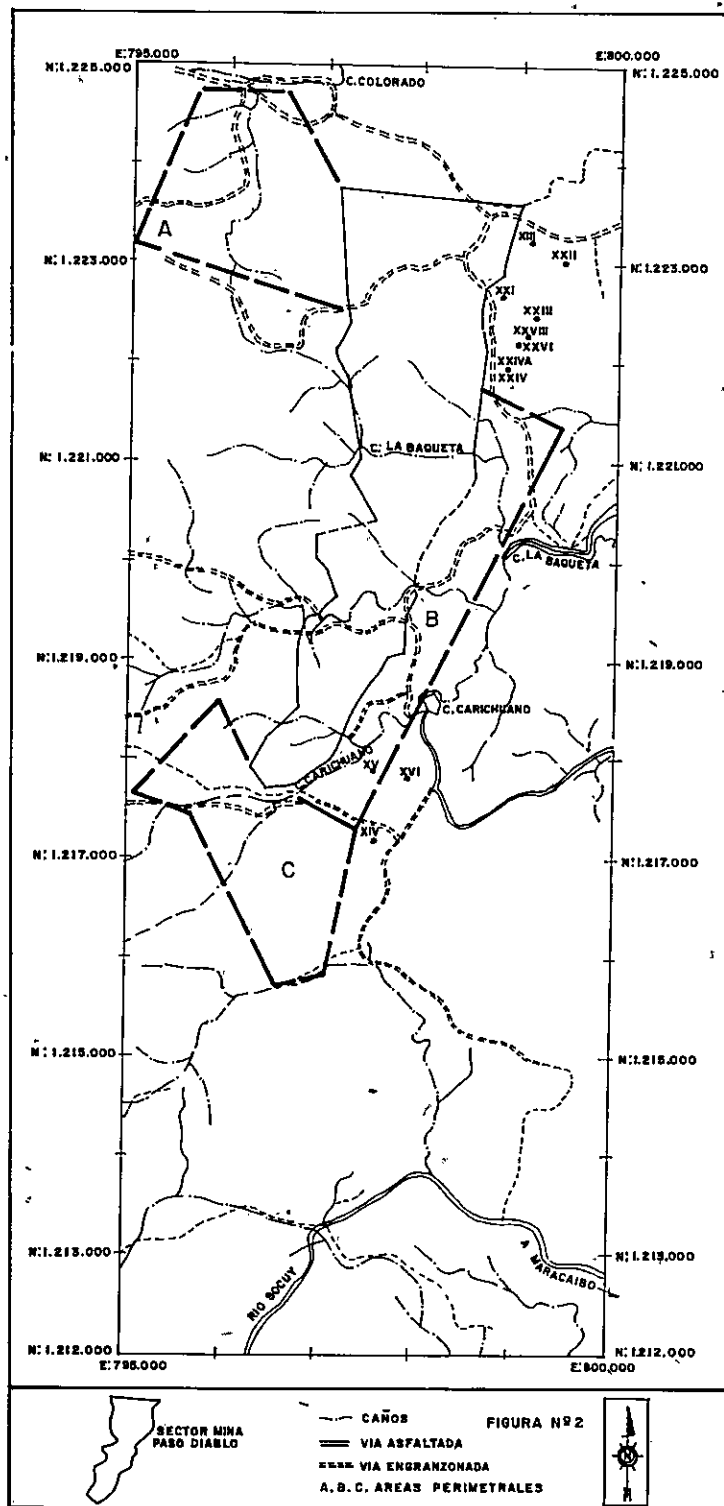
<i>Descripción</i>	<i>Medidas</i>	<i>Indicadas</i>	<i>Total</i>
Area delimitada por EBE	192	—	192
Area perimetral A	—	18	18
Area perimetral B	—	59	59
Area perimetral C	—	62	62
TOTAL		139	331

FUENTE: Coordinación Proyecto Minero, 1981.

Las áreas perimetrales al área delimitada por Eisenbau Essen (figura 2) presentan características geológicas que permiten sea factible explotarlas a cielo abierto.

La exploración más detallada de estas áreas permitirá convertir 139 millones de toneladas de carbón, en su mayor parte grupos superiores al V o carbones de uso termoeléctrico, de reservas indicadas a reservas medidas para obtener un total de 331 millones de toneladas. Este incremento en las reservas permitiría aumentar los niveles de producción sin disminuir la vida de la mina y suplir tanto el carbón térmico, como el metalúrgico que requieren las plantas a instalarse en la Región Zuliana.

MAPA DE RESERVAS DE LA MINA PASO DIABLO



III. CALIDAD DEL CARBON

Se trata de un carbón altamente volátil, no coquizable por sí solo, con un contenido reducido de cenizas y un índice favorable de azufre y fósforo. El índice de hinchamiento lo califica como altamente aglutinante, el proceso de dilatación indica un poder mediano de coquización. La determinación del grado de carbonización (reflexión de vitrinita) lo caracteriza como un carbón homogéneo. El índice Hardgrove relativamente bajo indica que es un carbón difícil de moler.

En la Mina Paso Diábolo se han clasificado los grupos de mantos inferiores al V como coquizables y los grupos superiores como térmicos. Sin embargo, se analizarán los grupos IV al VIII como térmicos y los grupos I al V como metalúrgicos.

a) *Carbón Termoeléctrico*

Los estudios más recientes que se tienen respecto al carbón para uso termoeléctrico fueron hechos por la empresa Dames & Moore para la planta Termozulia de Enelven.

Dames & Moore determinó las características de combustión del carbón en base a tres perforaciones efectuadas en el yacimiento. Las calidades de los distintos mantos de carbón de este programa de perforaciones se comparó con resultados anteriores y se encontró que había coincidencia, excepto en la temperatura de fusión de la ceniza y en ciertos constituyentes minerales de la ceniza.

En el Cuadro II se muestran las especificaciones del carbón termoeléctrico con los límites recomendables en base a la mejor información disponible.

El promedio ponderado para las muestras con dilución, siendo la dilución inversamente proporcional al espesor del manto, del programa de tres perforaciones contiene 7.00% de humedad, 10% cenizas, 0.86% azufre, con un poder calorífico de 6.668 Kcal/kg. El índice de Hardgrove promedió 52.

La temperatura de fusión de la ceniza mostró deformación inicial a 1.216°C para un ambiente reductor, mientras que la temperatura de fluidez fue 1.342 °C. La deformación inicial en un ambiente oxidante fue 1.348°C, mientras que la temperatura de fluidez fue 1.436° C. El contenido de cloro fue muy bajo, 0.04%. El análisis mineral de la ceniza indicó un índice de basicidad (B/A) de 0.21 con índices de ensuciamiento y de impregnaciones aislantes bajos. La rata de emisión proyectada de SO₂ para las muestras de núcleos fue de 2.27 kg de SO₂ por millón de Kcal.

Existen dos peculiaridades locales en la Mina que afectan la calidad del carbón para la termoeléctrica:

CUADRO II
ESPECIFICACIONES DEL CARBÓN TERMICO

	<i>Análisis Inmediato</i>		
	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Diseño</i>
Material Volátil, %	32.00	40.00	35.00
Carbón Fijo, %	44.00	52.00	48.00
Ceniza, %	4.00	15.00	10.00
Humedad, %	4.00	9.00	7.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Azufre, %	0.60	2.0	1.0
Poder Calorífico, Kcal/kg	6.224	7.446	6.668
HGI	45	54	47
Tamaño del Carbón		50 mm x 0	

<i>% en Peso</i>	<i>Análisis Ultimo</i>	
	<i>Húmedo</i>	<i>Seco</i>
Humedad	7.00	—
Carbón	69.06	74.26
Hidrógeno	4.69	5.04
Nitrógeno	1.35	1.45
Cloro	0.04	0.04
Azufre	1.00	1.08
Ceniza	10.00	10.75
Oxígeno (por diferencia)	6.86	7.38
TOTAL	100.00	100.00

FUSION DE LA CENIZA, °C

	<i>Rango de Reducción</i>	<i>Diseño</i>
Deformación inicial	1093 - 1482	1204
Ablandamiento ($H = W$)	1110 - 1482	1249
Hemisférica ($H = \frac{1}{2} W$)	1160 - 1482	1282
Fluida	1271 - 1482	1338

	<i>Rango de Oxidación</i>	<i>Diseño</i>
Deformación inicial	1210 - 1482	1338
Ablandamiento ($H = W$)	1266 - 1482	1371
Hemisférica ($H = \frac{1}{2} W$)	1321 - 1482	1399
Fluida	1343 - 1482	1427

<i>Rango</i>	<i>Diseño</i>
$T_{250} = 1251 - 1593^{\circ}\text{C}$	1493°C

ANALISIS TIPICO DE CENIZAS - % EN PESO

<i>Constituyente</i>	<i>Rango</i>	<i>Diseño</i>
SiO ₂	45.10 - 78.58	59.88
Al ₂ O ₃	7.43 - 28.92	17.36
TiO ₂	0.34 - 1.40	0.75
Fe ₂ O ₃	4.97 - 14.79	8.73
CaO	0.44 - 7.78	2.79
MgO	1.51 - 4.50	2.48
Na ₂ O	0.33 - 1.62	0.78
K ₂ O	0.10 - 2.00	1.30
P ₂ O ₅	0.03 - 1.22	0.17
SO ₃	0.53 - 9.81	3.62
SrO	0.00 - 0.07	0.04
BaO	0.01 - 0.12	0.07
Mn ₃ O ₄	0.03 - 0.60	0.11
Indeterminado	0.00 - 2.11	1.92
Relación B/A	.21	
Indice de impregnaciones (Rs)	0.20 - 0.40 (Bajo)	0.20 (Bajo)
Indice de ensuciamiento (Rf)	0.16 - 0.30 (Bajo a medio)	0.10 (Bajo)

FUENTE: Dames & Moore.

Primero, algunos mantos de carbón son lenticulares y, por lo tanto, pueden variar en espesor sobre distancias horizontales relativamente cortas. En el caso de capas de menor espesor, puede resultar en una explotación intermitente, debido a que ciertas áreas no contienen carbón de espesor explotable.

Segundo, existe evidencia de mineralización local, la cual resulta en variaciones de la composición mineral de las cenizas de naturaleza errática e impredecible.

El contenido de cenizas del carbón es aceptable y no será necesario lavarlo. Tomando en consideración la contaminación por rocas de caja ocasionadas por los trabajos de explotación, se calcula que el contenido de cenizas promedio puede llegar a 10%.

Las variaciones en el contenido de minerales de las cenizas afecta apreciablemente los índices de ensuciamiento y de impregnaciones aislantes.

En el diseño se establecerán los límites de minería y se planificará la secuencia de manera tal que minimice estos efectos sobre el producto a suministrarse a la planta termoeléctrica. Mediante buena planificación de mina es posible alcanzar un grado de mezcla previa en vez de tener extensas pilas y facilidades de homogeneización del carbón.

b) *Carbón Metalúrgico*

Las investigaciones tecnológicas, efectuadas por la empresa SO-FREMINES han permitido determinar características del carbón metalúrgico y la proporción porcentual a que habría que mezclar el carbón de la mina a cielo abierto con ciertos carbones importados para obtener un coque utilizable en alto horno y la influencia de las técnicas de coquización en la calidad del coque producido.

b.1. *Características del Carbón Metalúrgico*

De acuerdo a los estudios de SOFREMINES, las propiedades de los carbones no varían significativamente en un mismo manto. Sin embargo, en los grupos IV y V existe cierta heterogeneidad en cuanto a elementos microscópicos (análisis maceral).

Pueden señalarse las siguientes características generales:

- Los carbones son bandeados del tipo brillante; con bandas constituidas casi totalmente por vitrain negro brillante. Los elementos vitrinita y exinita constituyen el 80 - 90% de los macerales y el resto mayormente clarain.
- Favorable contenido de azufre para la producción de coque metalúrgico y para cumplir con los requerimientos de protección ambiental.
- Son carbones de alto contenido en componentes volátiles. En los grupos superiores es mayor su contenido que en los inferiores.

- El poder reflector de la vitrinita aumenta con la profundidad.
- La fluidez y la dilatación aumentan con la profundidad.
- En general se observa que las propiedades de los carbones evolucionan desde los mantos superiores hasta las capas inferiores, cuyo carbón presenta propiedades coquizantes ligeramente superiores.
- El contenido de cenizas es reducido, por lo cual no parece necesario considerar lavado de carbón.
- El grupo I, con un contenido de azufre elevado (3%) lo hace menos interesante para producir coque metalúrgico, incluso al ser mezclado.

Existe la posibilidad (según SOFREMINES) de producir coque sumamente fisurado, pero perfectamente fundido, teniendo en cuenta que la mejora de las propiedades coquizantes de los mantos profundos debería tener un efecto favorable respecto a la calidad del coque producido.

En el Cuadro III se muestran las especificaciones de la mezcla de carbones que requiere la planta de coque a instalarse en el Zulia, así como las especificaciones del coque a producir.

b.2. *Ensayos de Carbonización*

Los ensayos de coquización se realizan a escala semiindustrial (horno de 400 kg).

Se investigó la posibilidad de utilizar un 70% de carbones de Guasare con 15% de carbón australiano (Peak Downs) y 15% de carbón americano (Blue Boy).

Se obtuvo un coque de granulometría reducida, pero aceptable y sumamente fisurado. Las propiedades mecánicas resultaron insuficientes para alto horno, siendo necesario limitar —en carga húmeda por gravedad— a un 50% ó 60% la proporción de carbones de Guasare en la mezcla destinada a coquería.

Los ensayos realizados demuestran que:

1. Operando en carga húmeda convencional, para obtener un coque de alto horno satisfactorio, convendrá no sobrepasar un 55% de carbón de los grupos IV y V, y se requerirá utilizar carbones extranjeros como complemento.
2. No se obtiene ningún beneficio si, operando con la misma técnica, se introduce carbón de los grupos II y III en lugar de una parte del carbón de los grupos IV y V o de una parte del carbón de complemento.
3. Si se utiliza la técnica de carga precalentada, se puede elevar el porcentaje de carbón de Guasare utilizado a:
 - Por lo menos un 70% con los grupos IV y V.

CUADRO III

ESPECIFICACIONES DE CARBONES PARA SIDERURGIA

<i>Análisis</i>	
H ₂ O	7.5%
Cenizas	5.6%
M.V.	29.4%
S	0.65%
<i>Propiedades físicas</i>	
Densidad de carga	765 kg/m ³
Granulometría	90% - 3 mm

ESPECIFICACIONES DEL COQUE

<i>Análisis</i>	
H ₂ O	5.0 % máximo
Cenizas	9.0 % máximo
V.M.	1.0 % máximo
S	0.55% máximo
<i>Propiedades físicas</i>	
Indice MICUM, fracciones entre + 25 mm — 75 mm	
MICUM 40	75%
MICUM 10	8%

- Cerca de un 80% con adición de 7% de polvo de coque, si se utilizan carbones de los grupos IV y V.
 - Un 80%, con adición de menor cantidad de polvo de coque, si el 80% del carbón de Guasare contiene un 20% procedente de los grupos II y III.
4. Si se utiliza la aglomeración (briqueteado) parcial de la carga (un 30%) conjuntamente con un aglomerante (8% de brea), se deberá poder elevar a un 60 - 65% el porcentaje de carbones procedentes de los grupos IV y V y quizás una adición de antifisurante (polvo de coque).

Las ventajas de utilizar mayor proporción de carbón de Guasare se debe comparar con los requerimientos de instalaciones más complejas en la coquería (precalentadores, molienda y secado del polvo de coque, aglomeración).

Los resultados de estos ensayos indican que podría arrancarse una coquería con una mezcla húmeda que contenga entre 55 y 60% de carbones explotados a cielo abierto de los grupos IV y V.

Posteriormente, con el proceso de precalentamiento, el aumento del carbón zuliano podría llegar a 70% y más adelante, con carbones de los grupos II y III se podrá incrementar a un 80%.

La situación de Venezuela comparada con otros países de Latinoamérica en cuanto a la utilización de carbones nacionales para producir coque es excepcional. Por ejemplo, Brasil y Argentina aportan en sus mezclas un 20 y 10% respectivamente; México y Chile están en el orden del 60%; Colombia es la excepción ya que no requiere de importaciones de carbón y Venezuela puede llegar a un 80% como se señaló anteriormente.

IV. MERCADO

La interrelación existente entre el programa de explotación carbonífera del Guasare y el programa Siderúrgico y el hecho de estar ambos adscritos a CORPOZULIA, permite establecer para el carbón un mercado cautivo donde la totalidad de la producción será absorbida como materia prima básica por la Planta de Coque del complejo siderúrgico y como combustible por la planta Termoeléctrica de Enlven.

En el Cuadro IV se muestran las cifras de demanda y producción.

El consumo de carbón de la planta termoeléctrica está en relación directa con el número de unidades que entren en funcionamiento, debido a que su uso como combustible no requiere de ninguna transformación ni mezcla con otros carbones, el 100% de su consumo será abastecido por carbón de Guasare.

El consumo de carbón en la Siderúrgica fue estimado a base de los requerimientos de coque, estableciéndose que en términos promedio una tonelada métrica de carbón produce 0.68 toneladas de coque. La producción de coque requiere una diversidad de mezclas de carbones de alta calidad para ser mezclados con carbón del Guasare. La proporción de esta mezcla es de 55% carbón del Guasare y 45% carbones importados.

La producción de la Mina a Cielo Abierto se programará en función de satisfacer las necesidades de demanda cautiva.

La producción se comercializará bajo la modalidad de venta CIF-PLANTA, utilizando como medio de transporte un ferrocarril que llevará el carbón desde la Mina hasta la planta de coque y hasta la planta termoeléctrica, con un recorrido aproximado de 116 kms.

CUADRO IV

DEMANDA - PRODUCCION ESTIMADA DE CARBON (Miles de Toneladas).

Años	Planta de Coque ¹	Planta Termoeléctrica ²	Total Carbón
1986	255	—	255
1987	390	750	1.140
1988	378	1.417	1.795
1989	428	2.493	2.921
1990	621	2.579	3.200
1991	616	4.154	4.770
1992	615	5.091	5.706
1993	615	5.078	5.693
1994	615	5.460	6.075

1. Fase I. Mercado Nacional (1986 - 1989).
Fase II. Siderúrgica del Zulia (1990 - 1994).
2. Incorporación de las Unidades:
1987 - 1988: 1 de 250 MW c/año.
1989 - 1990 - 1991 - 1992: 1 de 400 MW c/año.

FUENTES: Departamento de Coque y Subproductos. CORPOZULIA.
Gerencia de Operaciones. CORPOZULIA.
Gerencia de Planificación. ENELVEN.
Estimaciones propias.
Departamento de Finanzas y Presupuesto. Noviembre, 1981.

V. DISEÑO DE LA MINA A CIELO ABIERTO

a) Geología

La geología del yacimiento influye directamente en el diseño de la mina. La planificación de una mina con un solo manto inclinado requiere de muy poco trabajo y puede obtenerse por medio de métodos y cálculos manuales. Los yacimientos de mantos inclinados múltiples y productos múltiples, como en este caso, requieren la aplicación de métodos de computación para resolver los problemas geológicos y mineros, los cuales permiten optimizar alternativas.

Hay que calcular con exactitud la calidad y cantidad de reservas. Para lograr esto se utilizará la geoestadística, único método cuantitativo que puede predecir el nivel de exactitud necesario para el diseño minero.

Con los datos básicos almacenados en computadora se producirán planos de contorno e isópacas, relación de escombros a carbón y secciones geológicas. Además se prepararán planos geológicos generales que definen la extensión del área de minería, determinada por factores tales como: límites estructurales, límites de afloramiento, límites de relación escombros a carbón, límites de profundidad, etc. En la Figura 3 se muestra un diagrama esquemático de la lógica a utilizar. Dentro del área minera definida, se preparan por medio de la computadora, planos y secciones para el diseño minero.

b) *Diseño Minero*

El diseño minero dependerá de los objetivos trazados por CARBO-ZULIA.

Los objetivos pueden ser:

- Obtener una producción programada a un costo mínimo.
- Maximizar la recuperación del carbón dentro de las limitaciones de producción programada.

Se considerarán varios métodos de minería antes de evaluar el diseño minero y se tomará en cuenta la estructura geológica y la producción de carbón requerida.

Lo más adecuado para el yacimiento de Paso Diablo, es un sistema flexible de palas y camiones, usando la lógica de los diagramas que se muestran en las Figuras 4 y 5.

La decisión de desarrollar la mina en un solo sitio o en varios sitios, requiere estudios de:

- Reservas de carbón y calidad.
- Efectos a largo plazo de cada opción de minería.
- Aspectos ambientales.

La gran cantidad de escombros a remover cada año requiere el uso de palas y camiones de gran capacidad. Es probable que el carbón sea transportado de la mina a la trituradora por una combinación de camiones y correas transportadoras.

Tal sistema debe ser lo suficientemente flexible para manejar dos productos.

La factibilidad de este sistema se determinará por estudios de optimización.

Para determinar el plan óptimo se considerarán varios diseños conceptuales.

Los esquemas básicos, usando diferentes direcciones de corte y avances de la mina, son los siguientes:

- Cortes en dirección del rumbo avanzado según el buzamiento (Strike-cuts).
- Cortes paralelos al buzamiento, avanzando en dirección del rumbo (Dip-cuts).

DEFINICION DEL AREA MINERA

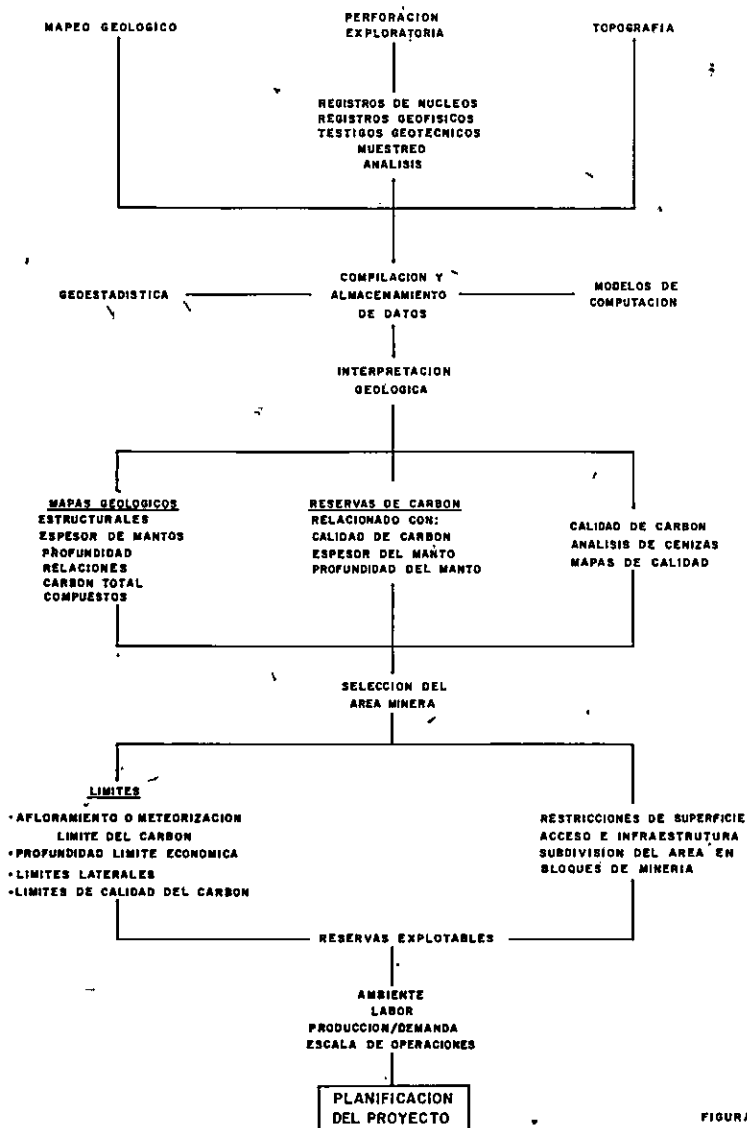


FIGURA Nº3

SELECCION DEL SISTEMA DE MINERIA

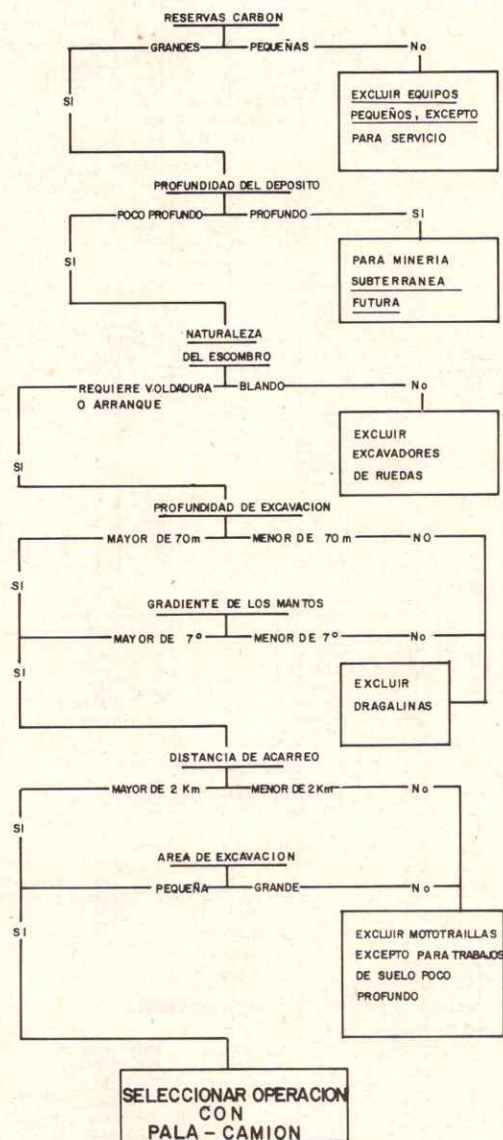


FIGURA 4

OPERACION PALA - CAMION

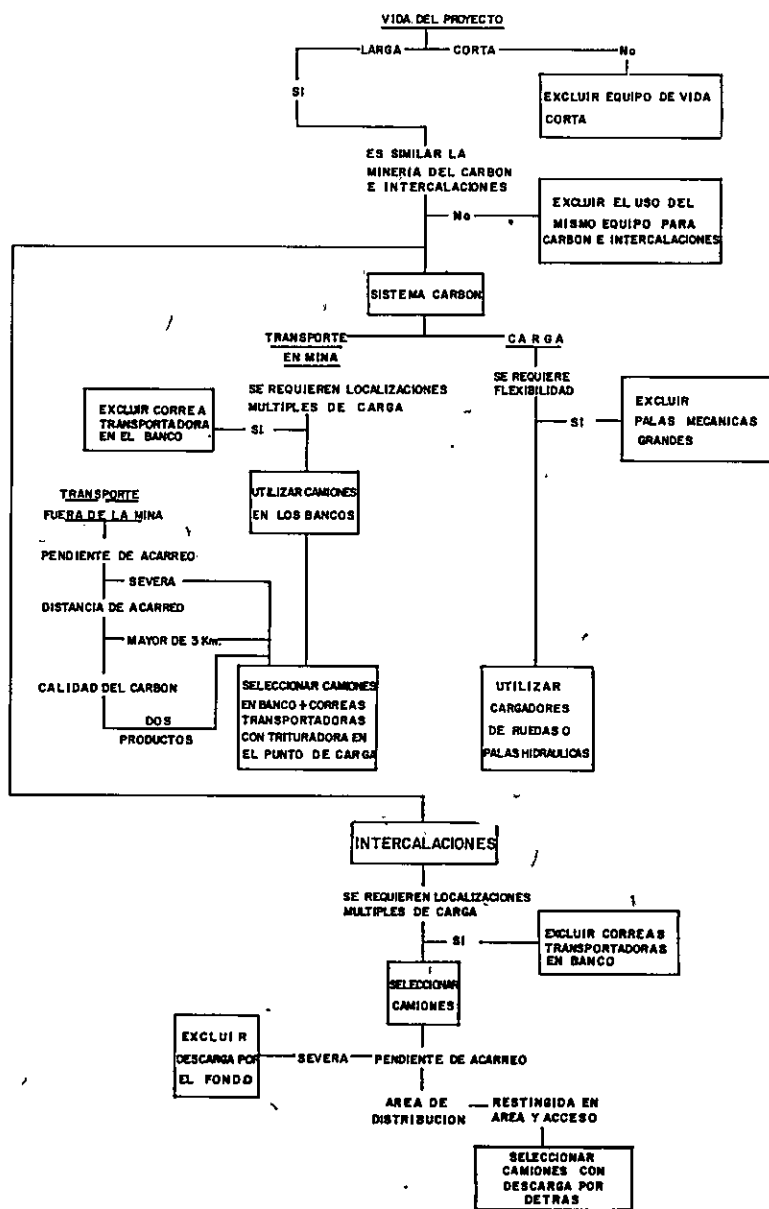


FIGURA 5

- Cortes diagonales al buzamiento, avanzando en dirección del rumbo (Diagonal-cuts).

b.1. *Cortes en dirección del rumbo* (Fig. 6)

El corte comienza en un afloramiento y avanza según el buzamiento. Después de crearse suficiente espacio, el escombros se deposita detrás de los frentes de avance.

Este sistema requiere un desarrollo mínimo antes de comenzar a descargar escombros dentro de la mina.

Las capas de carbón de Guasare buzcan a más de 9° de manera que el escombros descargado se haría inestable al aumentar la altura del escombros con el incremento de profundidad de la mina.

Por esta razón esta técnica es inaceptable para Guasare, por consideraciones de seguridad.

Como alternativa se tiene una forma de corte en dirección del rumbo con paneles de un kilómetro excavados en secuencia. El escombros de un panel activo se descargaría en el panel precedente.

b.2. *Corte en dirección del buzamiento* (Fig. 7)

En este método el carbón se extrae en cortes sucesivos paralelos a la dirección del buzamiento. Los bancos siguen el piso de cada manto de carbón y los camiones lo extraen fuera de la mina por rampas.

La minería empieza por excavar el manto superior según el cual se amplía para permitir el desarrollo del segundo corte en el próximo manto inferior. Este proceso continúa hasta que el piso inferior sea expuesto.

Todo el escombros hasta este punto se remueve fuera de la mina.

Una vez alcanzada la profundidad total, el escombros se deposita dentro de la mina.

Idealmente este diseño produce una mina en estado estable que avanza en dirección del rumbo.

Un corte en dirección del buzamiento modificado puede ser atractivo para Guasare.

b.3. *Corte diagonal*

Está entre el corte en dirección del rumbo y corte en dirección del buzamiento. Se adopta para permitir pendientes razonables, de techo y piso del manto y adecuados para un uso eficiente del transporte por camión.

Los cortes horizontales son paralelos, en planta, al buzamiento aparente de las capas. Debe cuidarse de no introducir el problema de estabilidad del botadero por tomar un ángulo muy grande respecto al rumbo.

CORTE SEGUN EL RUMBO: AVANCE SEGUN EL BUZAMIENTO

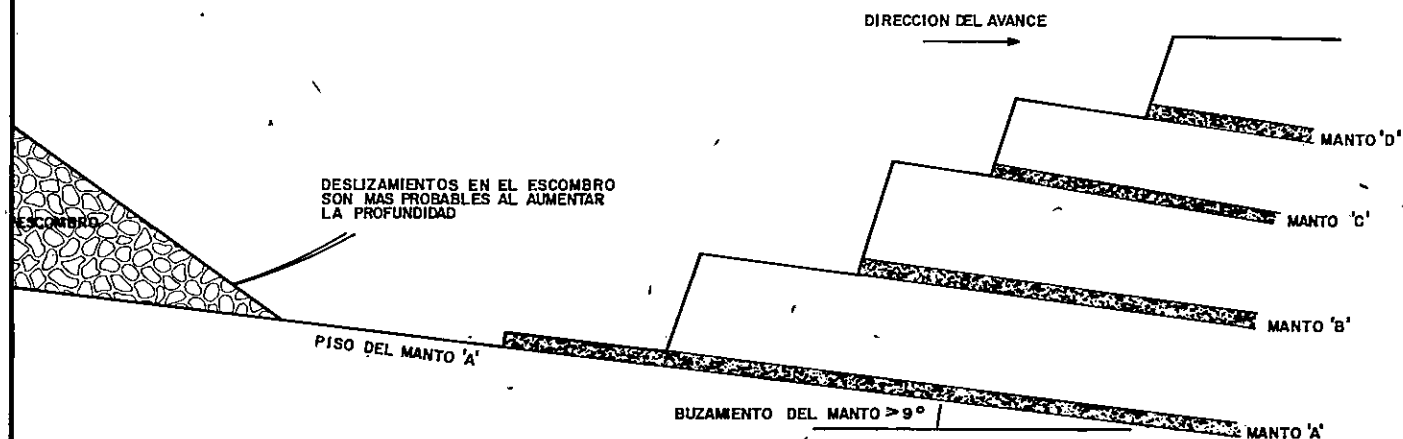


FIGURA 6

CORTE SEGUN EL BUZAMIENTO: ARREGLO ESQUEMATICO

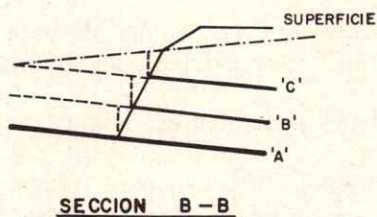
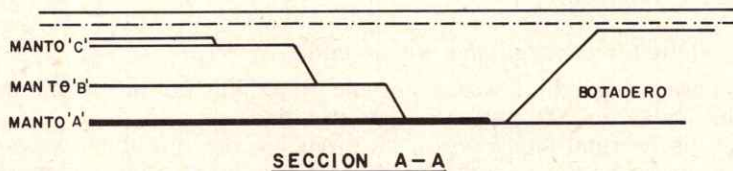
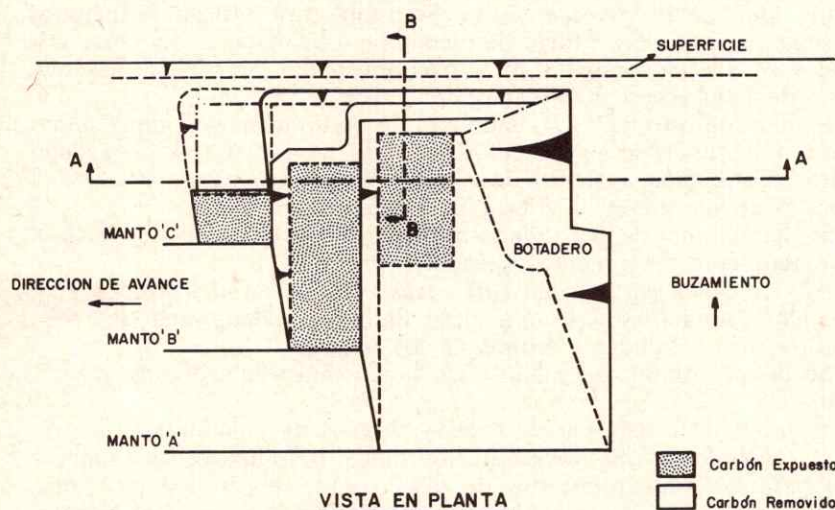


FIGURA 7

b.4. Otros factores que influyen en el diseño minero

En el diseño minero y en la ubicación del sitio para el corte inicial tienen influencia otros factores que serán investigados a fondo durante la fase de diseño de la mina, tales como:

a) *Movimiento de escombros.* Se establecerá, utilizando métodos de computación, la cantidad de escombros provenientes del corte inicial y se seleccionarán los sitios más adecuados para ubicarlos, que sean de fácil acceso y cercanos.

Se hará un estudio de las muestras de perforación y la mina piloto para determinar si los escombros sirven para material de relleno para construcción, material base para rampas de acarreo o material para construir presas de tierra para embalses.

Se harán análisis para determinar si tienen propiedades tóxicas que requieran tratamiento especial.

b) *Geotécnica y mecánica de rocas.* Se revisarán los datos geotécnicos disponibles y se obtendrán datos para determinar las pendientes de los taludes y alturas de los bancos.

Se harán estudios de suelos para fundaciones de edificios y equipos.

Estudios de resistencia de rocas y diseños de voladuras.

c) *Hidrología.* Se revisarán los datos hidrológicos de superficie para determinar criterios de diseño para represas, diques, desvíos de caños y otras medidas de protección contra inundaciones. Se harán pruebas para determinar el efecto de las aguas subterráneas sobre la estabilidad de taludes, diseño de bancos y requerimientos de bombeo.

b.5. Diseños conceptuales de la mina

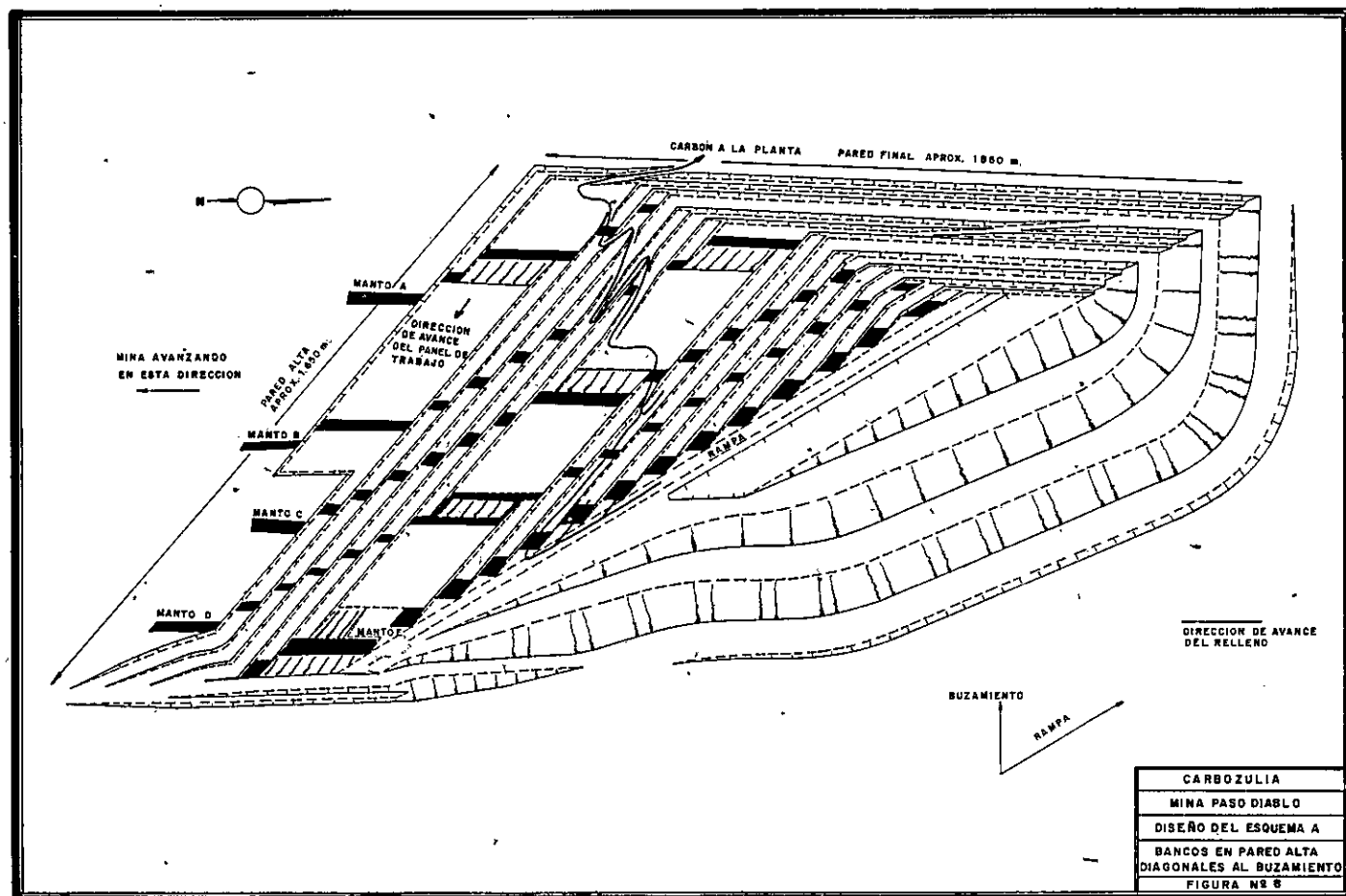
Se muestran dos diseños conceptuales para ilustrar una mina trabajando a más de 200 metros de profundidad.

En el diseño final habrá cortes en dirección del buzamiento avanzando a lo largo del yacimiento en terrazas horizontales, esencialmente un concepto de *mina movable*.

Esquema A: Una serie de cortes horizontales en dirección "diagonal" al buzamiento con una rampa de acarreo establecida a 10% del fondo de la mina (Figura 8).

Las características principales de este esquema son:

- Buzamiento promedio de los mantos de carbón 11°
- Bancos horizontales. Esencial para lograr alta disponibilidad del equipo.
- Altura de los bancos, 15 metros para permitir el uso de palas grandes.
- Ancho de las rampas, 30 metros para tráfico en doble sentido.
- Movimiento de escombros a los bancos de relleno es eficiente, reduciendo la distancia de acarreo y los cambios de elevación.
- Los niveles de trabajo son de 180 metros de ancho.



Esquema B: Este esquema es más convencional, se aplican los mismos principios para la operación de la mina (Figura 9).

Las mayores diferencias entre los dos esquemas son:

- La alineación de los bancos de pared alta es paralela al buzamiento.
- Las rampas entre bancos reemplazan la rampa central de acarreo.
- Cuatro niveles en banco de relleno para reducir la altura de cada volteo.
- Los cortes en el esquema B, son paralelos a la dirección del buzamiento. Como consecuencia son más cortos que los del esquema A que están diagonal al buzamiento.
- El acarreo, en el esquema B, especialmente en los bancos inferiores es más complicado y menos flexible que el esquema A.
- Para obtener una pendiente aceptable en la rampa central del esquema A, debe hacerse diagonal al buzamiento.

Como consecuencia se requerirá un mayor corte inicial antes de comenzar a colocar escombros dentro de la mina.

Un diseño correcto es crítico para lograr la producción de carbón y obtener un alto factor de utilización del equipo.

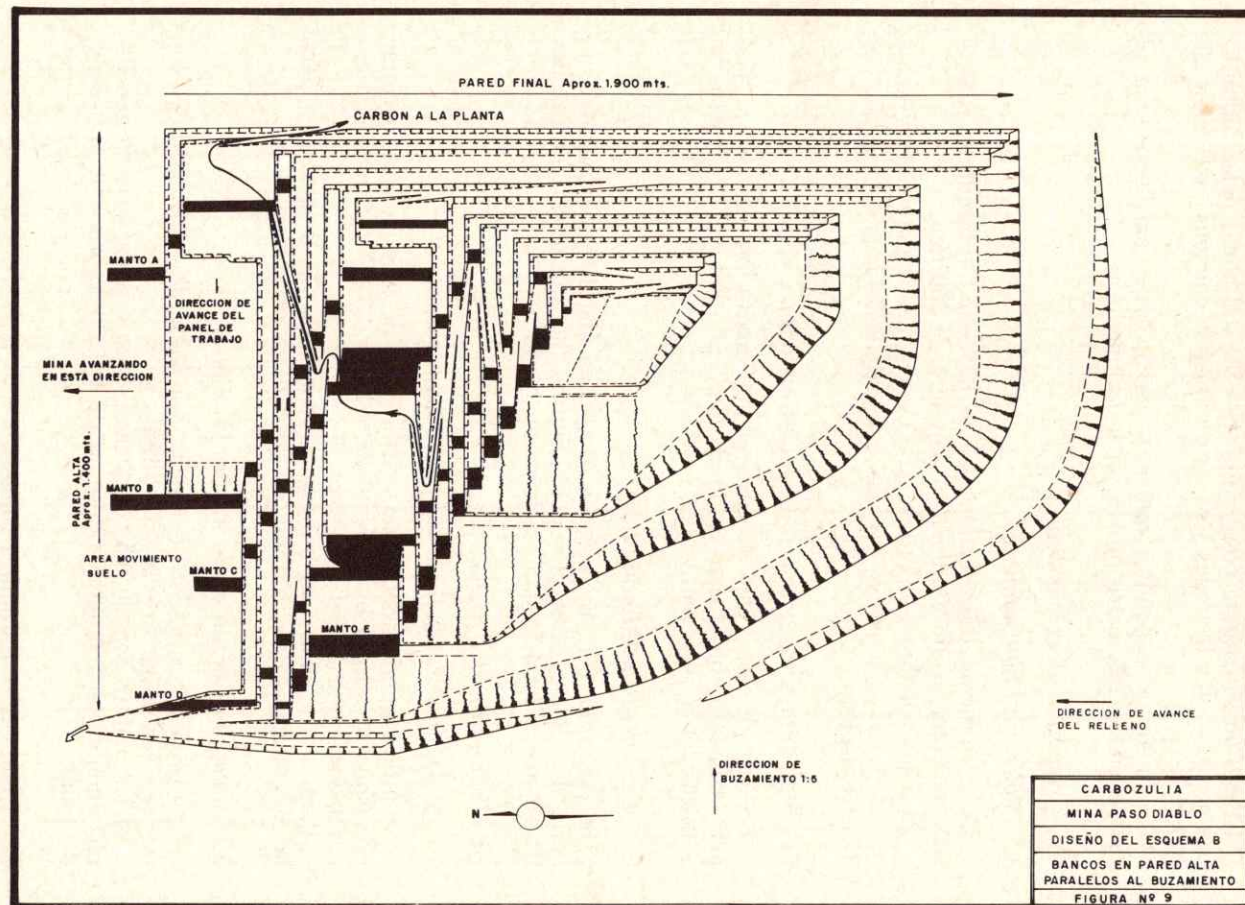
b.6. *Selección de equipos*

La selección del equipo minero está basada en el método de desarrollo minero y se determina por los siguientes factores:

- La resistencia, dureza y calidad abrasiva del escombro.
- La forma de yacimiento de carbón (buzamiento, ancho e irregularidad).
- Estabilidad de taludes.
- Hidrología.
- Relación de escombros a carbón y producción.
- Disponibilidad de servicios (energía, combustible, mano de obra, repuestos y talleres).
- Necesidad de producir carbón sin lavar.

Para producir cuatro millones de toneladas métricas de carbón por año y dieciocho millones de metros cúbicos de escombros, las empresas Fluor-Shell recomiendan el uso de palas y camiones de gran capacidad. Estas empresas, basadas en cálculos del número de horas de operación por año demuestran que se requieren 6 palas de 19-20 metros cúbicos de balde y camiones de 120-170 toneladas con tracción eléctrica para lograr la meta requerida.

El tamaño de la flota de camiones y la selección final de la capacidad se determinará evaluando los perfiles de acarreo y las condiciones de las rampas dentro de la mina.



El carbón se cargará con equipo flexible, tal como palas hidráulicas o cargadores frontales y se acarreará por camiones volteo de 85 toneladas.

Los métodos y equipos mineros que podrían considerarse en el diseño en detalle, entre otros, son los siguientes:

a) *Extracción de escombros:*

1. *Voladura-Pala-Camión*

La perforación del escombro se realiza con perforadoras rotatorias con trepanos de rodillos con diámetro de 250 mm.

Para las voladuras se utiliza ANFO con mecha detonante y cebo.

Las palas y camiones con las capacidades señaladas de 20m³ y 120 toneladas.

2. *Voladura-Excavadora hidráulica-Camiones*

En vez de usar pala se utiliza una excavadora hidráulica con accionamiento diesel con balde de 8-10 m³. Para el transporte se emplean los mismos camiones.

3. *Escarificación-Mototraillas*

Se escarifica con tractores de oruga con ángulo y profundidad de corte del diente ajustables por cilindros hidráulicos y mototraillas de 40 m³ en tandem con tractores de oruga.

b) *Extracción del carbón*

1. *Voladura-Excavadora hidráulica-Camión*

Se utilizan perforadoras con martillo aire de 80 mm. para perforar el carbón debido al buzamiento de 9-11° y ANFO con mecha detonante y cebo para las voladuras.

Para el transporte se utilizan camiones de 85 toneladas y para la carga excavadoras hidráulicas de 8-10 m³ de balde.

2. *Voladura-Cargador de ruedas-Camiones*

Se utiliza un cargador de ruedas con balde de 10-12 m³ de volumen en vez de la excavadora hidráulica.

Si los mantos son de más de 6 metros de espesor y se cargan directamente a los camiones después de volarlo habría que proveerse de palas.

3. *Excavadora hidráulica-Camiones*

Si el carbón no se arranca con explosivos sino con excavadora hidráulica el rendimiento de la excavadora se reduce en un 50-60% (Eisenbau Essen).

4. *Escarificación-Mototraillas*

Se utilizan escarificadores para el arranque del carbón y para la carga y transporte se emplean mototraillas de accionamiento en tandem de 40 m³ y tractores de oruga para jalarlas.

5. *Escarificadora-Cargador de ruedas-Camión*

Para el arranque del carbón se utilizan escarificadoras, para la carga cargadores de ruedas con pala de 10-12 m³ de volumen. Los cargadores son auxiliados por bulldozers que apilan el material esca-rificado. Para el transporte se emplean camiones de 85 toneladas.

6. *Escarificación-Mototraillas-Correas transportadoras*

El carbón se transporta en mototraillas una distancia de 200 mts hasta el centro ponderado de la explotación y desde allí se alimenta a través de un conjunto de correas transportadoras a una distancia de aproximadamente 4.000 metros hasta la planta central.

Los requerimientos adicionales de equipos incluyen además:

- Niveladoras para el mantenimiento de vías de acarreo.
- Camiones de agua.
- Camiones de explosivos.
- Compactadores.
- Camiones de combustible.
- Equipo ambulante de mantenimiento.
- Equipo de bombeo.

c) *Operación de la Explotación*

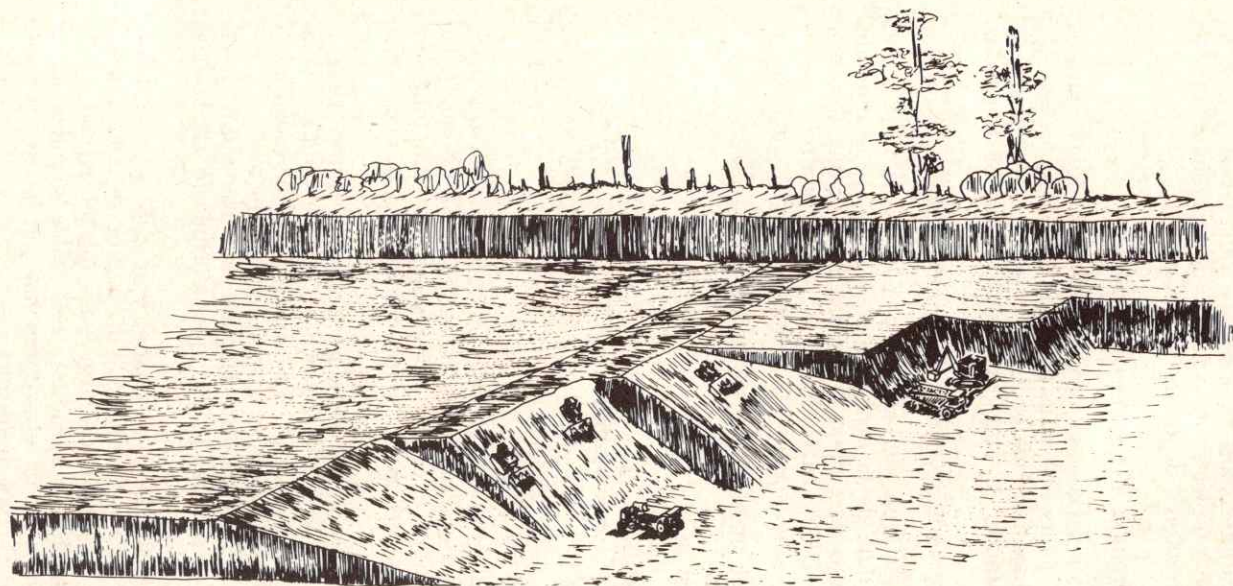
El proceso de explotación del yacimiento consistiría en que cada frente de trabajo estaría equipado con palas de 20 m³ de capacidad para remover el escombros y camiones de volteo de 120 toneladas para acarreo. Además se utilizaría equipo adicional para excavación y acarreo del carbón.

La mayor parte del escombros requiere voladura previa para la extracción. Es posible que sea necesario o más económico volar los mantos de carbón más gruesos. Es común volar el escombros y el carbón por separado para reducir al mínimo la dilución.

Los bancos bajan hacia el frente y la pala para escombros puede excavar hasta que el techo del manto queda expuesto en la base del frente de trabajo.

Los mantos están buzando aproximadamente 1:5, por lo tanto, para una altura del frente de trabajo de 15 metros se tiene que es-carificar una cuña de 75 metros de largo para que el carbón pueda exponerse para perforación y voladura. Las palas grandes no se considera eficiente utilizarlas en esta operación con la excepción de cargar material empujado por bulldozers.

Este problema puede solucionarse con paneles de trabajo de 180 metros de ancho. La operación sería: (Ver Figura 10).



CARBOZULIA
MINA PASO DIABLO
OPERACIONES DEL FRENT DE TRABAJO
FIGURA 10

1. La pala grande expone el techo del manto de carbón en la base del frente de trabajo y remueve la mayor cantidad de escombros que le permita el alcance.

La pala avanza removiendo escombros a lo ancho del pánel de trabajo.

2. La cuña de escombros que queda detrás de la pala se excava utilizando una retroexcavadora con camiones pequeños, o utilizando un buldozer escarificando hasta el techo de la capa de carbón y limpiar el material utilizando la pala o un cargador frontal.

3. Al exponerse el carbón se efectúan las perforaciones y voladuras.

4. Una vez efectuadas las voladuras se comienza con la excavación del carbón. Para operación los camiones pueden entrar por el banco superior, cargar en pendiente y salir por el banco inferior.

Alternativamente, puede empujarse el carbón por bulldozers hacia abajo y cargar con cargador frontal.

5. Al tiempo que se efectúa la operación del punto 4, se prepara la próxima zona para exponer el carbón para voladura. La pala continúa con su labor de remoción de escombros "in situ".

6. Una vez que la pala haya llegado al final del pánel exponiendo el techo del manto en el piso del frente de trabajo, la pala regresa al comienzo del pánel para continuar con la remoción de escombros.

La presencia de mantos de carbón con subdivisiones en mantos más delgados podría modificar la operación propuesta. Además una evaluación geotécnica en detalle de los frentes de trabajo puede modificar la operación. Todos estos aspectos se investigarán en la fase de diseño de la mina.

Este método de minería terrazeada a lo largo del buzamiento y avanzando en dirección del rumbo es utilizado en Wyoming y hay minas similares en Inglaterra, en Llanillid en el South Wales y en Escocia.

d) *Ubicación del Corte Inicial*

Antes de seleccionar la ubicación del corte inicial, hay que observar los siguientes aspectos:

- Relación escombros/carbón lo más baja posible para lograr costos mínimos de explotación los años iniciales.
- Los costos para remover el escombros inicial deben ser bajos, ya que son capitalizados como pre-inversión.
- Hay que depositar los escombros en una escombrera exterior, con costos más altos que depositarlos internamente, por tanto las cantidades deben reducirse a un mínimo.
- Ubicar el corte inicial en un borde natural del yacimiento.
- Evitar varios cortes iniciales en una sola área de explotación.
- Mantener las relaciones de carbón termoelectrico a coqueable.

El mapa de isópacas (Figura 11) proporciona una ayuda visual para evaluar el mérito relativo de lugares para el corte inicial. Se puede ver que las relaciones de escombros a carbón varían desde 2:1 en la zona de Paso Diablo, aumentando a más de 6:1 hacia el norte y oeste.

El promedio para todo el yacimiento es de 4.5:1 (m^3/TM). Los cortes iniciales normalmente se establecen en las áreas de relación baja de escombros a carbón. Sin embargo, en este caso el carbón más accesible se encuentra en el lugar más difícil desde el punto de vista minero debido a la presencia de los caños Paso Diablo y La Baqueta, donde pueden ocurrir inundaciones repentinas. Por consiguiente para establecer el corte inicial en estos sitios se requerirá una desviación de los caños a un costo sumamente alto.

Pueden considerarse las siguientes ubicaciones para el corte inicial:

- A) Corte inicial al Sur, cerca de Carichuano, explotación hacia el Norte.
- B) Corte inicial al Norte, explotación hacia el Sur.
- C) Corte inicial, cerca del Caño La Baqueta, explotación hacia el Norte.
- D) Corte inicial cerca del Caño Paso Diablo, explotación hacia el Norte.
- E) Corte inicial cerca del Caño Paso Diablo, explotación hacia el Sur, después desviación del Caño Paso Diablo y explotación hacia el Norte.
- F) Corte inicial al Sur del Caño La Baqueta, explotación hacia el Sur.
- G) Corte inicial cerca del Caño Norte, explotación hacia el Norte.

Ubicación A

Corte Inicial al Sur, cerca del Carichuano, explotación hacia el Norte.

Ventajas

1. Son mínimas las cantidades del corte inicial.
2. Las relaciones escombros/carbón no son favorables al principio, pero después se logran más favorables (promedio 4.4:1).

Desventajas

1. Desviar Paso Diablo.
2. Desviar Caño La Baqueta.
3. Área de escombrera exterior limitada (21 millones bm^3).
4. Largo acarreo para el carbón (unos 4.000 mts).

Ubicación B

Corte inicial al Norte, explotación hacia el Sur. Se elimina esta alternativa ya que está en un área de relaciones desfavorables de escombros a carbón (6:1) y los volúmenes del corte inicial serían muy altos.

Ubicación C

Corte inicial cerca del Caño La Baqueta, explotación hacia el Norte (Figura 12).

Ventajas

1. Área de relaciones de escombros/carbón cerca del promedio del depósito.
2. Es posible iniciar el corte inicial sin cantidades significativas de escombros ya que el grupo IV aflora en el corte inicial.
3. Durante más de 20 años se podrá avanzar en dirección norte sin dificultades particulares.
4. Un balance del producto entre carbón térmico y carbón coquizable durante el desarrollo del corte inicial y durante las operaciones posteriores.
5. Proximidad a las instalaciones centrales y a la estación de carga.
6. De los estimados de reservas proporcionados se puede ver que una gran proporción de las reservas carboníferas se encuentra al norte del Caño La Baqueta.

Desventajas

Las cantidades de escombros a depositar en la escombrera exterior es de 88 millones de bm^3 .

Se hará una investigación detallada para localizar un área de descarga de escombros de una extensión adecuada que sea aceptable desde el punto de vista ambiental. Preferiblemente, debe estar lo más cerca posible del sitio del corte inicial, con el fin de reducir al mínimo las distancias de transporte. Se investigarán usos alternativos para los escombros, por ejemplo, construcción de una represa o de relleno para el transporte minero.

Ubicación D

Corte inicial cerca del Caño Paso Diablo-explotación hacia el Norte.

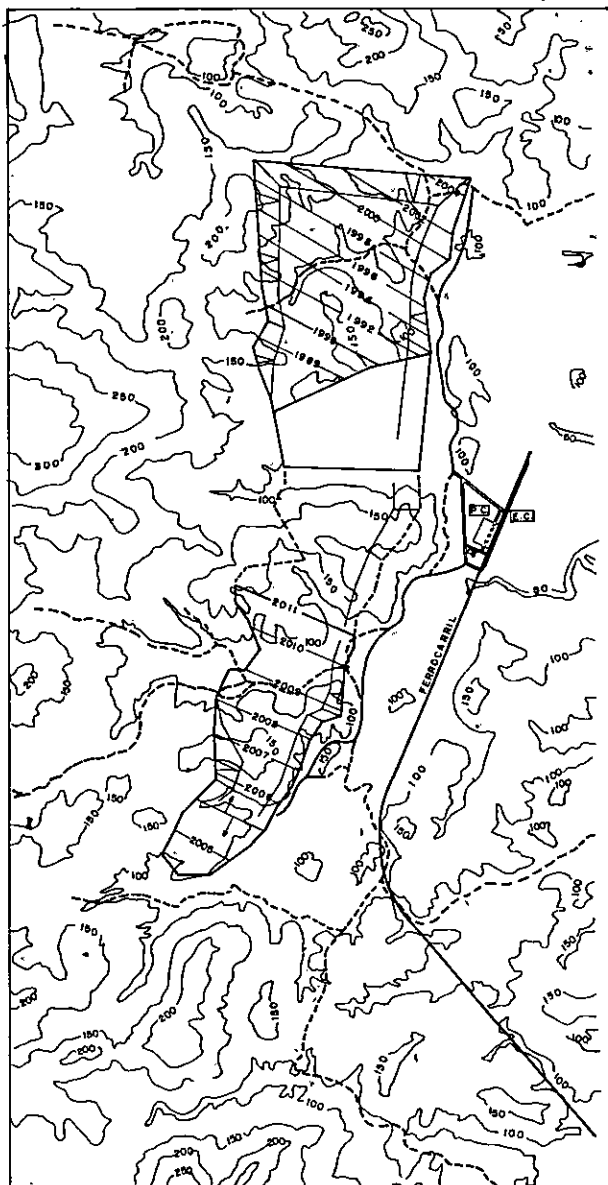
Ventajas

1. Relaciones bajas de escombros a carbón (3.5:1) durante el corte inicial.
2. Reducidos volúmenes de escombros a la escombrera exterior.

CUENCA CARBONIFERA DEL ZULIA

LA REFERENCIA DE ESTE MAPA ES:

12H, 13H



PLANO DE EXPLOTACION
FUENTE EBE CORPOZULIA

FIGURA Nº12

Desventajas

1. Sube muy rápidamente la relación escombro a carbón, a más de 5:1.
2. La desviación del Caño La Baqueta se presenta pronto (unos 6 años).

Por estas razones se rechazó esta alternativa.

Ubicación E

Corte inicial cerca del Caño Paso Diablo, explotación hacia el Sur, después desviación del Caño Paso Diablo y explotación hacia el Norte.

Ventajas

1. Desviación más fácil del Caño Paso Diablo que en A, sin presión por falta de tiempo.
2. El terreno de la escombrera interior, que deberá utilizarse para la desviación de Paso Diablo, se asentará por un período largo, lo que resultará en menos reparaciones del canal.

Desventajas

Hay que mantener abierto un canal profundo, para evitar otro corte inicial en el Paso Diablo.

Al considerar esta circunstancia, parece más favorable la alternativa A.

Ubicación F

Corte inicial al Sur del Caño La Baqueta, explotación hacia el Sur.

Ventajas

1. Es un área de relaciones escombro a carbón cerca del promedio de la Mina.
2. Proximidad a las instalaciones centrales y a la estación de carga.

Desventajas

1. La desviación del Caño Paso Diablo se presenta muy pronto (menos de 6 años).

Ubicación G

Corte inicial cerca del Caño Norte, explotación hacia el Norte.

Ventajas

1. La relación escombros a carbón es baja al principio (entre 2,4 y 4,0).
2. La desviación del Caño Carichuano se presenta después de varios años (más de 15 años).

Desventajas

1. Debe considerarse una correa transportadora y una trituradora primaria en sitio para evitar el transporte del carbón alrededor de 5.000 metros hasta las instalaciones centrales.
2. El área debe explorarse en más detalle para determinar la calidad del carbón y las reservas medidas con mayor exactitud.

Tomando como base la información existente, el corte inicial más favorable sería al Norte del Caño La Baqueta, sin embargo, el diseño en detalle obtendrá la ubicación óptima.

El desarrollo del corte inicial se ve afectado por el diseño final de la Mina. El método general sería desarrollar bancos horizontales aproximadamente este a oeste, avanzando hacia el norte hasta que se llegue a la profundidad máxima de la Mina. El tamaño de la excavación al nivel de superficie y la cantidad de escombros a ser depositados en el área de la escombrera exterior, depende de varios factores:

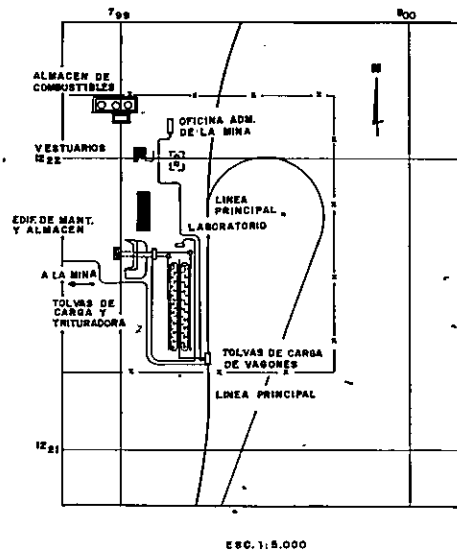
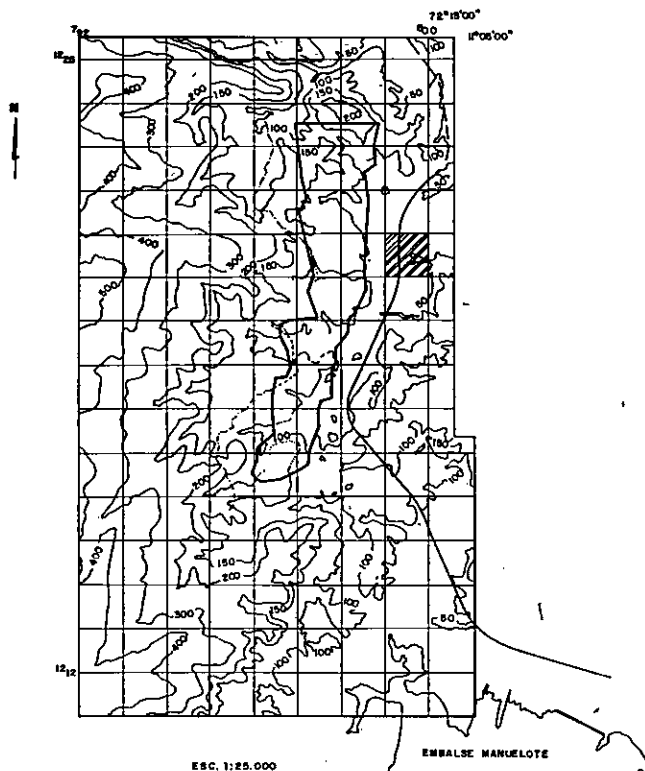
- a) Los ángulos de inclinación necesarios para estabilizar los taludes de la mina (basado en consideraciones geotécnicas).
- b) El ancho de los bancos (basado en consideraciones de transporte dentro de la mina o de seguridad).
- c) El arreglo propuesto para frentes de trabajo dentro de la mina.
- d) La profundidad final de la mina (determinada por medio de una evaluación económica de relación máxima aceptable).

VI. INSTALACIONES AUXILIARES A LA EXPLOTACION A CIELO ABIERTO

a) Localización y tamaño

La localización de la estación de carga del ferrocarril, los talleres, los depósitos de almacenamiento, las oficinas, los baños y todas las demás instalaciones correspondientes dependen de los siguientes criterios:

- Deberían colocarse en conjunto en un mismo sitio. (Ver figura 13).
- Este lugar debe estar adecuadamente conectado con la vía del ferrocarril.



CARBOZULIA
MINA PASO DIABLO
INSTALACIONES AUXILIARES
FIGURA Nº 13

- La localización deberá ser en el centro de extracción de la zona de explotación.
- Hay que seleccionar un terreno donde la morfología exija sólo un mínimo de movimiento de tierra.
- Las instalaciones deberán estar fuera de la zona de explotación.

El único lugar que cumple estas condiciones es en los alrededores de la Hacienda "La Baqueta".

Antes de cargar el carbón en el ferrocarril, hay que prever un sistema de almacenamiento que tendrá tres objetivos:

- Asegurar que todos los trenes que lleguen puedan ser cargados sin un tiempo largo de espera.
- Presentar un margen de seguridad entre el transporte ferroviario y la explotación a cielo abierto, asegurando así un transporte continuo desde la explotación a cielo abierto.
- Obtener mezclas homogéneas que cumplan con las especificaciones de calidad tanto del carbón térmico como del metalúrgico.

Para poder cumplir con tales objetivos habrá que prever un sistema de almacenamiento suficientemente grande. El volumen necesario del sistema depende de tres factores:

- La cantidad y el ritmo de la producción diaria.
- La sucesión de los trenes de carbón.
- Los requisitos de calidad del carbón.

b) *Sistemas de procesamiento del carbón*

1. *Sistema utilizando silos*

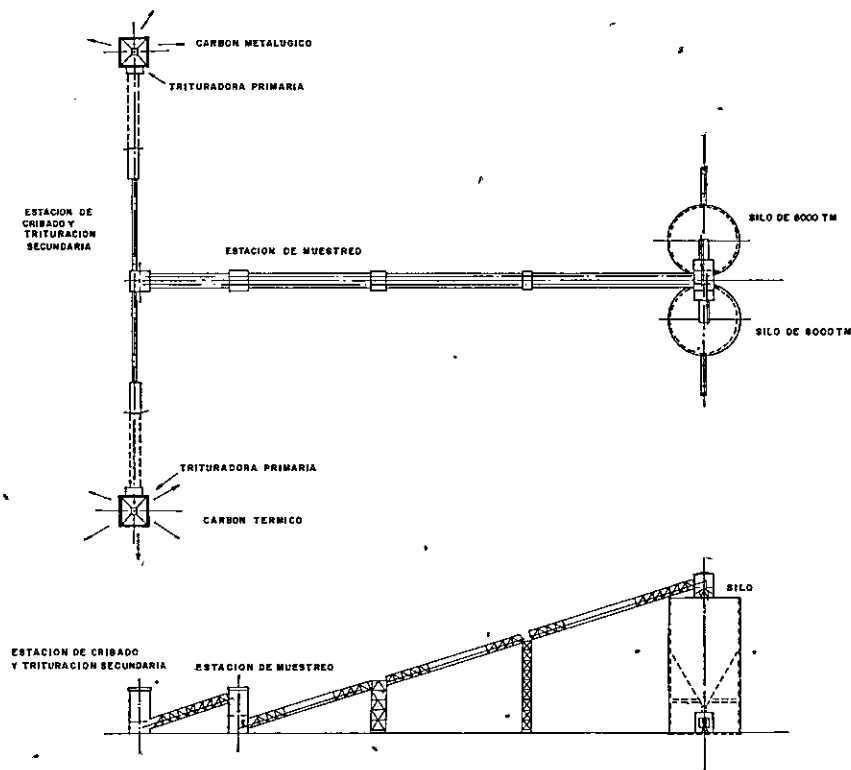
Este concepto propuesto por la empresa CONSOL (Figura 14) presenta dos líneas de producción, una para carbón térmico y otra para metalúrgico. Propone dos trituradoras primarias y dos secundarias, con dos silos, para almacenamiento y carga de vagones, con una capacidad de 6.000 TM. cada uno.

2. *Sistema utilizando pilas*

La empresa FLUOR propone (Figura 15) dos líneas de producción, una para carbón térmico y otra para carbón metalúrgico. El sistema tiene dos pilas de almacenamiento de 75.000 TM. de capacidad cada una.

El carbón es triturado en dos etapas hasta un tamaño de 38 mm X 0. La estación de carga de vagones tiene una capacidad de 250 TM. y carga a una tasa de 2.000 toneladas por hora.

Estos y otros sistemas serán evaluados durante el diseño conceptual para determinar, cuál sería el más conveniente para los objetivos de CARBOZULIA.



CARBOZULIA
MINA PASO DIABLO
PROCESAMIENTO DEL CARBON
FIGURA N° 14

c) *Talleres*

Es conveniente establecer los talleres de la mina al principio, de modo que estén disponibles durante el período inicial de desarrollo.

El nivel de equipamiento de los talleres dependerá de varios factores, tales como: el tipo e importancia económica de las fallas esperadas, naturaleza de la operación minera, disponibilidad de repuestos, disponibilidad de instalaciones de talleres externos, rango de equipos a ser mantenidos, etc.

La distribución de los talleres será planeada para acomodar las operaciones en secuencia: limpieza y desmontaje, inspección e informes, reemplazos de partes defectuosas, montaje e inspección y prueba final.

d) *Energía Eléctrica*

El sistema de energía para minería de carbón a cielo abierto se caracteriza por una demanda de carga con grandes fluctuaciones con picos instantáneos sumamente altos debido a la operación de las palas eléctricas.

La confiabilidad de suministro, sencillez, transportabilidad y facilidad de expansión son criterios a los cuales debe ajustarse el sistema de distribución eléctrica.

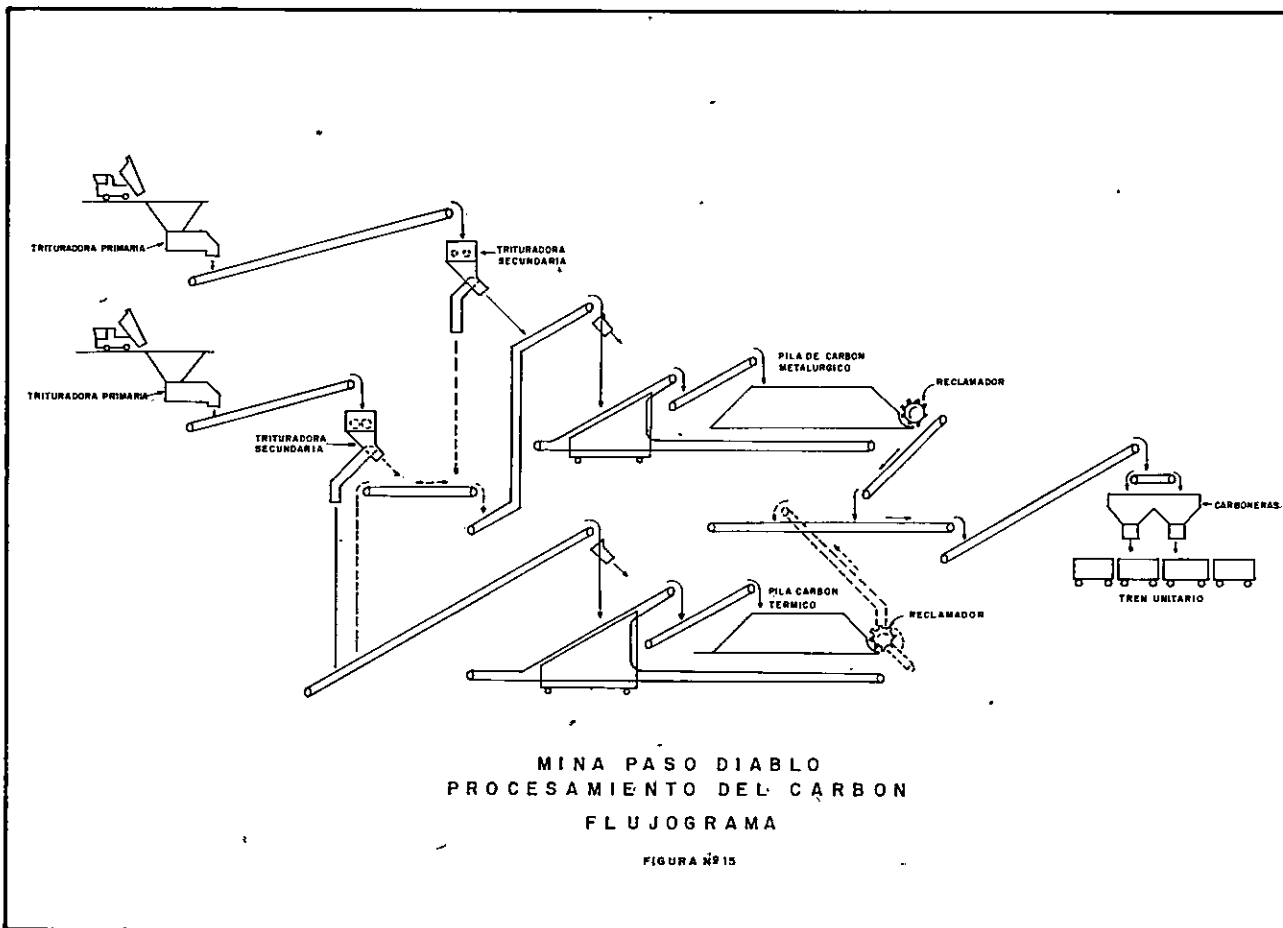
La energía eléctrica sería suministrada por ENELVEN (Energía Eléctrica de Venezuela) para todas las etapas de desarrollo de la mina.

La selección final del voltaje de distribución en la mina se determinará en base a factores económicos, pero dependerá de la selección final de equipos y será diseñado para mantener el 95% del voltaje de diseño en los terminales del motor de las palas eléctricas.

VII. CONTROL AMBIENTAL Y RECUPERACION DE TIERRAS

Debido a la explotación a cielo abierto el paisaje será sujeto a cambios considerables. Por este motivo será necesario efectuar un reacondicionamiento del as tierras para integrarlas al medio ambiente después de la explotación. Estas áreas serán apropiadas para la agricultura, silvicultura y el recreo.

En el área de protección ambiental, no se prevén problemas (EBE-Estudio de factibilidad). Los estudios realizados de las aguas subterráneas y de lluvias a bombearse de la explotación, indican que no habrá contaminación por componentes dañinos. Las aguas provenientes de las escombreras que lleguen a la mina a cielo abierto serán conducidas a una laguna de clarificación antes de ser llevadas al sistema de ríos. De acuerdo con la ley será preciso efectuar un control continuo de las cantidades y calidades del agua que entre en la mina y del agua bombeada de ésta.



Mauro Castro

No habrá contaminación química de la atmósfera por la explotación a cielo abierto. El desarrollo de polvo proveniente de la mina no tendrá influencia sobre el ambiente.

Entre las prácticas de operación y futuras estrategias en recuperación de tierras y control ambiental se contempla:

1. La limpieza gradual de la vegetación antes de la minería, con la separación del suelo para reubicarlo en la parte superior del relleno de escombros.
2. El establecimiento en el área de la mina de un centro experimental para el cultivo y estudio de especies, con el fin de reestablecer la vegetación nativa en algunas áreas.
3. La realización de mediciones sistemáticas del clima y las

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carbozulía. *Coordinación Proyecto Minero*. Mina Paso Diablo: Reservas y relación estéril/carbón, agosto 1981.
- Dames and Moore. *Evaluation of coal characteristics for a portion of the Guasare coalfield*. Zulia State. Venezuela, mayo 1981.
- Eisenbau Essen. *Estudio de factibilidad mina a cielo abierto*. Paso Diablo, noviembre 1977.
- Flour Mining & Metals-Tecnoconsult-Shell Coal International. *Propuesta para el diseño de la mina de carbón a cielo abierto Guasare*. Edo. Zulia, febrero 1980.
- Sofremines. *Pruebas semi-industriales de coquización de los carbones de Guasare (Zulia) y de Cúcuta (Colombia)*, 1977.