



ECOMINAS

**PROYECTO MINERO PARA LAS
MINAS DE MUZO Y COSCUEZ
(COLOMBIA - SURAMERICA)**

Por

CARLOS GARCIA MANJARRES

CARLOS ARTURO VARGAS AYALA

Bogotá, Julio de 1970

EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS

330. 209861
EM55P
E1

6960

**PROYECTO MINERO PARA LAS
MINAS DE MUZO Y COSCUEZ
(COLOMBIA - SURAMERICA)**

Por

CARLOS GARCIA MANJARRES

CARLOS ARTURO VARGAS AYALA

Bogotá, Julio de 1970

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo quieren dejar testimonio de su agradecimiento a los diferentes funcionarios de la Empresa, que tan decididamente colaboraron en este estudio y sin cuya intervención hubiera sido imposible el realizarlo.

INDICE DE MATERIAS

	<u>Página</u>
BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA EXPLOTACION DE LAS MINAS DE MUZO Y COSCUEZ	I
I. INTRODUCCION	1
A. Estudio Económico	1
B. Estudio y Selección del Sistema de Explotación	1
C. Programación de la Explotación para cada frente de trabajo.	2
II. GENERALIDADES	3
A. Localización	3
B. Geografía	3
C. Recursos	4
III. GEOLOGIA.	5
A. Naturaleza de los yacimientos de esmeraldas	5
1. Proceso Hidrotermal	6
2. Procesos Singenéticos parametamórficos	15
B. Las Esmeraldas	22
1. Composición de la Esmeralda	22
2. Características de las Esmeraldas	22

INDICE

BREVE RESENA HISTORICA DE LAS MINAS DE EMERALDA

I. INTRODUCCION

A. Estudio Economico

B. Estado y Situacion de la Mina

C. Programacion de la Mina

II. DESCRIPCION DE LA MINA

A. Situacion

B. Caracteristicas

C. Recursos

III. GEOLOGIA

A. Caracteristicas de la Mina

B. Estudios Geologicos

C. Estudios Geofisicos

D. Estudios Geoquimicos

E. Estudios de Laboratorio

	<u>Página</u>
3. Métodos de identificación	23
a). Dureza	23
b) Gravedad Específica	24
c) Índice de Refracción	24
d) Examen al Microscopio	25
e) Espectro de Absorción	26
f) Dicroismo	26
4. Diferencia entre una esmeralda sintética y una natural	26
5. Factores que inciden en el costo de una esmeralda	28
6. Clasificación de las Esmeraldas	28
IV ANALISIS ECONOMICO	29
A. Mena Disponible	29
B. Cantidad de Esmeralda recuperable por metro cúbico de mena	30
1. Datos históricos sobre movimiento de tierra y rendimiento de la producción	30
2. Análisis de los datos Históricos	33

	<u>Página</u>
3. Comprobación del dato anterior	35
C. Factores que intervienen en el gráfico del Análisis Económico	36
1. Costos Fijos	36
2. Costos Variables	37
3. Demanda Estimada	37
a). Análisis del crecimiento de la demanda de diamantes en el mercado mundial	39
b). Demanda de Esmeraldas Colombianas en el mercado mundial	40
c). Demanda de Esmeraldas de Muzo y Coscuez en el mercado mundial	42
4. Ingresos Estimados	45
5. Análisis de los factores económicos por medio de métodos gráficos	46
D. Determinación de Metas de Producción	48
V. EXPLOTACION	53
A. Características del material a remover	53
1. Características Geológicas	53

Página

2. Características Físicas	54
3. Topografía	55
B. Sistema de Explotación	55
1. Escogencia del sistema	55
2. Escogencia del Equipo	56
3. Análisis y Selección	58
a). Buldoceres	58
b). Escarificador	61
c). Palas Mecánicas	61
d). Otros Sistemas	62
1. Banqueo con ayuda de explosivos	62
2. Banqueo con ayuda del martillo rompedor	62
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
A. Clase de Equipo	63
B. Cantidad de Equipo	63
C. Control de Mantenimiento	65
D. Inversiones en Equipo	65
1. Costos del Equipo	65
2. Gráfica ajustada con nuevos costos	66
3. Análisis del nuevo Gráfico ajustado	66

1. Características Físicas	54
2. Características Físicas	54
3. Topografía	55
B. Sistema de Explotación	55
1. Escogencia del sistema	55
2. Escogencia del Equipo	56
3. Análisis y Selección	58
a). Buldoceres	58
b). Escarificador	61
c). Palas Mecánicas	61
d). Otros Sistemas	62
1. Banqueo con ayuda de explosivos	62
2. Banqueo con ayuda del martillo rompedor	62
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
A. Clase de Equipo	63
B. Cantidad de Equipo	63
C. Control de Mantenimiento	65
D. Inversiones en Equipo	65
1. Costos del Equipo	65
2. Gráfica ajustada con nuevos costos	66
3. Análisis del nuevo Gráfico ajustado	66

E. Rentabilidad del Proyecto para el año de 1971

Página

67

VII. BANCO TEQUENDAMA

69

A. Mena Disponible

69

B. Programación de extracción de la mena

69

1. Explicación del sistema

69

2. Preparación

70

a). Programación del Banqueo

70

b). Movimiento de Tierra

71

C. Principales características de la programación del

Banco Tequendama

73

2. Características Fisicas

3. Topografía

B. Sistema de Explotación

1. Especificación del sistema

2. Especificación del Equipo

3. Análisis y Selección

a). Bofederos

b). Escarificador

c). Pisos Mecánicas

d). Otros Sistemas

1. Banqueo con ayuda de explosivos

2. Banqueo con ayuda del martillo rompedor

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Clase de Equipo

B. Cantidad de Equipo

C. Control de Mantenimiento

D. Invetorias en Equipo

1. Costos del Equipo

2. Grupos ajustados con nuevos equipos

3. Análisis del nuevo grupo ajustado

BREVE RESEÑA HISTORICA DE LA EXPLOTACION DE LAS MINAS DE MUZO Y COSCUEZ

Aunque los indígenas americanos venían explotando las minas de esmeraldas de Muzo y Coscuez desde tiempos inmemoriales, pues se sabe de su comercio con los Incas y otras razas nativas en época muy anterior a la llegada de los españoles, la primera noticia oficial en tiempos de la colonia se encuentra en el informe rendido por don Andrés Díaz Venero de Leyva al rey, el 10. de Enero de **1564**, en el cual da cuenta de la existencia de grandes minas de esmeraldas en la región de los indios Muzos. El 9 de Agosto del mismo año, el capitán Luis Lancheros es quien comienza la explotación de estas minas, en la recientemente fundada población de Muzo.

La primera compañía organizada para la explotación de las esmeraldas es la de Benito de Poveda, quien comienza trabajos en **1567**. De esta explotación dice el Padre Simón que, en procura de medios para facilitarla, apelaron al agua, la cual buscaron en los sitios más a propósito para llevarla a la cumbre del cerro Itoco; allí construyeron embalses para soltarla por la ladera de la peña de manera que la fuerza de la caída arrastrara la tierra y piedras que cubrían las vetas que - " algunas veces son de tierra bermeja, parda y negra y otras se hallan en vetas de piedra al modo de alabastro, que los mineros llaman Calidonia, donde están encajadas las esmeraldas".

Como las explotaciones estaban en manos de particulares, la Corona impuso como impuesto una quinta parte del valor de la producción, tributo sumamente alto, considerando que el impuesto al oro, por ejemplo, era tan solo de un peso por cada veinte. Sin embargo, era tan alta la producción de esmeralda, que hasta 1625 ya había recibido por concepto de quintos una suma superior a los 300.000 pesos oro.

En 1650 se reserva para el tesoro real la propiedad de todas las minas de esmeraldas, con administración directa de la Corona. Aunque el sistema dura bastante tiempo, sus resultados no son óptimos, y por cédula real de 1792 se permite el arrendamiento de las minas a particulares. Pero no fué sino hasta 1828 que se celebró el primer contrato, entre el Ministro de Hacienda, don Nicolás Tanco, y el señor José I. Paris. El contrato era por diez años prorrogables, y el gobierno recibiría un 10% de lo producido. Es de anotar que fué con parte de las ganancias obtenidas de este contrato que Paris ordenó al escultor Tenerani la elaboración de una estatua de Bolívar que después donó al país.

Por ley del 9 de Junio de 1847, el Gobierno reservó como bienes fiscales todas las minas de esmeraldas en el territorio nacional. En 1849 arrendó las minas de Muzo y Coscuez a los señores Juan Martín y Patricio Wilson por el término de 8 años, cobrándoles 142.000 reales más el 5% de las

utilidades; este contrato fué prorrogado por un término igual, y a su vencimiento se le entregaron las minas, también en arrendamiento, a Gustavo Lehman, quien, como dato digno de mención, en solo cuatro días, del 3 al 6 de Febrero de 1865, extrajo 66.940 kilates.

En 1870, por Ley del 31 de Mayo, las minas de esmeraldas que de ahí en adelante se descubrieran serían de propiedad particular. Pero el Gobierno conservaba la propiedad de las que en ese momento poseía y, así, en 1875 arrendó las minas de Muzo, al terminar el contrato con Lehman, al señor Juan Sordo por 20.606 pesos anuales. Del contrato con Sordo hay dos cosas curiosas que anotar; por un lado, por primera vez se entregaron inventariados los haberes, construcciones y demás anexos a la mina, los cuales fueron valuados en 3.035.50 pesos y, como segundo dato, se encuentra el primer incentivo oficial a la explotación minera, al eximir del servicio militar a los jornaleros empleados por Sordo.

En esta época comenzó el Estado de Boyacá a presionar para obtener una participación en el producido de las minas de Muzo y Coscuez, de las cuales no había recibido nunca ningún provecho, no obstante encontrarse ellas en su territorio. Por la Ley 48 de 1874, se le cedió a Boyacá lo que excediera de 10.000 pesos, como participación en lo producido, correspondiendo aquella suma al gobierno nacional.

Pero como esta cesión obligaba al Estado Soberano a invertir las cantida-

... este contrato fue prorrogado por un término...

En 1870, con ley del 31 de Mayo, las minas de esta...

señor Juan Gordo por 20.000 pesos...

En esta época... participó en el... las no había recibido...

des recibidas en educación, y el Gobierno boyacense necesitaba urgentemen- te fondos para invertir en acciones para la construcción del ferrocarril, la ley 27 de 1878 dispuso que la totalidad de lo percibido por la nación por concepto de arrendamiento de las minas de Muzo y Coscuez ingresara al tesoro de Boyacá.

Cuando, en 1886, la nueva constitución reservó para la nación todas las minas de piedras preciosas, se hallaba vigente el contrato de arrendamien- to suscrito en 1883 con Lorenzo Marino, con un cánon de 22.500 pesos al año. Este contrato terminó en 1894, cuando fué reemplazado por el firmado con Alejandro Mancini, por cinco años y a razón de 30.000 pesos anuales y 400.000 a la firma del contrato. A Mancini se le entregaron bienes inven- tariados por un valor de 21.744 pesos, y este traspasó sus derechos a The English Mining Syndicate Limited, quien, a través de Mancini como repre- sentante en Colombia, continuó la explotación de las minas.

Al vencimiento del contrato con Mancini, se contrató al general Dimas Atuesta para realizar la medición de la zona minera de reserva nacional, y el resultado de su trabajo fué aprobado mediante Decreto 400 de 1899. En 1901 se arrendaron las minas a Lorenzo Cuellar, quien recibió bienes por 133.769 pesos y se obligó a pagar 36.100 pesos por mes. A Cuellar le fué imposible explotar las minas por la situación de orden público impe-

rante en la región, y a los dos meses de haber recibido las minas se vió forzado a buscar la rescisión del contrato, que no le produjo sino pérdidas.

En 1902 ensaya el Gobierno Nacional por primera vez la administración directa de las minas. El resultado no fué del todo malo, pues del 22 de noviembre de 1902 al 28 de mayo de 1903 se extrajeron 268.211 kilates, pero los gastos eran demasiado elevados, como se puede deducir del salario del primer administrador, el señor Plantagenet Moore, quien devengaba la suma de seis mil pesos mensuales.

En 1904 suscribió el gobierno un contrato de administración delegada con un grupo de personas que, una vez firmado el contrato, formaron la sociedad Sindicato de Muzo, gerenciada por Laureano García Ortíz. Por la administración le correspondía al sindicato un 20% de las utilidades netas. Entre el 29 de Marzo de 1904 y el 11 de junio de 1909 el sindicato produjo 737.047 kilates de primera clase, 704.812 de segunda, 1.268.017 de tercera y 1.738.559 kilates de cuarta clase, para un total de 4.448.435 kilates de piedra, de la cual se vendió una cantidad por valor de 2.177.008 pesos, siendo los gastos de este período 606.866 pesos. En 1909 formó García Ortíz una sociedad con unos inversionistas ingleses, constituyendo la Colombian Emerald Company Limited, la

cual suscribió un nuevo contrato de administración delegada con el gobierno colombiano. Una de las cláusulas daba competencia para cualquier litigio originado en este contrato a la justicia británica, y por lo tanto, al presentarse el primer problema, la compañía inglesa recurrió a los tribunales de su país, logrando un fallo condenatorio para Colombia, que se vio obligada a pagar a Colombian Emerald Company 250.000 libras esterlinas y al Sindicato de Muzo 71.073 libras esterlinas por concepto de indemnizaciones.

Una vez dirimidos todos los problemas con el Sindicato, se retornó a la explotación directa en 1920, pero las pésimas condiciones del mercado internacional, como resultado de la guerra mundial, no permitían una adecuada inversión para la explotación, lo que se puede ver en el hecho de que en 4 años, de 1924 a 1927, sólo se extrajeron algo más de 265.000 kilates.

Como resultado de esta situación, se clausuraron las minas en diciembre de 1927.

La explotación se reinició en 1933, de manera directa, y con pésimos resultados. De 1933 a 1938 la producción fué de 93.287 kilates de segunda a quinta categorías, incluyendo 25.645 kilates de morralla. Tras una nueva parálisis de la producción, se llegó a un convenio con el Banco de la República, que culminó con el contrato de administración delegada firmado

el 24 de julio de 1946. El Banco inició trabajos en febrero de 1947, y hasta 1968 había producido 463.750 kilates de piedra y 2.250.495 kilates de morralla.

En Junio de 1968 el gobierno, en uso de facultades conferidas por las leyes 145 de 1959 y 65 de 1967, creó, por Decreto 912, la Empresa Colombiana de Esmeraldas, como entidad autónoma de tipo comercial e industrial, para explorar, explotar y administrar los yacimientos que se encontraran dentro de la zona de reserva nacional, comprar, vender, lapidar y distribuir las esmeraldas y organizar su comercio interior y exterior. Esta empresa nunca llegó a existir pues, antes de organizarse, fué transformada por el Decreto 3161 de Diciembre de 1968 en Empresa Colombiana de Minas - Ecominas - ampliándose la extensión de sus actividades a la explotación de toda clase de yacimientos mineros en cualquier parte del territorio nacional.

Las labores de organización de Ecominas se iniciaron en el mes de marzo de 1969, y en septiembre del mismo año le fueron entregadas las minas de Muzo y Coscuez por parte del Banco de la República. A partir de esta fecha Ecominas ha venido realizando labores preoperacionales encaminadas a iniciar la explotación minera de los citados yacimientos, etapa que ahora comienza con base al presente estudio.

Otra de las labores importantes que ha venido adelantando Ecominas son las referentes a exploración. Dentro de este campo ha venido realizando estudios Geológicos y Fotogeológicos regionales a escala 1:25.000 y estudios geológicos de detalle para las áreas mineralizadas a escala 1:10.000 y 1:1.000. Para complementar estos estudios está desarrollando un programa de prospección Geoquímica a escala regional y local.

I. INTRODUCCION

En el desarrollo del presente estudio se consideran tres partes principales:

- A. Estudio económico
- B. Estudio y selección del sistema de explotación
- C. Programación de la explotación para cada frente de trabajo

A. Estudio Económico.

Las consideraciones económicas se hacen para todo el proyecto, basándose siempre en los datos históricos existentes, pero por ser éstos escasos y poco confiables, se procura, al analizarlos, permanecer siempre dentro del campo de la prudencia.

Con base en los resultados obtenidos en el estudio económico se fijan las metas de producción para el período 1970 - 1980.

B. Estudio y Selección del Sistema de Explotación

Después de estudiar lo que ha sido el sistema de explotación hasta el momento, que básicamente consiste en el movimiento de grandes volúmenes de tierra para encontrar las esmeraldas, y en vista de la carencia de información sobre el resultado de otros sistemas, se decidió seguir con el llamado " método tradicional", ya

que aún cuando pudieren existir otros con una mayor eficiencia, éste no ha sido demostrado en la práctica. Cabe poner de presente que los yacimientos esmeraldíferos colombianos y en particular los que motivaron el presente estudio, tienen características únicas en el mundo, por lo menos en lo conocido hasta el momento, circunstancia que nos restringe la asimilación de los métodos utilizados en otros yacimientos de esmeraldas. Aún cuando no se presentan cambios radicales, diferentes a la programación de los trabajos, se esbozan una serie de ensayos sobre beneficio que pueden indicar en un futuro la conveniencia de modificar o cambiar el sistema.

Dentro del desarrollo de este método se ha escogido el sistema que más fácilmente se pueda adaptar a innovaciones o cambios futuros en la explotación.

Esto por cuanto Ecominas se propone adelantar, simultáneamente con la explotación, trabajos sistemáticos de investigación, encaminados a identificar la posible aplicación de métodos de explotación y beneficio mineros de mayor avance técnico, hoy en vigencia en otros renglones de piedras preciosas.

C. Programación de la explotación para cada frente.

La programación de la explotación en sí se hace separadamente para cada frente, presentando en este estudio únicamente el del

" Banco Tequendama". La explotación de los otros frentes se está programando, ya que uno de los criterios fundamentales, que se ha tenido en cuenta para la programación de la explotación, es el procurar ofrecer una producción continua para lo cual se ha proyectado tener frentes en producción, frentes en reserva y frentes en preparación.

Esta misma norma se ha seguido para la programación individual de cada frente, con el objeto de mantener las mismas características dentro de él.

II. GENERALIDADES

A. Localización.

El área motivo de este estudio está localizada en el occidente de Boyacá dentro de la zona especial de Reserva Nacional y en jurisdicción de los municipios de Otanche, Borbur y Muzo. Cubre un área aproximada de 50 Km.², viniendo a representar una décima parte del total de la zona de reserva (Ver mapa índice).

B. Geografía.

La región esmeraldífera de Muzo y Cosquez queda en la vertiente

occidental de la cordillera oriental y sobre la margen izquierda del río Minero, presentando una topografía abrupta con elevaciones que oscilan entre 600 m. y 1.250 m. La vegetación es en parte selvática, densa y de notoria exuberancia y el clima presenta temperaturas variables entre 15 y 30 grados, según la localidad y la época del año.

El régimen de lluvias que impera en la región es el que prevalece en la hoya del valle medio del Magdalena, con cuatro estaciones entre lluviosas y secas siendo las de mayor precipitación las que van de Abril a Junio y de mediados de Septiembre a comienzos de Diciembre.

C. Recursos.

El principal recurso mineral es la esmeralda, sin que esto signifique que no se puedan descubrir yacimientos de otra naturaleza.

Los principales productos agrícolas son el café, el plátano, el cacao, la yuca, el maíz, pero aun cuando las tierras son fértiles, se han trabajado con poca intensidad ya que los residentes en la región se han dedicado, preferentemente, a la búsqueda de las esmeraldas.

El principal centro recursivo de la zona es Chiquinquirá y existen además algunas poblaciones menores como Muzo, Otanche y Borbur, las cuales están comunicadas con la anterior por carreteables de uso permanente que conectan a esta área minera con el resto del país.

III GEOLOGIA.

Los principales sedimentos que afloran en el área pertenecen a la parte media-inferior del Cretáceo (Albiano?), consisten predominantemente en pizarras y esquistos arcillosos grises y negros de carácter ampelítico que podría reflejar el ambiente reductor a que fueron sometidos. El área presenta fallas y fracturas que permiten evidenciar un alto grado de tectonismo estrechamente relacionado con las mineralizaciones a las cuales controlan.

A. Naturaleza de los yacimientos de esmeraldas.

Los principales fenómenos mineralizantes de la zona han dado lugar a los más importantes yacimientos esmeraldíferos del país y probablemente del mundo.

En cuanto a la génesis de tales yacimientos existen diversos planteamientos dentro de los cuales se han escogido dos que han sido desarrollados dentro de los programas propios de la Empresa.

1. Proceso Hidrotermal.

Muchos de los geólogos que han visitado y/o estudiado el área atribuyen a soluciones hidrotermales de origen magmático, la formación de estos yacimientos. Entre los últimos geólogos que han trabajado la zona y que sustentan esta teoría se halla el Profesor Alexei A. Beus (1) de cuyo informe se citarán algunos de los apartes más importantes en lo concerniente a este punto específico:

" 16. El sistema de fallas y fisuras en la parte axial del plegamiento forman una especie de zona fracturada con dirección NE la cual es considerada como el principal elemento estructural que controla el depósito esmeraldífero de Muzo. Las principales fallas dentro de la zona de fractura tienen la misma dirección NE y un pronunciado buzamiento para su plano de fractura que está cerca de la posición vertical. Sin embargo dos o tres sistemas de fisuras adicionales existen en la zona formando un sistema de red lo cual puede observarse fácilmente en los afloramientos artificiales que existen en las minas. Otro tipo de falla regional ha sido mapeado por Bürgl a lo largo del río Itoco. Esta falla atraviesa el plegamiento con dirección NW y el mismo Bürgl ha mapeado un desplazamiento, en la parte central del plegamiento,

(1) Alexei A. Beus. Consultor de las Naciones Unidas. Diciembre de 1969. Ecominas. Indicaciones sobre el Programa de Exploración a Desarrollar en la región esmeraldífera de Muzo-Coscuez en la Cordillera Oriental (Colombia).

no fácilmente reconocible y que requiere evidencias adicionales".

"17. Existen una serie de venas y venillas de calcita, calcita-dolomita, calcita-albita, que tienen diferentes direcciones e inclinaciones, las cuales están de acuerdo con la posición geológica de las fisuras que han sido usadas por las soluciones dentro de la zona de fractura durante la etapa de actividad hidrotermal. La asociación de minerales hidrotermales, incluye berilo (esmeralda) que fué depositado en venas y venillas que ocurren dentro de las arcillolitas negras, y este berilo se depositó cerca de las venas".

" 18. Con base en nuestras observaciones de campo no podemos aceptar la existencia de una secuencia estratigráfica tal como se describe en algunos esquemas que presentan variedades litológicas de las rocas utilizando los nombres dados por mineros locales".

" De todos modos las zonas en las cuales hay producción de esmeraldas pueden ser descritas como zonas de fractura relacionadas a un complejo sistema de fisuras asociadas a brechas y a otros rasgos típicos de zonas tectónicas. Así que el término histórico " capas buenas" (capas esmeraldíferas), geológicamente puede ser relacionado a las arcillolitas negras fracturadas, atravesadas e interstratificadas por venas y venillas de calcita,

de la zona tectónica mineralizada".

" Es difícil encontrar diferencias litológicas entre las llamadas "capas buenas" y la formación de " el cambiado" con una sola excepción, capas buenas están mucho más afectadas por la actividad tectónica e hidrotermal. Este asunto requiere un estudio más detallado, pero es obvio que los mineros locales experimentados hacen una distinción visual rápida entre las arcillolitas negras situadas dentro de la zona mineralizada y las arcillolitas negras que están fuera de ella".

" Durante nuestro trabajo de campo pudimos observar claramente la relación tectónica existente entre la zona con mineralización de esmeraldas y la zona vecina improductiva compuesta también por arcillolitas negras y que visualmente han descrito como "cambiado".

" 19. Las variedades de rocas conocidas como cenicero y cama representan el producto de una actividad hidrotermal dentro de las zonas locales que han tenido un fracturamiento intensivo y brechización. Esas asociaciones minerales son controladas por fracturas dentro de la zona mineralizada como venas de calcita y deben ser estudiadas como asociaciones paragenéticas que reflejan una etapa particular de la mineralización hidrotermal den-

tro de la zona de fracturas".

"20. El control de las fracturas de la zona de mineralización dentro de las zonas tectónicas productivas requiere una investigación muy cuidadosa. Es posible asumir que varias etapas de fracturamiento tuvieron lugar durante la formación de la zona esmeraldífera. Sin embargo en tales casos usualmente sólo una o dos etapas dan como consecuencia la mineralización del berilo (esmeralda) y solamente de acuerdo al sistema de fisuras relacionadas a esas etapas particulares aparece dicha mineralización. "

" El análisis estructural especial que debe ser llevado a cabo durante el mapeo detallado del depósito, en la mayoría de los casos permitirá definir el sistema de fisuras mineralizadas y nos dará la pauta para importantes criterios en el desarrollo de la mina."

"23. La mina de esmeralda de Coscuez que está situada a más o menos 15 kilómetros en dirección norte de la de Muzo, presenta los mismos rasgos que la anterior."

" 24. El depósito está localizado dentro de una zona plegada y fracturada de arcillolitas negras y de pizarras de la Formación Vi -

lleta. En la mina principal, donde afloran en todo su espesor las arcillas negras, es posible observar dos zonas tectónicas principales, las cuales tienen una dirección $N 20^{\circ} - 30^{\circ} E$ y un buzamiento bastante pronunciado (cerca de 90°). El sistema principal de fracturas verticales en la zona tectónica está complicado por un segundo sistema de fracturas casi horizontales. Este sistema de fracturas está claramente marcado por una serie de venas de calcita. Entre las dos zonas de fracturas (las Palmas y Ojo de Agua) existe una estrecha faja compuesta por las mismas arcillolitas, pero mucho menos afectada por la actividad tectónica. Así que el patrón tectónico en la mina de Coscuez repite completamente los rasgos estructurales principales del depósito de Muzo".

" 25. El segundo mineral en abundancia en la zona fracturada después de los carbonatos es la pirita. Grandes cristales porfiroblásticos de pirita, han sido formados a manera de cadenas a lo largo de fisuras de las arcillolitas negras. Los pequeños cristales están incrustados entre las venas de calcitas y especialmente dentro de las venillas. La calcopirita no es tan abundante como la pirita pero algunas veces aparece con frecuencia en pequeñas venillas de calcita".

" 26. Los cristales de esmeraldas tal como en el depósito de Muzo, están distribuidos principalmente en las venas de calcita y en las vecindades de ellas dentro de las arcillolitas que están en la zona fracturada, pero están totalmente ausentes en las arcillolitas negras que no tienen fractura. El control estructural de la mineralización de esmeraldas es bastante diferente pero desgraciadamente no ha sido estudiado durante el desarrollo previo que ha tenido la mina".

" 28. La asociación paragenética de minerales en las minas de esmeraldas de Colombia es en general para depósitos típicos de berilo de baja temperatura. La presencia de albita y fluorita en esta asociación tiene especial énfasis porque estos dos minerales sirven a la mineralización del berilo desde la formación a altas temperaturas en granitos albitizados, pegmatitas, greissen y venas hidrotermales formadas a alta temperatura hasta depósitos filonianos de cuarzo epitermal y calcita".

" Es realmente difícil encontrar un solo tipo de depósitos de berilo el cual no contenga albita o fluorita, o las dos. Esta relación última para la génesis del berilio con sodio y fluorita ha sido explicado por la regla especial de Na y F en el transporte del berilio en las soluciones hidrotermales".

" 29. La siguiente tabla nos permite dar una idea general en lo concerniente a depósitos de minerales de esmeraldas en la cordillera oriental: (Véase cuadro de la siguiente página).

" Es necesario poner de presente que la mineralogía de los depósitos colombianos de esmeraldas jamás ha sido cuidadosamente estudiada y que una investigación mineralógica apropiada, indudablemente revelaría un sinnúmero de nuevos minerales".

" 30. Sobre las bases de un número limitado de muestras geoquímicas que fueron colectadas durante el trabajo de campo, es difícil formarse una visión geoquímica de la zona mineralizada; sin embargo los resultados de los análisis semicuantitativos espectrales de veinte muestras para Be, Cu, Mo, Zn, Cz, Ni, Co, V, Ba, Sr, Ag, y Pb (los análisis fueron obtenidos a través del Laboratorio Espectral de Ingeominas) nos permite juzgar los depósitos de esmeraldas de Muzo y Coscuez, bajo el punto de vista de exploración geoquímica, más representativo que sofisticado, pero primero es necesario hacer énfasis en que las conclusiones que se hallen basadas en un número tan limitado de determinaciones analíticas podrían ser consideradas como preliminares solamente. Con el objeto de establecer un criterio geoquímico cuantitativo sería necesario analizar un gran número de

<u>MINERALES</u>	<u>LOCALIZACION</u>	<u>FRECUENCIA</u>	Elementos geoquímicos específicos que teóricamente pueden ser utilizados como indicadores en la exploración geoquímica
Calcita	Venas, impregnación en arcillolitas	Mineral de ganga principal en los depósitos de Muzo, no típico para los depósitos de Chivor	Na (?)
Albita	Venas, cuerpos metasomáticos	Abundante en los depósitos de Chivor, es el mineral de ganga típico	-----
Cuarzo	Venas	Abundante	-----
Dolomita	Venas, cuerpos metasomáticos	Abundante en los depósitos de Muzo	-----
Barita	Venas, cuerpos metasomáticos	Abundante en los depósitos de Muzo	Ba
Pirita	Venas, impregnación en las arcillas	Distribuidos ampliamente, algunas veces es mineral de ganga importante	-----
Calcopirita	Impregnación en venas y en cuerpos metasomáticos (cenicero)	Presente en pequeñas cantidades	Cu
Fluorita	Impregnación en venas y en cuerpos metasomático (cenicero)	Presente en pequeñas cantidades	-----
Parisita	Impregnación en venas	Presente en pequeñas cantidades	TR
Apatita	Impregnación en venas	Poca frecuencia	-----
Berilo (esmeralda)	Impregnación de cristales en venas y en las arcillolitas localizadas en las vecindades de las venas	Poca frecuencia	Be

muestras recogidas sistemáticamente."

" 38. De acuerdo a los pocos datos existentes, plomo, zinc, plata y cobalto no pueden ser utilizados durante el reconocimiento geoquímico como indicadores de arcillolitas negras o de zonas esmeraldíferas".

" Con base en los datos analíticos obtenidos, la zona esmeraldífera fracturada del depósito de Muzo se puede describir como la zona de filtración hidrotermal donde algunos elementos típicos de arcillolitas negras tales como Mo, Cr, Ni, V, Sr, fueron removidos parcialmente de la zona. La redistribución de tales elementos como Cu y Ba tomó lugar durante la formación de la zona".

" 39. Finalmente, teniendo en cuenta todos los datos geológicos y geoquímicos disponibles, podemos considerar que solamente berilio, tierras raras, Sodio, Flúor, Azufre y quizás parcialmente Bario, fueron transportados por soluciones epitermales a lo largo de las zonas tectónicas con raíces profundas desde alguna fuente magmática desconocida. Sin embargo, tal suposición requiere justificaciones geoquímicas adicionales, para probar que todos estos metales o algunos de ellos, no pudieron ser extraídos de las rocas vecinas por soluciones conteniendo mineralizadores

y que más tarde se precipitaron bajo otras condiciones".

" 40. La asociación paragenética de los minerales y elementos químicos en el depósito de Muzo permite asumir que el transporte del berilio y tierras raras tuvo lugar en las soluciones carbonáticas que contienen fluorita, durante la etapa epitermal de la mineralización".

" 41. Si es correcta la suposición concerniente a la relación existente entre las esmeraldas y las tierras raras de la cordillera oriental y algunas fuentes magmáticas, pueden existir otras concentraciones de Be a niveles más profundos en las minas de la zona estructural regional".

2. Procesos Singenéticos parametamórficos.

En algunas investigaciones realizadas por el Geólogo Luis F. Medina (Director de la División de Exploración de Ecominas) (1) plantea la posibilidad de que los yacimientos de Muzo, puedan ser productos de procesos diferentes de los hidrotermales de origen magmático. Del trabajo por él elaborado para el 2o. Congreso Nacional de Minería de Colombia, se transcriben los más importantes apartes referentes a la génesis de estos yacimientos:

-
- (1) a). "Avance preliminar de ciertas investigaciones sobre técnicas petrológicas, orientadas a complementar otras relativas a la Geología Económica". (1a. Parte) - Marzo - 1970.
- b) " Nuevas aportaciones al conocimiento genético de las esmeraldas de Muzo" (2a. Parte). - Marzo de 1970.
- c) " Consideraciones sobre la génesis de los yacimientos esmeralíferos de Muzo" . 2o. Congreso Nacional de Minería. - Julio de 1970.

" RESUMEN.- Se hace un análisis de ciertos problemas relativos a la génesis de los yacimientos esmeraldíferos de los alrededores de Muzo (Colombia / América del Sur), considerados por casi la totalidad de quienes los han venido estudiando, como hidrotermales de origen magmático.

" Para dicho análisis nos hemos basado en tres aspectos fundamentales: origen, transporte y depósito".

" INTRODUCCION.- La gran mayoría de los investigadores han supuesto un carácter alóctono para los elementos en cuestión (Be, Cr, V, etc.), asumiendo como fuente de origen una masa magmática emplazada a gran profundidad y como mecanismo de transporte el correspondiente a las soluciones residuales ascendentes (soluciones hidrotermales de origen magmático). A este respecto vale la pena recordar que el término "hidrotermal" inicialmente planteado por Morey y Niggli (1913), tenía nada que ver con génesis o cosas parecidas, como es la creencia más común y de lo cual es responsable, entre otros, Holmes (1929). En realidad la problemática del hidrotermalismo solamente hace referencia a aguas circulantes de cualquier origen, pero cuyo potencial físico-químico sea mayor que el del medio ambiente, lo cual algunas veces se identifica con una diferencia de temperatura

de por lo menos cinco grados centígrados en favor de las soluciones correspondientes.

" Este autor, por su parte, supone un carácter autóctono para esos elementos (Be, Cr, V, etc.), en el sentido de que éstos fueron depositados junto con los sedimentos para formar parte, bien de manera elemental, o bien de manera oligoelemental, lo cual es lo más probable, de los diversos edificios cristalinos y atribuya su movilización y depósito, a efectos de tectonismo y/o hidrotermalismo en el sentido que atrás se ha indicado. (Véanse los trabajos anteriores). En síntesis, aquí se descarta la posibilidad de un hidrotermalismo magmático-cretáceo.

" YACIMIENTOS SINGENETICO-ESMERALDIFEROS.

" Serían todos aquellos yacimientos cuyos edificios cristalinos hubiesen sido construídos con elementos apartados por la misma unidad geológica que los contiene (carácter autóctono)."

"2). Yacimientos singenético-esmeraldíferos para-metamórficos. Producidos por reajustes más o menos semejantes pero en medio de un roquedo sedimentario (yacimientos de macro a micro-brechificación, yacimientos de diseminación, yacimientos de filón, yacimientos de expansión, yacimientos de condensación

etc.) la superposición diferencial de fenómenos orogénico granitizantes y tectónico-granitizantes, etc., etc., al actuar sobre las rocas sedimentarias, juegan papel primordial en los procesos diferenciales de evolución texturo-estructural y químico-mineralógica de reajuste y de recristalización, etc. Mucho de esto se puede evidenciar en los lugares que ahora nos ocupan.

" CONCLUSIONES. - Los elementos utilizados para la edificación de los minerales esmeraldíferos de los alrededores de Muzo (Boyacá / Colombia / Suramérica), como para la edificación de muchos otros que matizan el cretáceo de nuestra cordillera oriental, no han sido traídos desde una masa magmática emplazada en profundidad, mediante soluciones hidrotermales de origen magmático, para finalmente depositarse en otro tipo de rocas con un carácter francamente epigenético, sino, que por el contrario, con una condición francamente autóctona, tras de existir diseminados desde un principio en lo que hoy conocemos como pizarras carbonosas diferencialmente mineralizadas del cretáceo medio, fueron inestabilizados y movilizados (tectonización), transportados (soluciones infracríticas descendentes y/o difusión iónica) y depositados en zonas de neo-equilibrio (diferencialmente replegadas, brechificadas, milonitizadas, calcitificadas, silicificadas, etc. etc.), pertenecientes a la misma unidad, de acuerdo con las ca -

racterísticas de los yacimientos singenéticos (singenético-esmeraldíferos parametamórficos).

"2o. Tales elementos (Si, O, Al, Fe, Be, Cr, V, Ca, etc.), fueron proporcionados por todo un complejo de minerales - arcillosos predominantemente - que los contenían elemental y/u oligo-elementalmente, dentro de lo que actualmente conocemos como pizarras carbonosas diferencialmente mineralizadas del cretáceo medio.

" 3o. Desde esos puntos de origen fueron desequilibrados, inestabilizados y movilizados, como consecuencia de mecanismos geológico-dinámicos de carácter diferencial (tectonizantes por ejemplo), responsables de fenómenos francamente relativos y tan importantes como los de evolución texturo-estructural y químico-mineralógica.

" 4. Los flujos de este modo condicionados se identificaron con interesantes etapas de transporte llevadas a cabo mediante soluciones infracríticas descendentes (hidrotermales de origen no-magmático) y difusión iónica, con carácter naturalmente diferencial.

" 5. La movilización de dichas soluciones fué condicionada por gradientes de presión geomorfológicos. (No se conoce presiones capaces de hacer subir a la superficie de la tierra las aguas libe-

radas a grandes profundidades).

" 6. La introducción de los elementos liberados en tales soluciones, es condicionada por gradientes en los potenciales físico-químicos correspondientes según energías calórica y/o mecánica y/o química, etc., etc.

" 7. La difusión iónica es condicionada por fenómenos esencialmente mecánicos en capacidad de generar energías de condición diversa y los conductos empleados se identifican con macro y micro-espacios de arrugamiento, de brechificación, de milonización, etc.

" 8. La precipitación y depósito son consecuencia del desequilibrio geo-físico-químico entre el sistema transportador y los puntos de acumulación neo-fasal (precipitación y depósito). Tal fenómeno, por tanto, al ser consecuencia de una diferencia de potencial, debe obedecer a desequilibrios en cualesquiera de los factores mecánicos (Presión y volumen), calóricos (temperatura y entropía), químicos (concentración y composición), etc. Así por ejemplo, podrían condicionar precipitación y depósito: desde el punto de vista mecánico, entre otros, la presión (tectonismo por ejemplo), el volumen (variaciones

volumétricas de los conductos de fracturación, de brechificación, de milonitización, de intergranulación, de reticulación, etc.); desde el punto de vista calórico, entre otros, los desequilibrios caloríficos condicionados por mecanismos geológico-dinámicos (tectonismo por ejemplo); los desequilibrios caloríficos condicionados por mecanismos químicos (por el calor producido durante las reacciones consiguientes por ejemplo); desde el punto de vista del potencial químico propiamente dicho, tanto inorgánico, cuanto orgánico (bioquímico por ejemplo), entre otros, los desequilibrios concentracionales y/o composicionales condicionados por influencias predominantemente mecánicas, los condicionados por influencias predominantemente calóricas y los condicionados por influencias predominantemente químicas (reacciones, variaciones de PH, variaciones de EH, etc.); etc.

" 9.- Las zonas de acumulación o de precipitación y depósito, ésto es, las que corresponden a los yacimientos esmeraldíferos en cuestión, permiten evidenciar de manera concreta las siguientes características: arrugamiento, brechificación, milonitización, calcitificación, silicificación, piritización, etc., con un carácter francamente diferencial".

B. Las Esmeraldas.

1. Composición de la Esmeralda.

La esmeralda está compuesta químicamente por 4 elementos: Berilio, Aluminio, Sílice, y Oxígeno, los cuales entran en una compleja combinación para formar el mineral Berilo. La fórmula pertenece a un Silicato doble de Aluminio y Berilio: $Be_3 Al_2 (Si_6 O_{18})$, dentro de la cual se puede considerar las siguientes proporciones de Oxidos hipotéticos: BeO : 14%; Al_2O_3 : 19%; SiO_2 : 67%. La esmeralda debe su color verde característico a la presencia de pequeñas cantidades de Oxido Crómico, el cual puede llegar a presentarse en un porcentaje probable del 0.186%. También pueden entrar en su composición algunas trazas de Cesio, Hierro y Vanadio.

2. Características de las Esmeraldas.

Se presentan en la naturaleza como una hermosa forma de cristal hexagonal. Tiene una dureza de 7.75, suficiente para protegerla y hacerla valiosa en joyería. Su gravedad específica está entre 2.67 a 2.77 y presenta doble índice de refracción por tratarse de un cristal dicrónico, los cuales varían de 1.57 y 1.58 a 1.58 y 1.59. Los valores exactos de estos índices para las cali-

dades colombianas más conocidas son de:

<u>CLASE</u>	<u>INDICE DE REFRACCION</u>		<u>GRAVEDAD ESPECIFICA</u>
CHIVOR	1,571(± .003)	1,577(± .003)	2,70 (± .01)
MUZO	1,577(± .003)	1,583 (± .003)	2,71 (± .01)
COSCUEZ	1,569	1,576	2,70

La Esmeralda es insoluble en los ácidos y cede trazas de agua después de un intenso calentamiento. Su transparencia es perfecta solo en raros casos. La mayoría de los cristales pueden presentar algunas opacidades, no solo debido a las fisuras y fracturas, sino también por la presencia de inclusiones sólidas, líquidas y gaseosas. A diferencia de otras gemas, no se encuentra en arena y grava sino que casi siempre se extrae de la roca encajante (roca madre), siendo de formación hidrotermal (epitermal).

3. Métodos de identificación.

La determinación de las constantes físicas y ópticas de la Esmeralda es uno de los métodos más seguros y comunes en el propósito de reconocerla. Estas constantes físicas de fácil y común determinación son:

a). Dureza.

Como cada gema posee una dureza característica, esta prueba puede proporcionar una buena guía para su identificación. No obstante,

presenta el serio problema de exponer la piedra a un rayado que puede dañar su apariencia, por lo cual no se aconseja en piedras talladas. La determinación se hace por medio de los conocidos clavos de dureza, calibrados según la escala de Mohs, con los cuales se prueba el material en forma ascendente hasta conseguir su raya. También es común probarla por medio de otro cristal de dureza conocida.

b) Gravedad específica.

Es otra de las principales constantes físicas que identifican a un mineral y su determinación puede hacerse fácilmente por los métodos tradicionalmente usados, como el de la balanza de Jolly o el de flotación en líquidos pesados. El valor para la Esmeralda debe fluctuar entre 2.67 y 2.77.

c) Índice de Refracción.

Cuando un rayo de luz pasa del aire a otro material transparente, tal como una gema, su velocidad se reduce y el rayo es desviado a menos que incida perpendicularmente al material. La relación de la velocidad de la luz en el aire a su velocidad en el nuevo medio, se conoce como Índice de Refracción de la sustancia. La determinación de este índice para

identificar la naturaleza de una gema, se hace por medio del Refractómetro. Los modelos más recientes de este aparato tienen una escala que automáticamente da el valor del índice, de manera que basta colocar la Esmeralda en la forma apropiada y leer el valor de su índice de refracción.

d) Examen al Microscopio.

Es un estudio de vital importancia en la correcta identificación de la Esmeralda, puesto que una clara determinación de sus inclusiones es esencial para distinguirla de la sintética. Se utiliza desde simples lupas hasta microscopios petrográficos para hacer el examen detallado. La Esmeralda es una de las gemas más fácilmente identificables por sus imperfecciones, las cuales pueden estar representadas no solamente por cristales incluidos, sino también por algunas de carácter trifásico: Espacios irregulares llenos de materiales sólidos, líquidos y gaseosos.

Un examen de estas inclusiones puede establecer a menudo la localidad de la cual proceden. Las Esmeraldas colombianas presentan pequeñísimos espacios rectangulares o cuadrados parcialmente llenos de líquido y gas. Igualmente las inclusiones de calcita a lo largo de las fracturas son comunes en ellas, a menudo impartiendoles una apariencia algo turbia.

e). Espectro de Absorción.

Método universalmente usado en identificación de materiales y que también se aplica en el caso de la Esmeralda, la cual presenta un espectro característico de absorción, de acuerdo a su configuración atómica, y por tanto diferente al de cualquier otra gema.

f) Dicroísmo.

Esta especialísima característica física, presentada por solo determinados cristales, es una guía valiosísima y rápida para identificarla. Con la ayuda del Dicroscopio se nota a simple vista una diferencia notable de coloración en la piedra, en dos zonas determinadas, índice claro de que la luz viaja a diferentes velocidades dentro de ella según la dirección de orientación de la gema.

4. Diferencia entre una esmeralda sintética y una natural.

Aunque se hicieron muchos intentos de producir la Esmeralda sintéticamente, solo hasta 1930 se obtuvo simultáneamente en Alemania y los Estados Unidos cristales de 2 Cmts. de longitud. Las esmeraldas sintéticas son de buen color y muestran la forma característica hexagonal de la natural. Simulan también muy aproximadamente todas sus propiedades físicas y químicas esenciales. Las gemas sin-

téticas poseen imperfecciones tales como inclusiones esféricas características o pequeñas fracturas, las cuales son importantes ayuda en su identificación. La gravedad específica y el índice de refracción son en general más bajos que en la natural, pero la diferencia es pequeña. Los índices de refracción de los productos sintéticos son de 1.561 a 1.564 o 1.565 con un rango de variación de aproximadamente 0.01 por debajo de los valores inferiores de las especies colombianas. La gravedad específica es solamente de 2.65 a 2.66 aproximadamente, en contraste con 2.71, valor aproximado para las naturales. Un líquido pesado ajustado a una densidad de 2.67 sirve para separarlas. Las sintéticas flotarán, aunque en muy raros casos pueda hacerlo una natural. A medida que la calidad de los productos sintéticos ha sido mejorada ha llegado a ser más difícil distinguir entre las dos calidades. Sin embargo, las esmeraldas sintéticas fluorescen con un color rojo profundo cuando son sometidas a la acción de los rayos ultravioletas, mientras que las naturales no. Para esta prueba se recomienda una radiación de longitud de onda de 3.660 \AA . Otra diferencia es la transparencia de ondas cortas ultravioletas: la natural es opaca a longitudes de onda por debajo de los 3.000 \AA . En resumen: Si una esmeralda con doble índice de refracción tiene inclusiones trifásicas, índices de 1.57 o más altos, no flota en un líquido de densidad 2.67,

no fluoresce a la luz ultravioleta y es opaca a las ondas cortas de luz (3.000 \AA^0), se puede estar seguro de que es genuina.

5. Factores que inciden en el costo de una esmeralda.

La esmeralda es una de las piedras preciosas mejor cotizadas en los mercados de gemas, llegando en algunos casos a superar al diamante común, cuando su calidad es excepcional. Su buena dureza es tal vez la primera cualidad que la hizo utilizable en joyería. Por otra parte su hermoso color verde característico, además de su transparencia son cualidades especiales y valiosas en el mercado de piedras preciosas. Ninguna gema es igual a otra y dependiendo de una amplia gama de intensidad de color, pureza y transparencia del cristal, será más o menos cotizante, llegando a valer hasta 10.000 dólares quilate. De lo anterior y debido a la especial situación de ser escasos los lugares de explotación de esta gema en el mundo, se puede intuir la importancia para la economía del país de este renglón de exportación.

En 1969 las exportaciones colombianas alcanzaron la suma de US\$ 4'383.931.

6. Clasificación de las Esmeraldas.

Puesto que los mercados esmeraldíferos valoran el quilate en ba-

se al color y estado del cristal, serán estos los principales puntos de referencia al intentar una clasificación del material. No existen normas para este fin, pero las empresas especializadas en talla y mercadeo establecen sus propias normas atendiendo a patronar a la vez el color, la transparencia del cristal y el estado en que se encuentren (fracturas, inclusiones, porosidades, iridencias, etc.).

IV. ANALISIS ECONOMICO.

Antes de entrar a analizar los diferentes factores que intervienen en el estudio económico propiamente dicho, se ha estimado conveniente determinar y discutir algunos de los elementos que inciden en esos factores, como también las vías empleadas para obtener dichos elementos.

A. Mena Disponible.

Se ha considerado de primordial importancia el conocimiento previo de la mena esmeraldífera susceptible de ser extraída por el método tradicional, con el objeto de poder programar la explotación y calcular el tiempo de esa actividad, así como el agotamiento de la mina y la necesidad de nuevas exploraciones encaminadas

a buscar nuevos yacimientos.

Aún cuando esto se efectuará para todo el proyecto minero en general, en el presente trabajo se incluye lo referente al Banco Téquendama, frente por el cual se iniciará la explotación.

El método a utilizar para obtener el volumen de mena será el de integración múltiple de una ecuación de cuarto grado que represente la superficie topográfica de los frentes. Esta ecuación se obtendrá empleando el método del polinomio a través de mínimos cuadrados y ayudados por programas para computadores digitalizados en los cuales se procesarán los datos.

b) Cantidad de esmeralda recuperable por metro cúbico de mena.

Ante la ausencia de datos estadísticos propios de la Empresa, ya que ésta es de reciente creación y aún no ha entrado en la actividad de explotación, se recurrió a los archivos de las minas de Muzo y Coscuez llevados durante la administración del Banco de la República. Se estudió la información y se encontró que los datos son incompletos, pero en vista de que son los únicos existentes, se presentan como de obligada utilización, haciéndoles algunos ajustes que se ha creído indispensables.

1. Datos históricos sobre movimiento de tierra y rendimiento de la producción.

La División de Estudios Económicos de la Empresa realizó una investigación con el fin de encontrar estadísticas sobre movimiento de tierra y rendimiento de la producción. Los únicos datos encontrados son los siguientes:

PRODUCCION

Fecha	Equipo	M ³	Total M ³	Piedra	Chispa	Morralla	Total
2o. Semestre 1960	Buldoceres (1D-4, 2D-6)	39.142	43.860	6.286.25		9.228.50	15.514.75
	Manual	2.664					
	Martillos	2.054					
1er. Semestre 1961	Buldoceres (1D-4, 2D-6)	47.590	59.789	3.271.00	5.134.90	14.652.70	23.058.60
	Manual	3.505					
	Martillos	8.694					
Julio 1962	Buldoceres (1D-6, 1D-4) Manual		4.175	DAN UNA PRODUCCION ESTIMADA			
Ago 1963	Buldoceres (2 D-6)	5.800	9.100	412.45	203.60	1.781.35	2.397.40
	Manual	2.450					
	Martillos	850					

Fecha	Equipo	M ³	Total M ³	Piedra	Chispa	Morralla	Total
Sept/63	Buldoceres (2d-6, 1D-4)	10.400					4.404.91
	Manual	2.140	12.740	682.50	48.46	3.673.95	
	Martillos	200					
Oct.1963	Buldoceres	11.400					
	Manual	2.070	13.690	863.35	1.601.95	5.279.10	7.744.40
	Martillos	220					
Ncv.1963	Buldoceres	7.350					
	Manual	1.710	9.480	121.70	603.65	991.60	1.716.95
	Martillos	420					
Enero 1964	Buldoceres	11.850		531.30	198.00	5.147.85	5.877.15
	Manual	1.920	13.770				

M U Z O

PRODUCCION

Fecha	Equipo	M ³	Total M ³	Piedra	Chispa	Morralla	Total
Sept/63	Buldoceres (2d-6, 1D-4)	10.400					4.404.91
	Manual	2.140	12.740	682.50	48.46	3.673.95	
	Martillos	200					
Oct.1963	Buldoceres	11.400					
	Manual	2.070	13.690	863.35	1.601.95	5.279.10	7.744.40
	Martillos	220					
Ncv.1963	Buldoceres	7.350					
	Manual	1.710	9.480	121.70	603.65	991.60	1.716.95
	Martillos	420					
Enero 1964	Buldoceres	11.850		531.30	198.00	5.147.85	5.877.15
	Manual	1.920	13.770				

2. Análisis de los datos históricos.

Estudio de los metros cúbicos a remover, necesarios para producir un kilate.

Los datos de producción de la mina de Muzo, relacionados anteriormente se pueden resumir en el siguiente cuadro:

<u>Fecha</u>	<u>M³</u>	<u>Piedra</u>	<u>Morralla</u>	<u>Total</u>	<u>% Piedra</u>	<u>% Morralla</u>
20. Sem/60	43.860	6.286.25	9.228.50	15.514.75	40.52	59.48
1 Sem/61	59.789	8.405.90	14.652.70	23.058.60	36.45	63.55
Agosto/63	9.100	616.05	1.781.35	2.397.40	25.70	74.30
Sept. /63	12.740	730.96	3.673.95	4.404.91	16.59	83.41
Oct. / 63	13.690	2.465.30	5.279.10	7.744.40	31.83	68.17
Nov. /63	9.480	725.35	991.60	1.716.95	42.25	57.75
Enero/64	13.770	729.30	5.147,85	5.877.15	12.41	87.59
Totales	162.429	19.959.11	40.752.45	60.713.86	32.87	67.13

Según esto se necesitaría remover 8.13 M³ de material para obtener un kilate de piedra tallable. Sin embargo si analizamos los porcentajes de piedra con respecto a la producción total para estos períodos, se observa que es de 32.87%, el cual es elevado si se tienen en cuenta los porcentajes obtenidos durante los años 47 a

68 (Administración Banco de la República), que como se puede apreciar en el cuadro siguiente solo llega al 17.09%.

<u>Años</u>	<u>Piedras</u>	<u>Morralla</u>	<u>Total</u>	<u>% Piedra</u>
1947	220.00	1.287.00	1.507.00	14.6
1948	8.485.63	68.433.80	76.919.43	11.03
1949	11.574.78	--	11.574.78	100.00
1950	--	60.284.00	60.284.00	0
1951	58.693.70	86.097.00	144.790.70	40.54
1952	4.255.49	16.093.00	20.348.49	20.91
1953	2.504.87	4.189.01	6.693.88	37.42
1954	6.848.84	15.540.24	22.025.08	31.10
1955	14.462.14	39.554.67	54.016.81	26.77
1956	3.666.97	18.262.74	21.929.71	16.72
1957	1.579.03	36.113.88	37.692.91	4.19
1958	4.729.83	6.889.54	11.619.37	40.71
1959	28.153.90	34.134.30	62.288.20	45.20
1960	11.716.56	19.910.22	31.626.78	37.05
1961	18.791.73	79.277.60	98.069.33	19.16
1962	28.473.36	225.352.15	253.825.51	11.22
1963	14.695.96	98.656.10	113.352.06	12.96
1964	43.890.85	212.659.75	256.550.60	17.11
1965	16.905.10	161.458.37	178.363.47	9.48
1966	9.892.88	70.487.75	80.380.63	12.31
1967	15.047.80	154.899.20	169.947.00	8.85
1968	9.561.13	66.673.50	76.234.63	12.54
Totales	457.351.82	2.189.574.9	2.640.926.71	17.09

A pesar de las grandes variaciones del porcentaje de piedra en relación con el total de la producción a lo largo del período 47-68 (Ver Gráfico No. 1), se considera que este valor de 17.09% puede utilizarse por ser más representativo ya que cubre un período bastante grande, y además en las circunstancias

actuales es más confiable, que el anterior de 32.87%, pues ofrece un margen de seguridad adicional.

Con base en el análisis anterior el número de metros³ de material a remover para obtener un kilate de piedra tallable, variará de 8.14 M³ a 15.7 M³.

3. Comprobación del dato anterior.

Del informe de labores correspondiente al segundo semestre de 1959 del Banco de la República, elaborado por el Dr. Rafael Suárez Guzmán, se transcribe lo siguiente:

" Este es gran motivo de satisfacción, ya que aunque en realidad los gastos se han aumentado, el precio por metro cúbico de tierra movida ha decrecido dentro del sistema mecanizado y el número de metros cúbicos de tierra removida por kilate de esmeralda obtenido, llegó a un nivel de 2.5 por kilate, que es el más bajo que se ha registrado en las minas".

Si se tiene en cuenta que el promedio en este período de 2.5 metros cúbicos por kilate, incluye piedra y morralla y con base en el dato anterior de que el 17.09% de la producción total es piedra, se tiene que para producir un kilate de piedra en este caso, fué

necesario remover 14.63 metros³, cifra que está bastante cerca de la obtenida a través del análisis anterior la cual es de 15.7 metros cúbicos / kilate.

Por lo antes expuesto, para el presente estudio se utilizará el dato de 15.7 metros cúbicos de tierra necesaria a remover para obtener un kilate de piedra tallable.

Como la información encontrada para las minas de Coscuez, es escasa y esporádica y con ella no se puede establecer ninguna estadística, el tenor obtenido para la mina de Muzo, se asumirá constante para la totalidad de las minas y se deberán hacer los ajustes del caso cuando la Empresa a través de su producción obtenga nuevos datos, para cada una de las diferentes minas.

C. Factores que intervienen en el gráfico del análisis económico.

1. Costos Fijos.

Se han determinado como costos fijos todos aquellos que independientemente de la producción de la mina gravarán esta actividad y que serán constantes durante un período relativamente largo. Basados en el análisis del presupuesto para 1970 y en el estudio preliminar de factibilidad de Ecominas, y teniendo en cuenta la aplicación de los recursos de la Empresa en los

diferentes proyectos, se obtuvo que los costos fijos anuales ascienden a un valor de \$ 17.601.000. (Ver Detalle en Anexo No. 1).

2. Costos Variables.

Estos costos son aquellos que varían de acuerdo a la producción. El valor de la depreciación del equipo que se va a utilizar, es un costo fijo, pero en este caso se toma como un costo variable hasta que se determine la cantidad de equipo a utilizar, pues a mayor cantidad de equipo se obtendrá una mayor producción, pero más adelante, cuando en el presente estudio, se determine la cantidad, tipo y valor del equipo necesario, la depreciación pasará a ser un costo fijo, y se hará un reajuste en la curva de costos (Ver gráfico No. 14).

Para obtener los costos variables se analizaron los costos por metro cúbico para equipos con diferentes capacidades (Ver anexo No. 2). Por razones de índole técnica, que se explicarán en el aparte correspondiente a escogencia de equipo, se seleccionó el buldocer de características de un D6C, cuyo costo por metro cúbico de material removido es de \$ 5.52.

3. Demanda Estimada.

En vista de la dificultad existente para conseguir datos exactos

sobre exportación de esmeraldas y la escasa información que por este concepto presentan las cifras de comercio exterior de los diferentes países, se hace imposible obtener una información exacta del mercado. Sin embargo la oficina de Planeación del Ministerio de Minas y Petróleos, llegó a la conclusión de que el flujo de esmeraldas colombianas en el mercado internacional para el año de 1968 era superior a los 10 millones de dólares (1). Aún cuando se cree que la demanda de la esmeralda colombiana en el mercado internacional es superior a la oferta, se partirá de la base de que están en equilibrio y por lo tanto se tomará como demanda estimada para el año 1968 la cifra registrada anteriormente.

Para la proyección de la demanda de esmeraldas, se encuentra nuevamente con la carencia de datos estadísticos; en vista de esto se resolvió analizar la demanda de diamantes, como gema en el mercado mundial y asumirla proporcional a la de esmeraldas.

(1). Ver Comercio Exterior de Minerales y sus Productos 1960-1968, trabajo presentado al Tercer Congreso de Exportadores reunido en Cali en Octubre de 1969, Autor: Ministerio de Minas y Petróleos-Oficina de Planeación, Página 6, 7 y 8.

a). Análisis del crecimiento de la demanda de diamantes en el mercado mundial.

Tomando los datos de producción mundial de diamantes que aparecen en el Minerals Yearbook (1), entre los años 1959-1968, y suponiendo que hay un equilibrio entre la oferta y la demanda de diamantes, podemos tomar estos datos de producción como de demanda y proyectarla hasta el año 1980. Los datos de producción son los siguientes:

<u>AÑOS</u>	<u>MILES DE KILATES</u>
1959	5.900
1960	6.700
1961	7.019
1962	6.347
1963	6.424
1964	7.731
1965	7.730
1966	8.922
1967	9.634
1968	10.600

A partir de estos valores se encontró la ecuación de la demanda de diamantes, la cual es:

$$Y = 5107 + 471 X$$

En donde

Y = Demanda de diamantes en miles de kilates

X = Número ordinal del año a partir de 1959

(1) Minerals Yearbook años 1959-1968, prepared by Staff of The Bureau Of mines.

De esto se obtiene que la demanda estimada de diamantes hasta el año de 1980 es:

<u>AÑOS</u>	<u>MILES DE KILATES</u>
1969	10.288
1970	10.759
1971	11.230
1972	11.701
1973	12.172
1974	12.643
1975	13.114
1976	13.585
1977	14.056
1978	14.527
1979	14.998
1980	15.469

b) Demanda de esmeraldas colombianas en el mercado mundial.

Basados en el dato de 10 millones de dólares como demanda de esmeraldas para el año 1968, se encuentran los kilates correspondientes a ese valor.

De las ventas realizadas hasta el momento por la Empresa, se obtiene un precio promedio de US\$ 198.79 kilate de piedra tallada. En el estudio preliminar de factibilidad de Ecominas, aparece un precio promedio de US\$ 0.24 kilate de morralla.

Como anteriormente se determinó que el 17.09% de la producción total es piedra, el precio promedio de kilate de piedra

más morralla sería:

$$198.79 \times 1709 = 33.97$$

$$.24 \times .8291 = .20$$

Precio promedio US\$ 34.17 Kilate

$$\text{Demanda para el año 1968: } \frac{10,000,000}{34.17} = 292,654 \text{ Kilates}$$

Esta demanda incluye piedra y morralla, la demanda de piedra sería el 17.09% de la demanda estimada anteriormente para el año 1968.

$$\text{Demanda de Piedra: } 292,654 \times .1709 = 50014 \text{ kilates}$$

Se procederá ahora a analizar la proporción entre la demanda mundial de diamante y la demanda mundial de esmeraldas colombianas.

Para el año 1968:

Demanda de diamantes: 10,600,000 kilates

Demanda de esmeraldas: 50,014 Kilates

Proporción: 212

Siendo la proporción entre las dos demandas de 212, la ecuación de la demanda de esmeraldas colombianas sería:

$$Y = 24.1 + 2.2 X$$

En donde

Y= Demanda estimada de esmeraldas en miles de Kilates

X= Número ordinal del año a partir de 1959.

De donde se obtiene que la demanda estimada de esmeraldas colombianas, hasta 1980 es:

DEMANDA		
AÑO	Miles de Kilates Tallados (1)	Valor en Miles de US\$ (2)
1970	50.5	10.038
1971	52.7	10.476
1972	54.9	10.913
1973	57.1	11.351
1974	59.3	11.788
1975	61.5	12.226
1976	63.7	12.663
1977	65.9	13.100
1978	68.1	13.538
1979	70.3	13.975
1980	72.5	14.412

(1) Proyección de la ecuación de la demanda

(2) = (1) x 198.79

c) Demanda de Esmeraldas de Muzo y Coscuez en el mercado

Mundial.

A continuación se presentan los datos comparativos de producción entre las minas de Muzo y Coscuez y la producción co-

colombiana durante los años 1960-1967. Estos datos corresponden a la producción total (piedra más morralla) en bruto.

PRODUCCION EN MILES DE KILATES

<u>Año</u>	<u>Muzo y Coscuez</u> (1)	<u>Colombia</u> (2)
60	32.9	90.0
61	106.1	127.0
62	289.6	330.5
63	178.5	894.4
64	284.9	1.065.4
65	304.0	532.8
66	225.6	827.6
67	<u>535.8</u>	<u>868.4</u>
Total	2.007.4	4.736.1

Porcentaje de producción de Muzo y Coscuez con respecto al total de la colombiana:

$$\frac{2.007.4 \times 100}{4.736.1} = 42.4\%$$

(1) Fuente: Archivo minas Muzo y Coscuez

(2) Fuente: Algunos aspectos del desarrollo del sector minero

Oficina de Planeación - Minminas - Junio de 1969

Aún cuando es de esperar que con nuevos yacimientos y con la aplicación de nuevas técnicas en producción, talla y comercialización, aumenta notablemente el porcentaje que aporta Ecominas a la demanda de esmeraldas colombianas y aún cuando también es suficientemente conocido que las esmeraldas de Muzo y Coscuez son las más apetecidas mundialmente, el valor antes encontrado del 42.4% en producción se asumirá como el que corresponde a la Empresa dentro de la demanda de esmeraldas colombianas en el mercado internacional. Lógicamente esta posición coloca a la Empresa dentro de un margen de seguridad aconsejable en esta clase de estudios.

Aplicando el porcentaje antes encontrado se tiene que la demanda estimada de esmeraldas de Ecominas para los años 1970-1980 es:

<u>AÑO</u>	<u>Demanda Piedra Tallada (Miles de Kilates) (1)</u>	<u>Producción correspondiente en Bruto (Miles de Kilates) (2)</u>	<u>Valor de la Producción en bruto en Miles de \$ (3)</u>
1970	21.4	71.3	68916
1971	22.3	74.3	71815
1972	23.3	77.7	75035
1973	24.2	80.7	77934
1974	25.1	83.7	80832
1975	26.1	87.0	84052
1976	27.0	90.0	86951
1977	27.9	93.0	89849
1978	28.9	96.3	93070
1979	29.8	99.3	95968
1980	30.7	102.3	98866

Handwritten notes: 42.4% circled, $\times 233 =$ with an arrow pointing to the production column.

<u>Miles de Kilates</u>	<u>Valor en Miles de \$</u>	<u>%</u>
80.0	81.8	42.4
100.0	103.1	53.2
200.0	206.2	106.4
300.0	309.3	159.6
400.0	412.4	212.8
500.0	515.5	266.0
600.0	618.6	319.2
700.0	721.7	372.4
800.0	824.8	425.6
900.0	927.9	478.8
1000.0	1031.0	532.0

Handwritten calculation: $21.4 \times 3.233 = 69.1862$

✓ (1) = Demanda colombiana x 0.42

(2) = (1) x 3.33. En la talla solo se recupera, en promedio el 30% del material en bruto.

(3) = (1) x 3578.2 x 0.9 = (1) x 3220.40. El 10% del valor del kilate tallado, son costos de manufactura y comercialización.

Considerar solo el precio de la piedra tallada

La demanda de piedra tallada que aparece relacionada en el cuadro anterior, corresponde al número de kilates de gema procesada. Para efectos de este proyecto se tomará como demanda estimada el valor de la producción en bruto, ya que solo se está haciendo un análisis del proyecto minero y por lo tanto no se deben incluir los costos de manufactura y comercialización.

4. Ingresos Estimados.

Los ingresos provenientes de esta actividad son el producto de los kilates obtenidos por su precio promedio, los cuales están controlados por la siguiente ecuación:

Y = 3220.4 X

En donde:

Y = Ingresos en pesos colombianos

X = Número de Kilates

Cabe anotar que en el presente estudio no se consideran los ingresos provenientes de la producción de morralla, puesto que se

considera inconveniente su venta inmediata, ya que es la materia prima básica para la elaboración de esmeralda sintética.

5. Análisis de los Factores Económicos por medio de Métodos Gráficos.

En los gráficos número 3 al número 13 se han representado los diferentes factores que intervienen en el análisis económico durante los años 1970- 1980.

En cada uno de los gráficos se pueden identificar dos de los tres puntos críticos.

Punto Crítico A; Corresponde a la intersección entre la curva de costo total y la curva de ingresos. Este punto determina la producción con la cual no se obtienen ni pérdidas ni ganancias.

Punto Crítico B; Corresponde a la intersección entre las curvas de ingresos y la demanda estimada. Determina la producción requerida para un máximo de utilidades.

El tercer punto crítico C, que no aparece en las gráficas, corresponde a la intersección de la curva de costos totales con la demanda estimada. Una producción superior a la indicada por este punto, produciría pérdidas. Este punto no aparece en las gráficas ya que en la práctica es inalcanzable, pues el volumen de producción requerida para llegar a él, es para el año de 1970 del orden de 12.5 millones de M^3 para lo cual se necesitaría más de un centenar de bulldozers. Si se tiene en cuenta que el año de 1970 es el de menor demanda, para los años subsiguientes estos requerimientos serían superiores.

Los diferentes elementos que componen el gráfico nos determinan tres áreas importantes:

Area de Pérdidas: Está delimitada por el eje de costos e ingresos, y las curvas de ingresos estimados y costos totales. Muestra toda la zona de producción en la cual se trabajará a pérdidas.

Area de Utilidades: Está delimitada por las curvas de ingresos estimados, costos totales y demanda estimada.

Indica toda la zona de producción en la cual se trabajara con ganancias y lógicamente dentro de ella estarán las metas de producción para cada uno de los años estudiados.

Area de Almacenamiento: Es aquella en la cual la producción rendiría unos ingresos superiores a la demanda estimada, por lo cual se haría necesario almacenar el excedente.

A medida que la Empresa vaya obteniendo nuevos datos a través de la explotación, se irán haciendo los reajustes necesarios y se considera que el lapso de 10 años en la programación nos da un margen de seguridad para la iniciación del desarrollo del proyecto.

D. Determinación de Metas de Producción.

Como meta definitiva del presente estudio se tiene el alcanzar en el año 1980 la producción correspondiente a máximas utilidades la cual es de 1'590.000 M³, tal como se puede determinar en el Gráfico No. 13.

Esta meta estará tan cerca de la realidad tanto como lo estén los datos utilizados. Se ha escogido el año de 1980 para

1.590.25

alcanzar las máximas utilidades, debido a que la falta de solidez estadística de los datos no permiten la programación inmediata de esta meta para la cual se requiere una información lo suficientemente real que reduzca al mínimo el riesgo de la inversión inicial.

Al hacer un análisis de los requerimientos de equipo y de las inversiones necesarias para iniciar en 1970 con una producción correspondiente al máximo de utilidades para ese año, Gráfico No. 3, la cual asciende a $1'120,000 M^3$, podremos observar que se requiere un equipo equivalente a 13 buldoceres D6 con la consiguiente inversión aproximada, de 7.5 millones correspondientes al mismo.

Esta inversión no es exagerada si se tiene en cuenta, que en ese mismo gráfico aparecen unas utilidades máximas de 46 millones de pesos, pero si es arriesgada si se anota que aún cuando la demanda ha sido calculada lo mejor posible, sigue siendo estimada, pudiendo ser superior, lo que daría más utilidades, pero también podría ser inferior.

Si a ésto se le agrega el hecho de que el tenor del yacimiento, de un kilate cada $15.7 M^3$, no es un valor definitivo, y

que sólo se tendrá una imagen real cuando el número de datos obtenidos por la Empresa permitan hacer análisis estadísticos, aumentarían el riesgo de la inversión para el máximo de utilidades.

Por las razones antes expuestas es aconsejable fijar la meta de producción para el año de 1970 en un sitio intermedio entre el máximo de utilidades y el punto crítico A, por debajo del cual se trabaja a pérdidas.

Se ha escogido como meta para ese año la producción de 720,000 M³ que corresponde al punto medio entre el punto crítico A, y el punto crítico B, en el cual se consigue un máximo de utilidades. Si se escoge una producción por debajo de ésta, mientras más nos acerquemos al punto A más riesgo se corre de entrar en la zona de pérdidas; y si se tiene en cuenta que al hacer el reajuste, este punto A se desplazará hacia la derecha, ya que la amortización del equipo pasará de costo variable a costo fijo, no es aconsejable un desplazamiento de la meta a producción hacia la izquierda. Además aún cuando los datos utilizados en el presente estudio fueron analizados severamente y aún cuando siempre se ha trabajado dentro del campo de la prudencia, los factores

que intervienen en este análisis son susceptibles de cambios, por lo tanto es conveniente estar alejados de ese punto crítico para evitar la zona de pérdidas.

Por otra parte si la meta de producción está cercana al punto B de utilidades máximas se correrá el riesgo de que por las mismas razones anteriores, se presenten variaciones en el tenor, en los ingresos calculados y aún en la demanda estimada, lo que podría dar por resultado que la producción obtenida sea superior a la demanda lo cual implicaría que se estaría dentro del área de almacenamiento con su consiguiente reducción de utilidades. A esto se agrega que la producción obtenida sería superior a la ideal (máximas utilidades) lo que implicaría un exceso de equipo que únicamente está elevando costos. Por todas estas razones se ha escogido como meta inicial para el año 1970 el punto medio entre los puntos críticos A y B, lo cual corresponde a una producción de 720.000 M³, mencionada anteriormente. Esta producción sería la correspondiente a 12 meses, por lo tanto aun cuando el análisis se haga anualmente, la meta para ese año será la correspondiente al 2o. semestre, en el cual se iniciarán actividades.

Con base en la meta definitiva de alcanzar en el año 1980 la producción correspondiente a máximas utilidades, se ha programado incrementar la producción anualmente en forma tal que la diferencia entre las producciones de 1970 y 1980 sea cubierta en el transcurso de ese lapso.

$$\begin{aligned} \text{Incremento Anual} &= \frac{\text{Prod. 1980} - \text{Prod. 1970}}{10} \\ &= \frac{1'590.000 - 720.000}{10} = 87.000 \text{ M}^3 \end{aligned}$$

METAS DE PRODUCCION 1970-1980

<u>AÑO</u>	<u>M³</u>	<u>KILATES</u>	<u>UTILIDADES</u>
*1970	720.000	46.860	28.3
1971	807.000	51.401	27.5
1972	894.000	56.942	32.5
1973	981.000	62.483	37.4
1974	1.068.000	68.024	42.2
1975	1.155.000	73.565	47.1
1976	1.242.000	79.106	52.0
1977	1.329.000	84.667	56.9
1978	1.416.000	90.188	61.7
1979	1.503.000	95.729	66.6
1980	1.590.000	101.274	71.4

* Para el año de 1970 la meta alcanzable será la mitad de la propuesta, puesto que solo se tendrá actividades durante el 2o. Semestre.

<u>M³</u>	<u>Kilates</u>	<u>Utilidades en Millones</u>
360.000	22.930	3.0

V. EXPLORACION.

A. Características del material a remover.

1. Características geológicas.

Las características del material que se debe remover podrían catalogarse dentro de los sedimentos geológicos de ambiente deposicional de aguas profundas, que por ser en condiciones anaeróbicas los presenta como productos de una reducción, de colores oscuros, primordialmente negro, y que por corresponder a sedimentos del cretáceo medio a inferior tuvieron que soportar una carga de material suprayacente que ocasionó una compactación bastante notoria llegando a la formación de lutitas y en algunos casos se presentan pizarras.

Estos sedimentos fueron sometidos a un gran tectonismo, resultado del cual son las fallas, plegamientos estrechos, fisuras y deformaciones que presentan.

Muy probablemente como resultado de este tectonismo se presenta

la mineralización, posiblemente de origen hidrotermal, que dió como resultado general un yacimiento de esmeralda. Las zonas mineralizadas se hallan controladas por las fracturas y fisuras, las cuales han sido llenadas por minerales que están asociados con la esmeralda, como calcitas, venas de pirita y otros minerales menos importantes por su frecuencia.

2. Características Físicas.

Físicamente podríamos definir el material como unas arcillas pizarrosas negras fracturadas en su gran mayoría deleznales, pero localmente compactas.

Debido al alto grado de fracturación que se presenta, el angulo de reposo es relativamente bajo, y con frecuencia se producen deslizamientos a lo largo de los planos de fractura o de interstratificación por donde se percola el agua metereolica sirviendo de lubricante.

La densidad aproximada de este material es de 2.5 T/M^3 y para efectos de movimiento mecánico, a pesar del requembraimiento podría considerarse como material en banco.

Cabe poner de presente que estos sedimentos negros se hallan

cubiertos por unas arcillas amarillas, relativamente sueltas que podrían representar un cambio formacional o una alteración por agentes meteóricos de las subyacentes de color oscuro.

3. Topografía.

La topografía de esta región es muy abrupta, con pendientes pronunciadas y hondos desfiladeros, presentando en la actualidad en los frentes de trabajo unos taludes muy fuertes que en algunos casos llegan a ser negativos.

B. Sistema de Explotación.

1) Escogencia del sistema:

Dadas las características del yacimiento, que presentan concentraciones esmeraldíferas en forma errática, es prácticamente imposible el pensar en sistemas subterráneos ya que éstos orientan sus túneles y cruzadas hacia una parte enriquecida, previamente conocida y analizada, caso inaplicable en nuestros yacimientos por las razones antes enunciadas. Debido a esto, el sistema de explotación más indicado es el llamado de "tajo abierto".

Dentro de este sistema se ha escogido el "banqueo escalonado", puesto que la topografía y las condiciones del material, no permi-

ten grandes taludes de estabilidad aceptable y, por otra parte, la poca frecuencia y la discontinuidad de las concentraciones esmeraldíferas nos obligan a un análisis ocular de los frentes y del material removido. Todo esto nos conduce a grandes movimientos de tierra, los cuales sólo se pueden efectuar de acuerdo a un programa previamente establecido si se cuenta con taludes estables que proporcionen la seguridad de que todo el material removido será controlado y eviten los derrumbes ocasionales, que podrían provocar fuga de producción dentro del material arrastrado en él, además de los cambios en los programas de trabajo iniciales. Estas exigencias las garantiza el banqueo escalonado.

Desde el punto de vista económico e industrial, es indispensable contar con la mayor continuidad en la producción. Por lo tanto es recomendable no trabajar un solo frente, sino tener frentes en explotación, frentes en preparación y frentes en reserva. Condiciones éstas también ofrecidas por el banqueo escalonado. Otra de las ventajas que nos ofrece este sistema es su facilidad para adaptarse a cualquier innovación de orden técnico a que haya que someter el método tradicional, o a cualquier cambio, que se quiera introducir dentro del sistema físico de recuperación de la producción.

Dimensiones del banqueo.

Lo ideal para el caso de las Esmeraldas es obtener la mayor superficie de trabajo posible. Para lograr ésto el criterio a seguir en el dimensionamiento de los bancos es, la mayor banca posible y la menor diferencia de nivel entre ellas.

El talud de los bancos dependerá del ángulo de reposo del material a remover.

En cada caso específico la topografía nos determinará los valores a utilizarse.

Por ejemplo, después de analizadas diferentes posibilidades se llegó a la conclusión de que las dimensiones más aconsejables para el banqueo definitivo, del Banco Tequendama, son las siguientes:

Banca : 10 metros

Pared: 12 metros

Talud: 45° grados

2. Escogencia del Equipo.

Dadas las circunstancias del volumen tan elevado de tierra que es necesario remover, se hace indispensable usar equipo mecánico de alto rendimiento. Este equipo debe ser versátil, en el sentido de mover rápidamente grandes volúmenes de material estéril y poder adaptarse al movimiento controlado de pocos metros cúbicos en las zonas productoras.

Básicamente los grandes volúmenes pueden ser removidos con el uso de buldoceres, los cuales se adaptarían también a ciertos movimientos controlados dentro de la zona productiva.

Para el movimiento de material cercano a las vetas es aconsejable el uso del martillo neumático, y herramientas similares que nos aseguren que no se daña la producción y que la pérdida de esmeralda por enmascaramiento es menor, ya que el volumen es menor y el diámetro del material es más pequeño, lo cual facilita un mejor control ocular. La extracción de la producción propiamente dicha seguiría siendo a mano, como se ha venido haciendo por el método tradicional.

3. Análisis y Selección.

a) Buldoceres.

Rendimiento teórico según fabricantes.

Según el "Performance Handbook" de la Caterpillar la producción estimada de un buldocer podría encontrarse de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Producción (M}^3 \text{ / hora)} = \text{Producción máxima} \times \text{factores de corrección.}$$

La producción máxima se calcula de acuerdo al gráfico No. 2, y los factores de corrección, para este caso, dan un valor de 0.318 (Ver anexo No. 4).

Para la selección del equipo se tuvo en cuenta los buldoceres de características similares a D5, D6C y D7E. No fueron considerados buldoceres con capacidades inferiores a los antes anotados pues presentan un bajo rendimiento en relación con las necesidades del proyecto. Otros con capacidad superior tampoco fueron tomados en cuenta ya que a pesar de tener un mayor rendimiento aparente, en cuanto a remoción de material por unidad de tiempo se refiere, el control visual sobre ese material, limitaría la producción en metros³ lo cual vendría a bajar el rendimiento y a mostrar la ineficiencia del equipo al estar desaprovechada gran parte de su capacidad.

A continuación se presenta un cuadro comparativo de las diferentes características de los equipos considerados, condicionadas por las necesidades del proyecto:

	<u>D5</u>	<u>D6</u>	<u>D7</u>
Peso	Aceptable	Aceptable	Excesivo
Tamaño	Aceptable	Bueno	Excesivo
Rendimiento	Regular	Bueno	Regular
Costo / M ³	Excesivo	Aceptable	Alto
Maniobrabilidad	Muy bueno	Bueno	Mala

Buldocer D5. Este equipo presenta peso y tamaño aceptables, así como una maniobrabilidad excelente, pero su rendimiento es deficiente para las necesidades del proyecto y el costo excesivo comparado con los de los otros equipos.

Buldocer D7E. Si se tiene en cuenta las características del terreno y las dimensiones de la banca, presente una peso y tamaño excesivos y una maniobrabilidad bastante deficiente a la vez que su rendimiento aún cuando teóricamente es el mejor, en la práctica se ve reducido porque el control visual sobre el material removido limita la producción de éste, lo que implicaría la no utilización de parte de la capacidad del equipo, que no solo afectaría su rendi -

miento, sino su costo.

Buldozer D6C. Por sus características y por las necesidades del proyecto es el más apropiado para este caso específico.

b). Escarificador.

Sería éste un accesorio muy útil en el caso de emplear el buldozer ya que según los fabricantes aumentaría su rendimiento hasta en un 20%. Este incremento en el rendimiento sería inicialmente aprovechable en las labores de " desmorre " * donde no existe el peligro de fracturación del material esmeraldífero a recuperar, y sólo podría emplearse en las zonas productivas cuando la experiencia haya demostrado que no existe peligro alguno para la producción.

c) Palas Mecánicas.

En caso de movimiento de tierra indiscriminado, en donde los factores determinantes son el número de metros removidos por unidad de tiempo y la facilitación del transporte de los mismos a su destino final, este equipo presenta rendimientos superiores a los de los buldozceres, pero por su mismo sistema de trabajo, impide el control visual indispensable en el método tradicional que se está analizando.

* Movimiento de tierra indiscriminado, en el sitio de explotación, por considerarse material estéril.

Cabe anotar que si los ensayos sobre beneficio, que se enunciarán posteriormente arrojan resultados positivos, este equipo podría ser aplicable, luego de un análisis detallado de su rendimiento y operación.

d) Otros sistemas.

1. Banqueo con ayuda de explosivos.

Debido a que los explosivos comerciales disponibles producen ondas con amplia gama de frecuencia dentro de la cual están las que fracturan los cristales de esmeraldas, hecho corroborado por las experiencias en explotaciones anteriores donde la producción obtenida con ayuda de explosivos presenta una excesiva fracturación en los cristales, no es aconsejable el uso de éstos.

2. Banqueo con ayuda del martillo rompedor.

Una explotación con banqueo escalonado, basada principalmente en el uso de martillos rompedores, presenta el inconveniente del bajo rendimiento relativo y de la gran cantidad de equipo humano necesario, que iría en contra del sistema de control y seguridad indispensables en esta clase de explotaciones.

Sin embargo, su utilización no se debe descartar, ya que se hace necesario como un sistema auxiliar en la zona productiva.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A. Clase de Equipo.

De los análisis anteriores se llega a la conclusión de que los equipos más aceptables para este proyecto son los bulldozers de tipo D6C con escarificador para los grandes movimientos de tierra, particularmente para el desmorre, y bulldozers de tipo D6C y martillos rompedores para la zona de producción que requieren un movimiento de tierra controlado.

B. Cantidad de Equipo.

Basados en las metas de producción obtenidas a través del análisis económico la explotación debe iniciarse con un movimiento de tierra, para el año de 1970, de 720.000 metros³, para lo cual se requieren ocho bulldozers tipo D6C (Véase anexo No.2), trabajando cada uno 2.500 horas anualmente, lo que implica un funcionamiento de ocho horas diarias durante 312 días al año, dejando un margen de 53 días para mantenimiento y reparaciones.

En cuanto a martillos rompedores, inicialmente deben utilizarse dos por cada frente de trabajo con su correspondiente compresor, lo que da un total de 6 martillos y 3 compresores. Este número de martillos se podrá incrementar a medida que la explotación lo vaya exigiendo.

Teniendo en cuenta el aumento de rendimiento que con el escarificador adquieren los buldoceres, se recomienda la obtención de uno de estos accesorios para cada mina, puesto que su uso será en el desmorre para la preparación y la aplicación en los frentes en producción sólo se podrá asegurar después de ensayos y experiencias propios de la Empresa.

De lo expuesto en las metas de producción se concluye que, dadas las circunstancias de que se tiene un incremento anual, los requerimientos de equipo variarán año tras año, pero ante la falta de solidez estadística de los datos utilizados se recomienda iniciar labores con el equipo correspondiente al primer año, durante el cual se recolectará toda la información necesaria, se harán los reajustes al análisis económico y se despejarán las dudas existentes. Con estos nuevos resultados se confirmarán las metas y requerimientos aquí propuestos, en cuyo caso sería necesario disponer de un buldocer más por año, o si se presentan grandes variaciones sería necesario ajustar los requerimientos de producción y equipo a los nuevos valores encontrados. Por lo tanto se recomienda hacer un reajuste anual a los diferentes factores que intervienen en el análisis económico.

C. Control de mantenimiento.

El presente estudio está basado en la utilización de un equipo que por su estado y capacidad garantice la continuidad de las labores de lo cual depende el éxito de la operación. Esto exige un máximo de eficiencia en el mantenimiento, por cuanto es lo único que asegura una disponibilidad permanente en el equipo. En el anexo No. 5 se adjuntan algunas tarjetas de control para el mantenimiento del equipo en general.

D. Inversiones en Equipo.

1. Costos del Equipo.

Por las cotizaciones obtenidas, para la plaza de Bogotá, las inversiones aproximadas por concepto de buldoceres y escarificadores son las siguientes:

	<u>Precio Unitario</u>	<u>Unidades</u>	<u>Total</u>
Buldoceres	586.872	8	4'484.976
Escarificadores	40.000	2	80.000

	<u>Precio unitario</u>	<u>Unidades</u>	<u>Total</u>
Martillos	6.080,00	6	36.480,00
Compresores	100.000,00	3	300.000,00
Total aproximado de las inversiones en Equipo:			\$ 4'901.456,00

2. Gráfica ajustada con nuevos costos.

Ya que la depreciación del equipo es un costo fijo que estaba involucrado inicialmente dentro de los costos variables, es necesario hacer el reajuste correspondiente en la curva de costos del análisis gráfico (Ver gráfico No. 14).

Nuevos Costos Fijos = Costos Fijos iniciales + Depreciación anual de equipos.

$$= 17'600.000 + 1.117.532 = 18'717.532$$

Nuevos Costos Variables = Costos Variables Iniciales / M^3
 Depreciación anual del equipo por M^3

$$= \frac{5.52 - 89.49}{35} = 2.97 / M^3$$

3. Análisis del nuevo Gráfico ajustado.

Las variaciones que presenta son despreciables. Las utilidades para el año de 1970 permanecen invariables, los costos totales son los mismos, el punto crítico B no sufre desplazamiento

y sólo sufre una pequeña variación el punto crítico A, pero es tan pequeña que no debe ser tenida en cuenta.

E. Rentabilidad del Proyecto para el año de 1971.

Inversiones

Inversión Fija

Activo recibido del Banco de la República	3'737.000.00
Equipos de Explotación	4'901.456.00
Equipos de administración General	1'242.000.00
Construcciones	16'895.000.00

Gastos Preoperacionales.

Compra de mejoras e indemnizaciones	2'390.000.00
Gastos Preoperacionales de explotación	4'552.332.00
Gastos Preoperacionales de Administración	4'246.772.00
Gastos de Exploración	3'000.000.00
Gastos de Funcionamiento	15'734.380.00
Total de Inversiones	53'698.790.00
Utilidades para el año de 1971	27'500.000.00

Rentabilidad del proyecto para 1971:

$$\frac{\text{Utilidades}}{\text{Total de Inversiones}} = \frac{27'500.000}{53'698.790} = .51$$

Rentabilidad: 51%

Esta rentabilidad es obtenible solamente si los requerimientos del proyecto son satisfechos oportunamente lo que quiere decir que a primeros de enero de 1971 debe estar adquirido todo el equipo y listo para entrar a funcionar.

Para el año de 1970 no se calcula la rentabilidad puesto que no se cuenta, hasta el momento, con el equipo necesario, pero si pueden iniciar labores aun cuando no con el ritmo apropiado para alcanzar la meta propuesta.

VII. BANCO TEQUENDAMA.

A. Mena Disponible

Se considera para este banco y para ser explotable por el método tradicional, la mena existente por encima del nivel de la quebrada Itoco. No quiere esto significar que no exista mena por debajo de dicho nivel.

Con base en el levantamiento topográfico realizado en el área de interés, el cual fué elaborado a escala 1: 1000 y con curvas de nivel cada 5 metros, (ver planta topográfica anexa), se calcula la mena del "Banco Tequendama", por el sistema del polinomio y de integración múltiple y fué comprobado por el método de secciones.

El volumen así obtenido asciende a $17'006.000 \text{ M}^3$ lo que indica que puede ser trabajada por un mínimo de 17 años a una rata promedio de $1'000.000$ de M^3 por año, hecho éste que asegura un frente de trabajo que le da viabilidad al proyecto durante 17 años.

B. Programación de extracción de la mena.

1. Explicación del sistema.

Se trata de un movimiento masivo de material, utilizando

buldoceres y martillos neumáticos rompedores, con el objeto de encontrar las producciones esmeraldíferas. Esta explotación a Tajo Abierto se hará a través de un sistema de banqueo escalonado, el cual ha sido programado utilizando vistas de plantas y perfiles, en donde se ha tenido en cuenta no sólo la topografía y las posiciones de las vetas productivas, sino también la localización y orientación de canal que servirá de vía de arrastre del material estéril. Con el objeto de evitarle carreras largas a los buldoceres se ha escogido "botaderos" naturales y se ha programado otros artificiales, los cuales le servirán de conducto al material hasta el canal de donde será removido, utilizando el poder de arrastre del agua proveniente de los "tambres".

2. Preparación.

a). Programación del banqueo.

Se ha programado trabajos preparatorios hasta llegar a un sistema de banqueo que tendrá como dimensiones iniciales las siguientes:

Dimensión de la banca o anchura del callejón: 5 metros.

Pared o diferencia de elevación entre los bancos: 24 m.

Talud de los bancos: 45°.

Estas dimensiones se varían a través de 8 etapas (Ver plantas etapa 1 a 8 y cortes 1 y 2) hasta obtener las siguientes dimensiones finales para el banqueo.

Dimensión de la banca o anchura del callejón: 10 M.

Diferencia de nivel entre los bancos o pared: 12 M.

Talud de los Bancos: 45°.

Talud del Banqueo: 27°.

La banca siempre será horizontal y la longitud del callejón variará para cada uno de ellos según las limitaciones que imponga la topografía, pero siempre estarán orientados sensiblemente paralelos al canal de descargue, con el objeto de facilitar el desalojamiento del material estéril.

La primera etapa (ver planta etapa primera) será propiamente la de preparación del frente, pero es muy probable que durante el desarrollo de ella se presente producción.

Este desarrollo se hará de arriba hacia abajo y considerándolo como un solo callejón de banca variable.

b) Movimiento de Tierra.

El movimiento del material se hará por medio de buldoceres con escarificadores en forma masiva y a plena capacidad del equipo en las áreas improductivas. En las áreas productivas

se utilizarán buldoceres removiendo el material por pequeñas capas de un espesor no mayor de 30 centímetros*. Es importante que durante esta operación se efectúe un control ocular directo, tanto sobre el material removido por el buldocer como sobre la nueva superficie del callejón. En estas etapas se debe ayudar con los martillos rompedores en los sitios en los cuales la dureza del material entorpezca la labor del buldocer.

Cuando **afloren** las mineralizaciones probablemente productivas se debe suspender en esa zona el trabajo con buldoceres y proceder al movimiento de material manualmente, pudiéndose ayudar por martillos rompedores pero con un riguroso control. La extracción propiamente dicha de la producción esmeraldífera deberá hacerse manualmente, tomando todas las precauciones necesarias para garantizar que la producción no sufrirá ningún daño y su recuperación será total.

Es importante anotar que durante estas etapas se deberán cumplir estrictamente las medidas de seguridad adoptadas por la Empresa en su "Manual de Seguridad y Funcionamiento".

* Para el cálculo del rendimiento del equipo se tuvo en cuenta esta operación en la cual el buldocer no trabaja a plena capacidad.

El material estéril proveniente del movimiento de tierra descrito anteriormente se arrojará por los "botaderos", que se han programado de tal forma que el máximo recorrido del buldocer sea de 75 metros, a un canal de descargue. El transporte del material por este canal hasta la Quebrada Itoco se hará por medio de agua proveniente del tambre, llevada al canal de descargue por una tubería de presión, de diámetro 18".

Se tratará de hacer una recuperación secundaria, colocando al final del canal de descargue una serie de tamices contruídos en varilla, con el objeto de hacer una clasificación y acumulación por tamaño para un posterior muestreo que sirva de base para un futuro estudio sobre beneficio del material.

Esto se recomienda de acuerdo a los resultados obtenidos a través de pequeños ensayos sobre beneficio, por sistemas ópticos, sistemas mecánicos y sistemas de medios densos.

B. Principales características de la programación del Banco Tequendama.

A continuación se presenta un cuadro en el cual se muestran las especificaciones para cada una de las ocho etapas programadas las cuales darán como resultado final el banqueo definitivo. Cabe anotar que en él no se incluye ninguna programación de beneficio, puesto que éste se hará en vía de ensayo, tal como se anotó anteriormente y se basará en investigaciones futuras.

ETAPAS								Pág. 74
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.	8a.
Banco de máxima longitud (en metros)	165	195	220	240	275	255	265	270
Banco de Mínima longitud (en metros)	70	30	25	25	50	75	110	80
Longitud Promedia de Banco (en metros)	100	109	121	131	163	169	181	191
Número de Bancos	4	6	8	12	6	7	8	10
Banca (metros)	5	5	5	5	10	10	10	10
Pared (Metros)	24	20	16	12	24			12
Talud de los Bancos (grados)	45	45	45	45	45	45	45	45
Talud del Banqueo (grados)	39	38	37	36	35	34	32	27
M ³ a remover	275.000	46.000	80.000	171.000	72.000	125.000	220.000	270.000
Horas Bulldozer	7.857	1.314	2.286	4.886	2.057	3.571	6.286	7.714
Producción esperada (kilates)	17.500	2.927	5.092	10.879	4.582	7.952	14.000	17.180
Costo directo aproximado (Millones)	1.52	.35	.44	.94	.40	.70	1.21	1.50
Ingresos esperados (Millones)	16.92	.28	.49	10.52	4.43	7.70	13.54	16.61

ANEXO No. 1

COSTOS FIJOS PARA EL METODO TRADICIONAL

(Miles de pesos)

Sueldos	\$ 1.914 ✓
Jornales	2.814 ✓
Materiales y Suministros	2.700 ✓
Prestaciones	2.130 ✓
Fuerza Pública	1.200 ✓
Gastos Generales	4.564 ✓
Amortización Diferidos (1)	<u>2.279</u> ✓
	\$ 17.601

(1) no incluye maquinaria de explotación)

COSTOS POR HORA Y RENDIMIENTO POR METRO CUBICO

MAQUINA: D6C ST. Topador 6S

Precio de entrega de la máquina, incluso accesorios.....	586.872
Menos el valor de salvamento.....	<u>58.687</u>
Valor neto para Amortización.....	<u><u>528.185</u></u>

COSTOS DE POSESION

1 Amortización: Valor neto de amortización	= $\frac{528.185}{8000}$	66.02
Período de Amortización en Horas	8000	
2 Intereses, Seguros, Impuestos:		
Tasa Anual: Int. 14% Seg. 2%. Imp. 0%		
Uso Anual Estimado: 2.500 horas		
Factor X Precio de Entrega = $\frac{.040}{1000} \times \frac{586.872}{1000}$		23.47

COSTOS TOTALES DE POSESION 89.49

COSTOS DE OPERACION

	Consumo Costo por unidad
3 Combustible	11.35
4 Lubricantes, Filtros, Grasa:	2.88
5 Reparaciones:	
Factor de reparación x 0.13	
Precio de entrega = $\frac{586.872 \times 13}{1000}$	76.29

COSTOS TOTALES DE OPERACION 90.52

6 Salarios por hora del operador 13.13 13.13

COSTOS TOTALES POR HORA DE POSESION 193.14

Rendimiento real por hora	35.0
Costo por metro cúbico	5.52

MAQUINA: D5 St Topador 5S

Precio de entrega de la máquina, incluso accesorios.....	\$ 488149
Menos el valor de salvamento...	<u>48815</u>
Valor neto para Amortización....	439334

COSTOS DE POSESION:

- 1 Amortización: Valor neto de amortización = $\frac{439334}{8000} = 54.92$
Período de Amortización en Horas
- 2 Intereses, Seguros, Impuestos:
Tasa Anual: Int. 14%, Seg. 2% Imp. No
Uso Anual Estimado: 2,500 horas
Factor X Precio de Entrega = $\frac{.040 \times 488.149}{1000} = 19.52$
1000 1000

COSTOS TOTALES DE POSESION 74.44

COSTOS DE OPERACION

- | | Consumo | Costo por unidad | |
|---|---------|------------------|-----------------------|
| 3 Combustible | 3.5 | x 2.415 | = <u>8.45</u>
2.52 |
| 4 Lubricantes, Filtros, Grasa: | | | |
| 5 Reparaciones: | | | |
| Factor de reparación x 0.13 | | | |
| Precio de entrega = $\frac{488149}{1000} \times 0.13 =$ | | | 63.46 |

COSTOS TOTALES DE OPERACION 74.43

- 6 Salarios por hora del Operador 13.13
- COSTOS TOTALES POR HORA DE POSESION
Y DE OPERACION 162.00
- Rendimiento Real por hora 25.4
- Costo por metro cúbico 6.38

COSTOS POR HORA Y RENDIMIENTO POR METRO CUBICO

MAQUINA: D7E St Topador 7U

Precio de entrega de la máquina, incluso
 accesorios..... 861.000
 Menos valor de salvamento..... 86.100
 Valor neto para Amortización..... 774.900

COSTOS DE POSESION

1 Amortización: Valor Neto de Amortización = 774.900 = 96.86
 Período de Amortización en Horas 8000

2 Intereses, Seguros, Impuestos:
 Tasa Anual: Int. 14%, Seg. 2%, Imp. No
 Uso Anual Estimado: 2.500 horas
Factor x Precio de Entrega = .040 x 861.000 = 34.44
 1000 1000

COSTOS TOTALES DE POSESION 131.30

COSTOS DE OPERACION

	Consumo	Costo por unidad	
3 Combustible	6.7 x	2.415	= 16.18
4 Lubricantes, Filtros, Grasa:		4.68	
5 Reparaciones:			
	Factor de reparación x		
	<u>Precio de entrega = 861.000 x 0.13 =</u>		111.93
	1000	1000	

COSTOS TOTALES DE OPERACION 132.79

6 Salarios por hora del Operador 13.13

COSTOS TOTALES POR HORA DE PO-
 SESION Y DE OPERACION 272.22

Rendimiento real por hora 63.6
 Costo por metro cúbico 4.36

ANEXO No. 3

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DE TRABAJO DEL TRACTOR DE CARRILES.

OPERADOR :	Excelente.....	1.00
	Mediano.....	0.75
	Deficiente.....	0- 0 .60

MATERIAL:

1 Peso - Factor de corrección =

$$\frac{3000 \text{ lb/yd}^3 \text{ en banco}}{\text{Peso existente yd}^3 \text{ en banco}} \text{ o } \frac{2300 \text{ lb/yd}^3 \text{ de mater, suelto}}{\text{Peso existente / yd}^3 \text{ de mater, suelto}}$$

2 Tipo-		
Material suelto amontonado.....		1.20
Difícil de cortar, congelado.....		0.80
Difícil de empujar, se apelmaza**.....		0.80
Rocas desgarradas o dinamitadas ***.....		0.60-0.80

EMPUJE POR METODO DE ZANJA..... 1.20

VISIBILIDAD: Polvo, lluvia, nieve, niebla u oscuridad 0.80

TRANSMISION (Directa): sólo D5, D6, D7, D8..... 0.80

HOJA: D5 de trocha angosta..... 0.90

Hoja U para material liviano (carbón)..... 1.20

Topadora-Emparejadora (mat. apilado)..... 1.30

EFICIENCIA DEL TRABAJO: 50 Min/ hr..... 0.84

45 min/ hr..... 0.75

PENDIENTES: Vea la gráfica de factores de pendientes

* Sin cilindro de inclinación: 0.60; con control de cable: 0.60

** Material seco, no cohesivo (arena, grava), o muy pegajoso.

*** Depende del tamaño medio de las rocas y % de finos

ANEXO Nr. 4

Análisis de los factores y determinación de cada uno de ellos.

1o. Por eficiencia del operador

Para los cálculos se considerará que los operadores tendrán un nivel "mediano". El factor será 0.75.

2o. Por tipo de material

1. Peso

$$\text{Factor: } \frac{1.790 \text{ K/M}^3}{2.500 \text{ K/M}^3} = 0.72$$

2. Tipo

Factor 0.7, por considerar que son rocas desgarradas.

Visibilidad. 0.8 (por lluvia y niebla)

Eficiencia de trabajo: 50 Min./ hora. 0.84

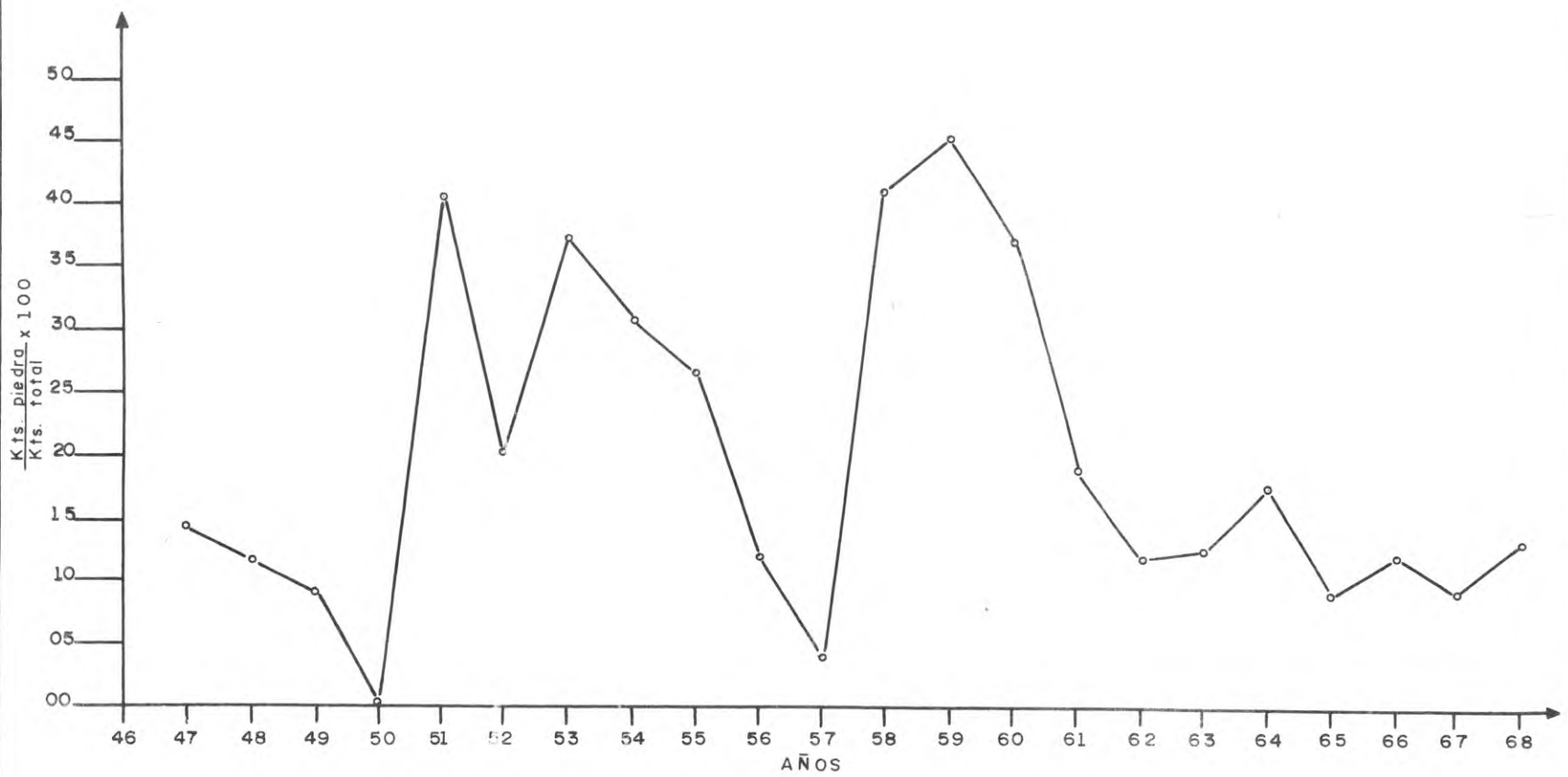
Por pendiente: 1.0

Factor de concreción total: $0.75 \times 0.72 \times 0.7 \times 0.8 \times 0.84 = 0.318$

ANEXO No. 5

EJEMPLOS DE TARJETAS PARA
CONTROL DE MANTENIMIENTO Y
CONTROL DE COSTOS

EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS

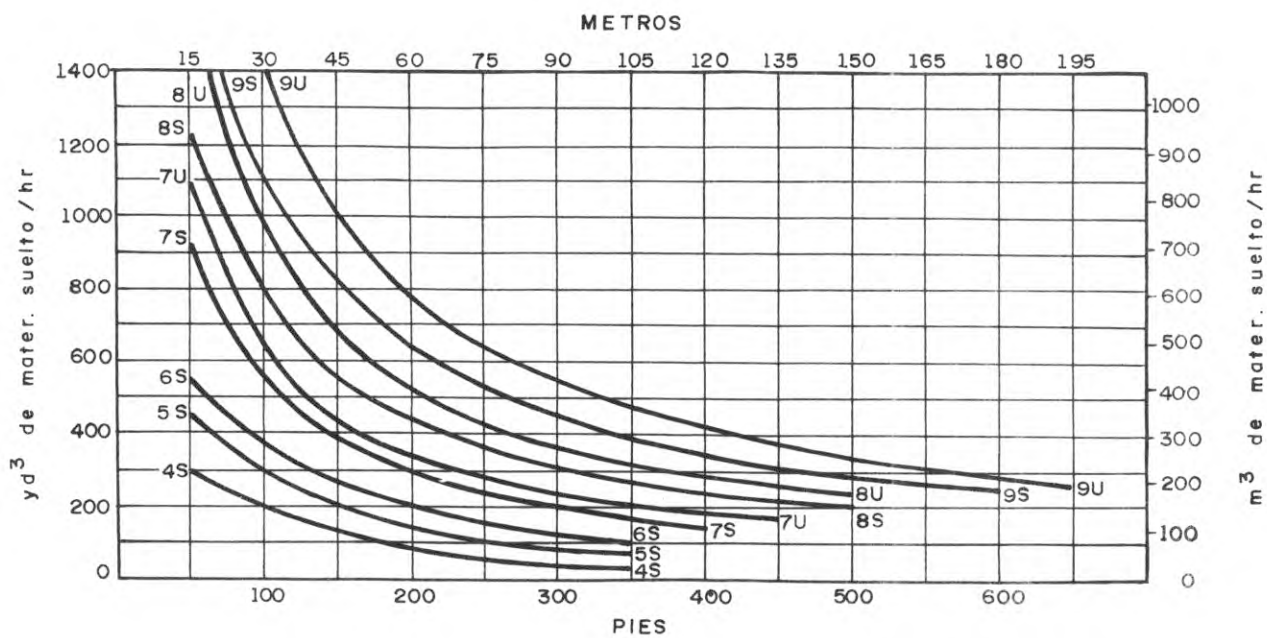


VARIACION DEL PORCENTAJE DE LA PRODUCCION DE PIEDRA CON RESPECTO A LA PRODUCCION TOTAL.- MINAS DE MUZO

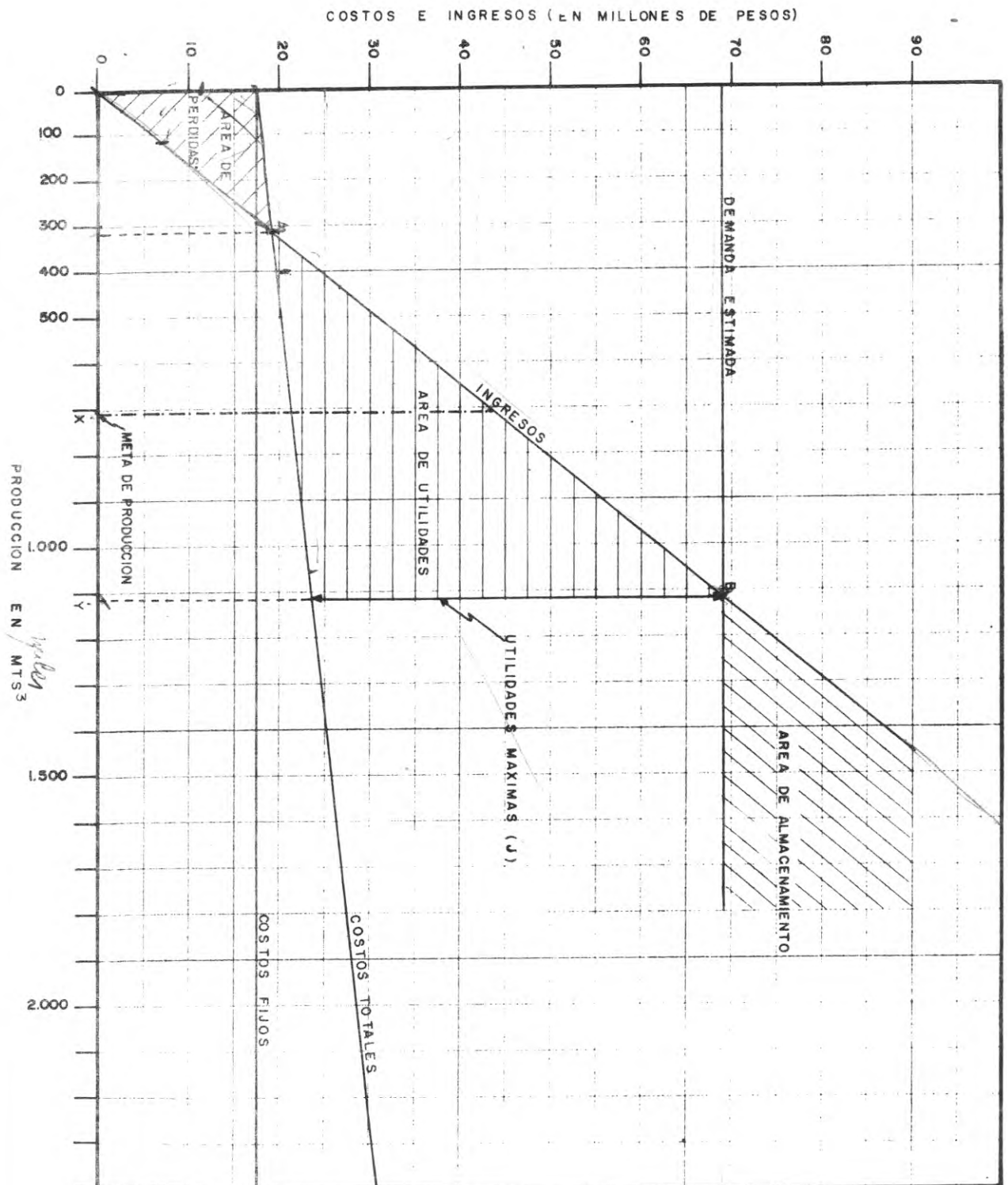
GRAFICO No. 1

GRAFICO Nº 2

PRODUCCION MAXIMA ESTIMADA CON TOPADOR
INSTALADO EN TRACTOR DE CARRILES



DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON TOPADOR

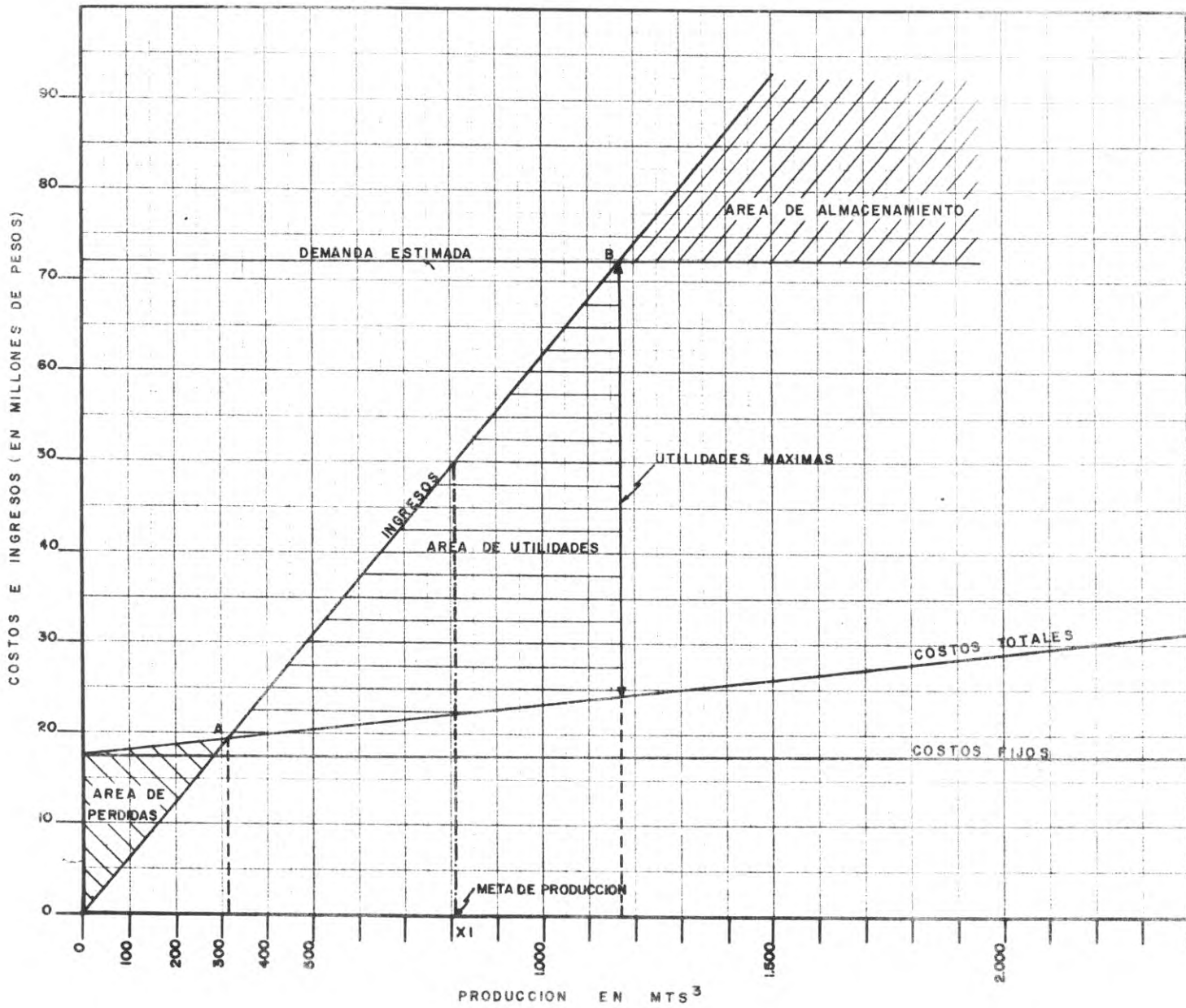


ANALISIS ECONOMICO - 1970

GRAFICO N° 3

① 100
10
0,10

GRAFICO N° 4
ANALISIS ECONOMICO - 1971



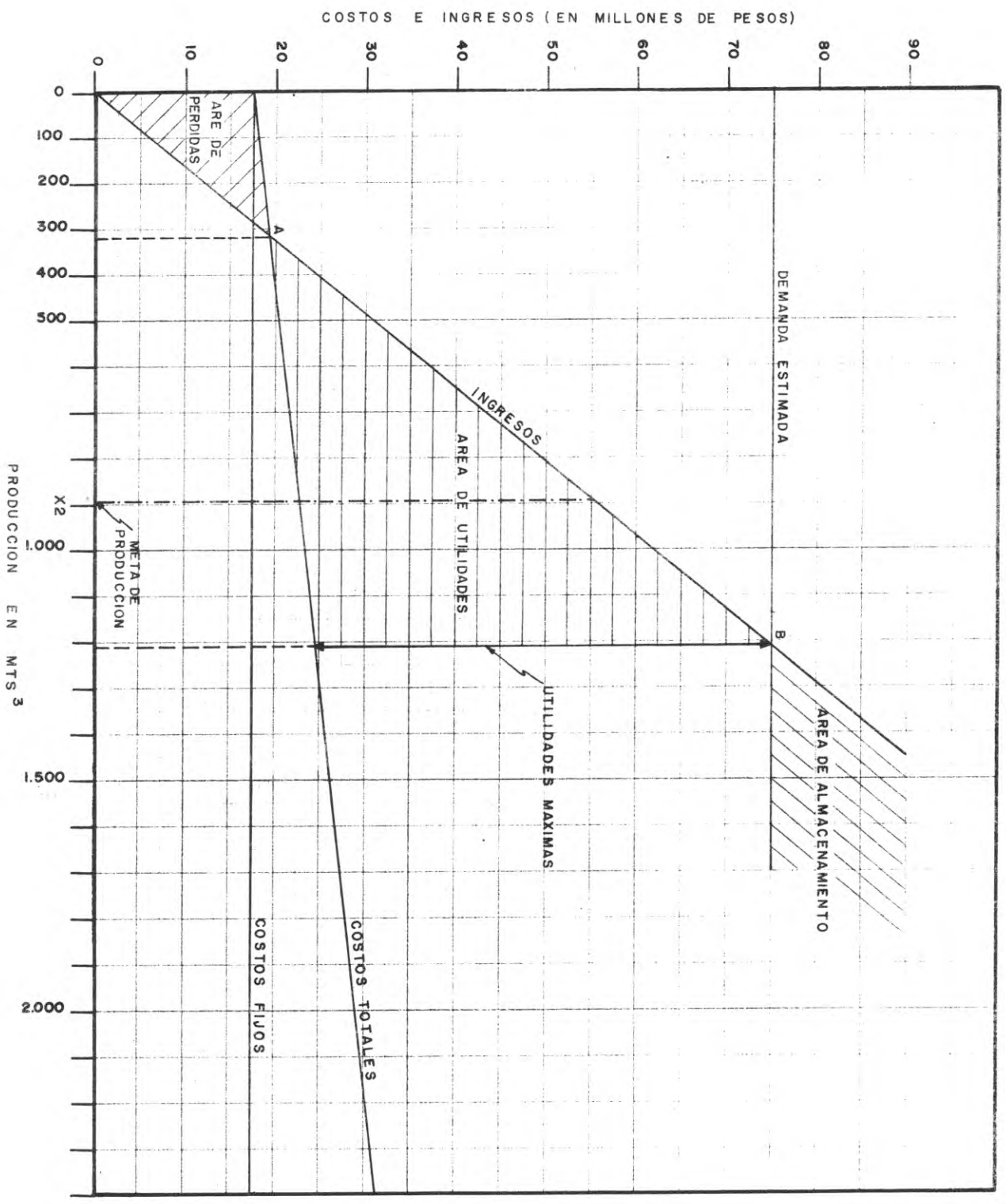


GRAFICO Nº 5
ANALISIS ECONOMICO — 1972

GRAFICO N° 6
ANALISIS ECONOMICO - 1973

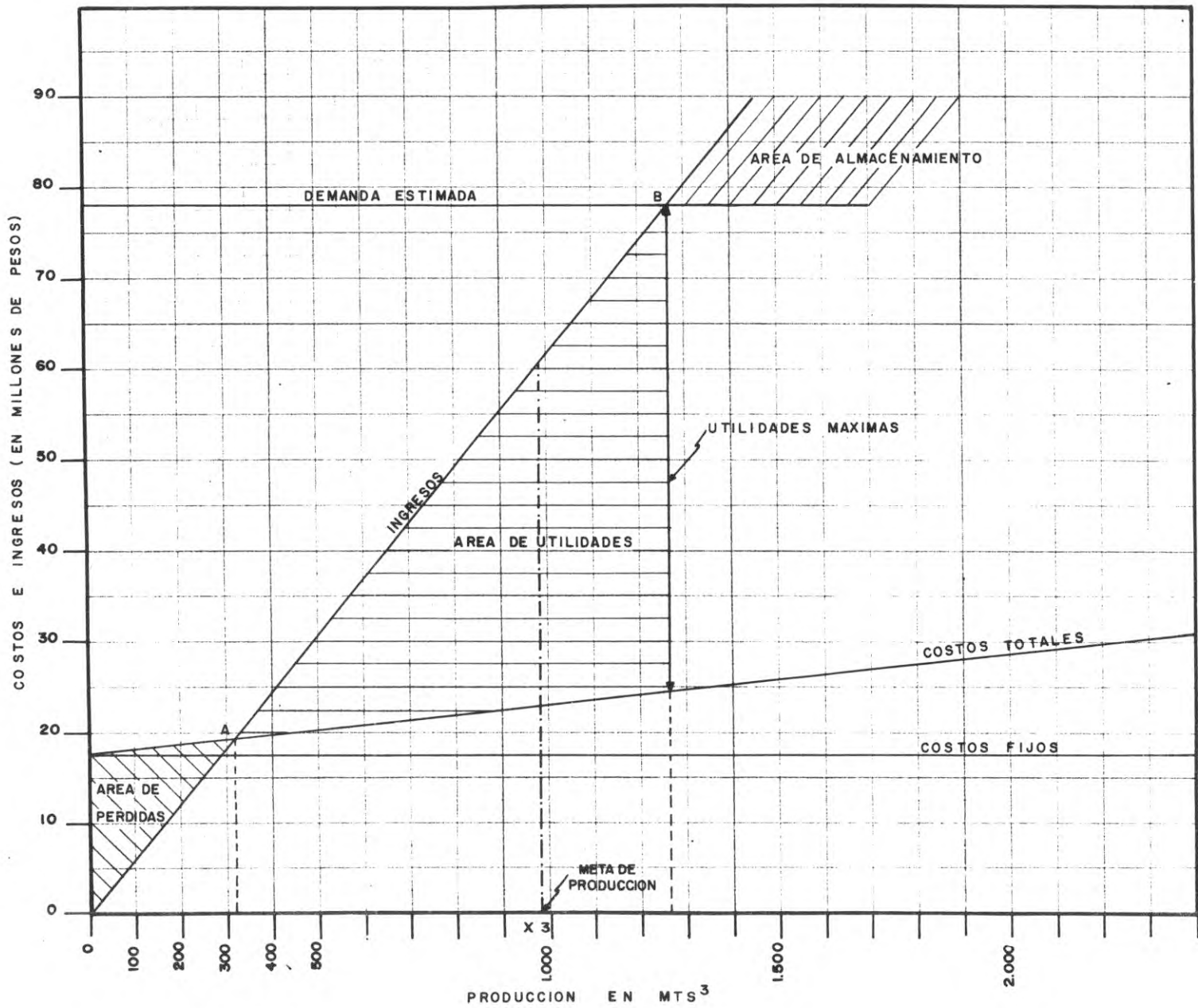
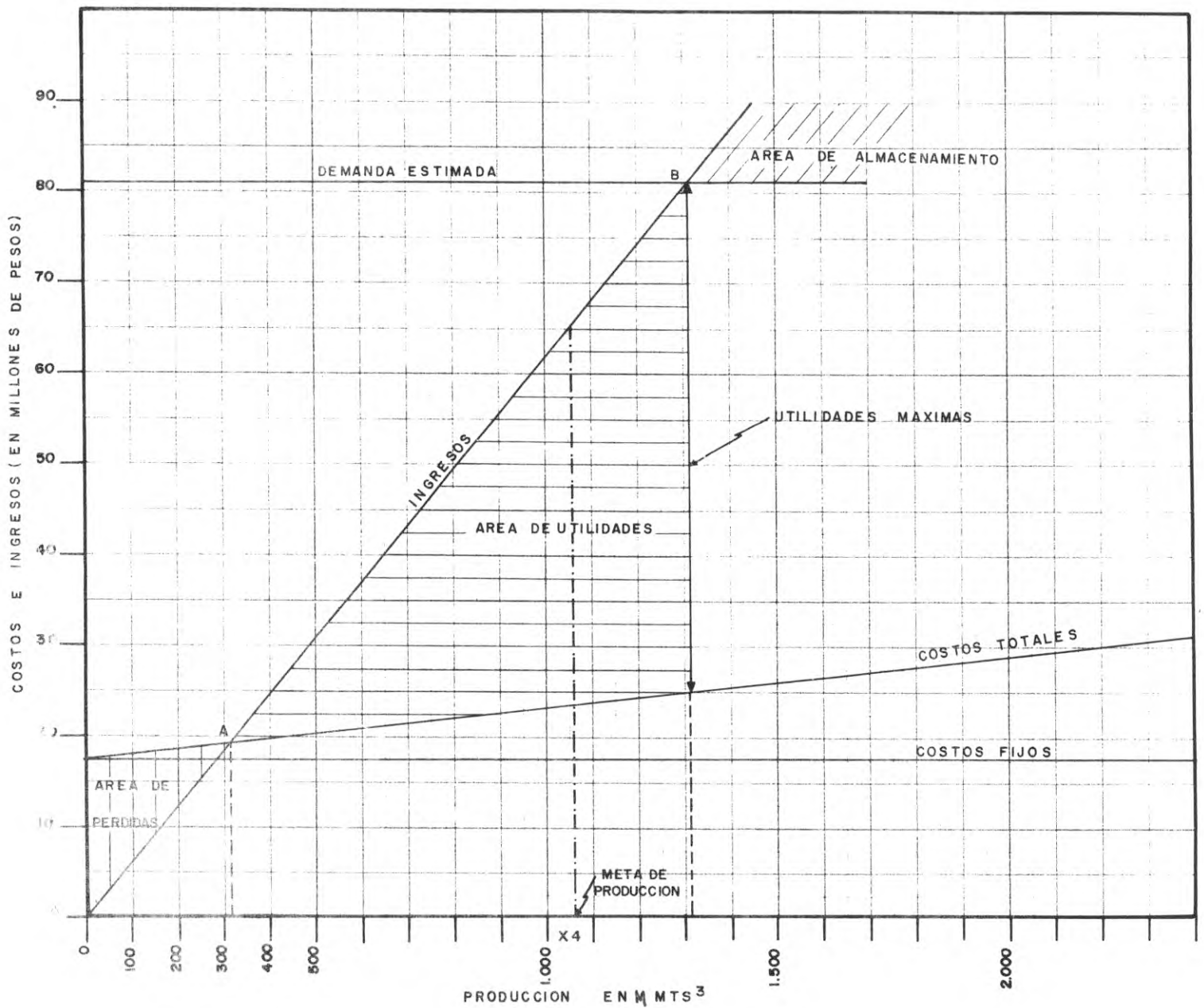
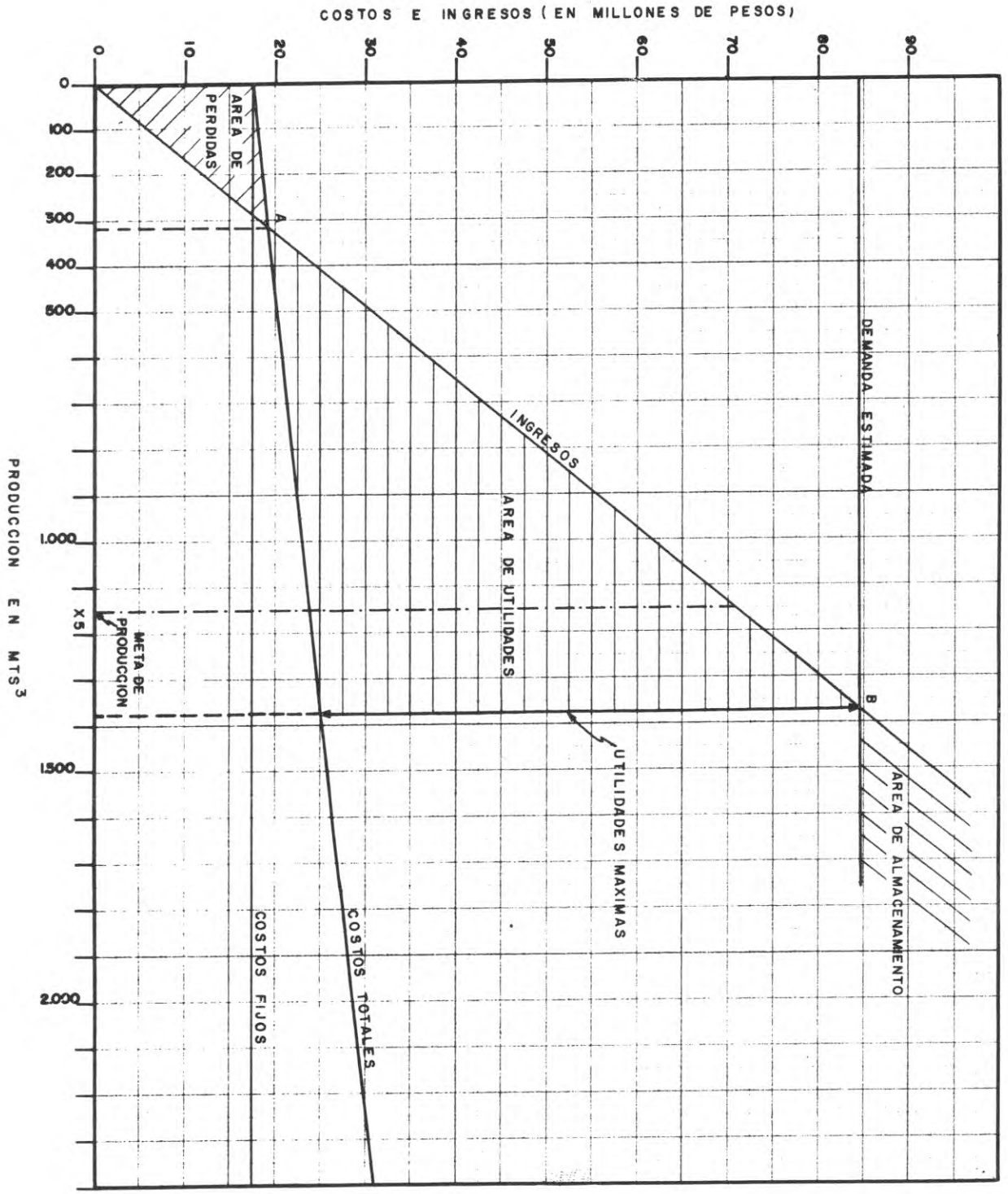


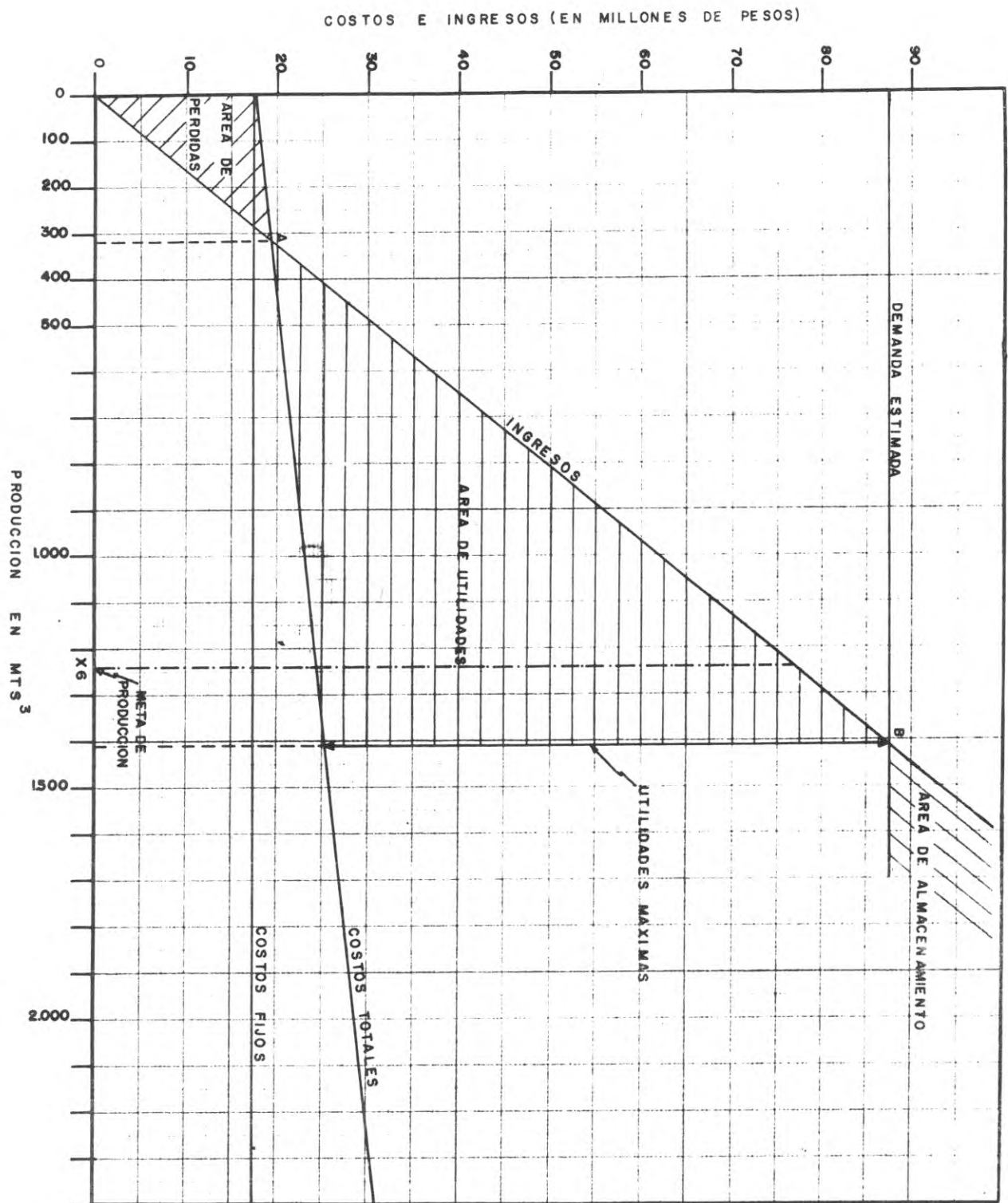
GRAFICO N° 7
ANALISIS ECONOMICO - 1974



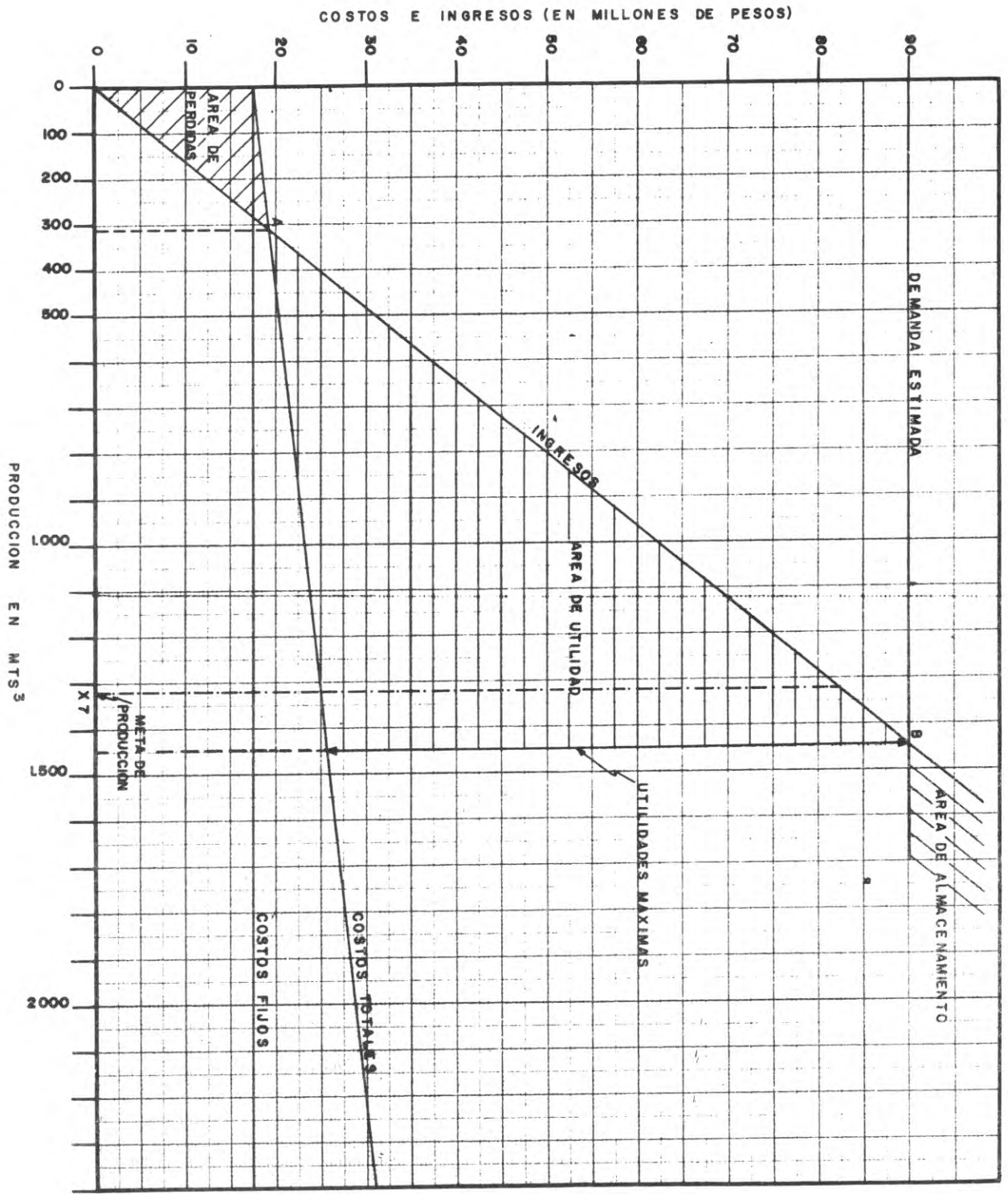


ANALISIS ECONOMICO - 1975

GRAFICO N° 8

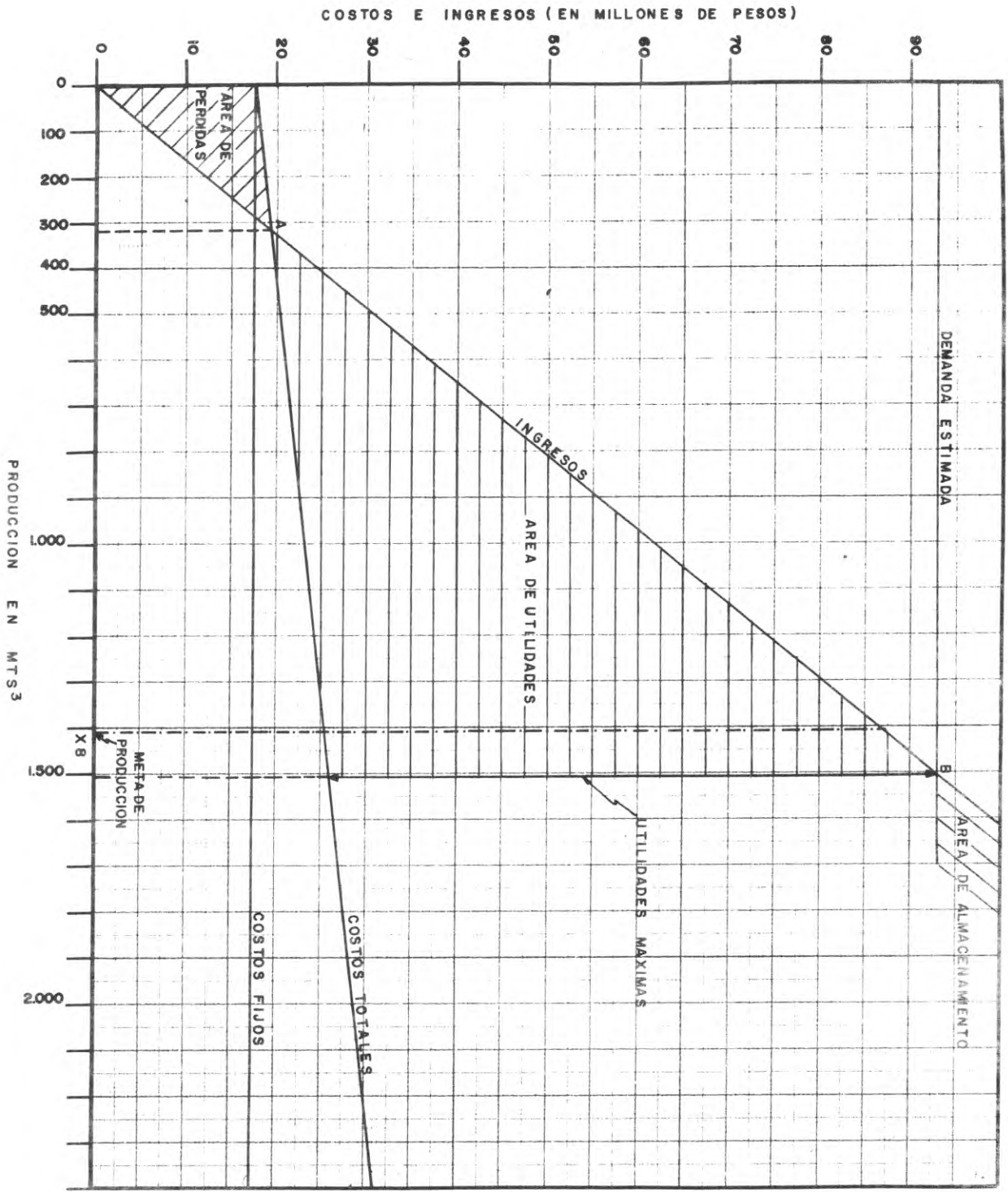


ANÁLISIS ECONOMICO - 1976



ANALISIS ECONOMICO - 1977

GRAFICO N° 10



ANALISIS ECONOMICO -- 1978

GRAFICO N° II

GRAFICO Nº 12
ANALISIS ECONOMICO - 1979

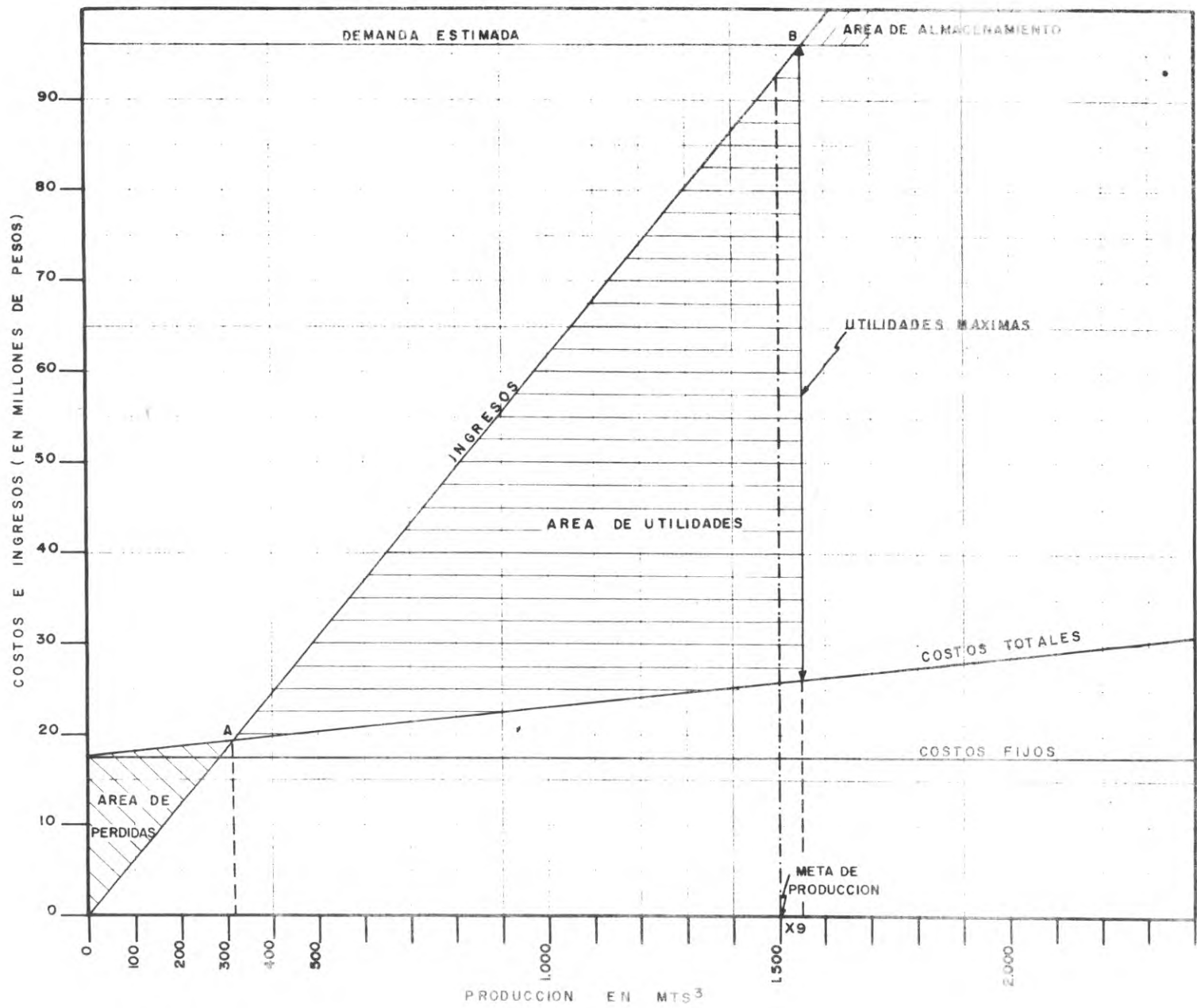
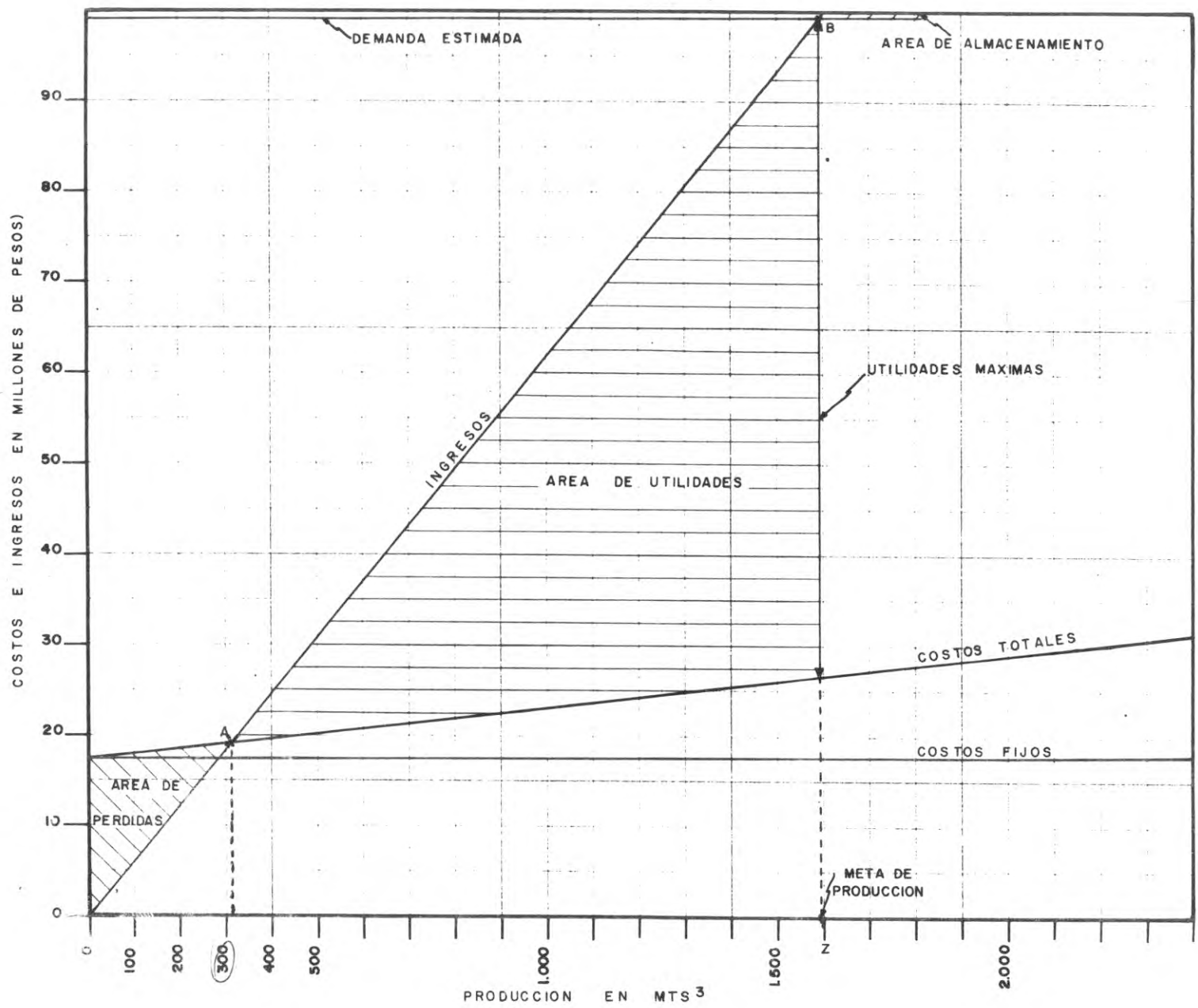
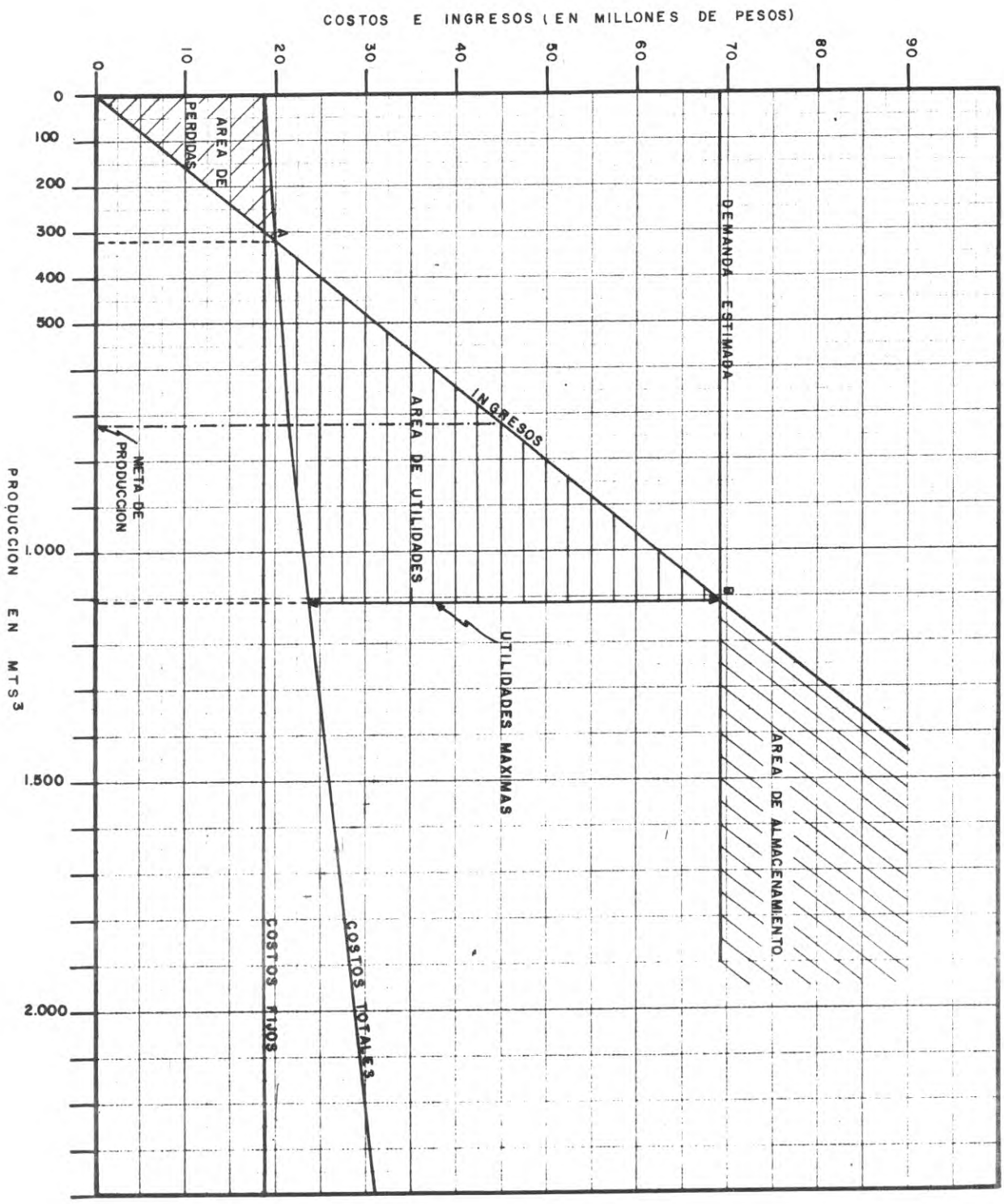


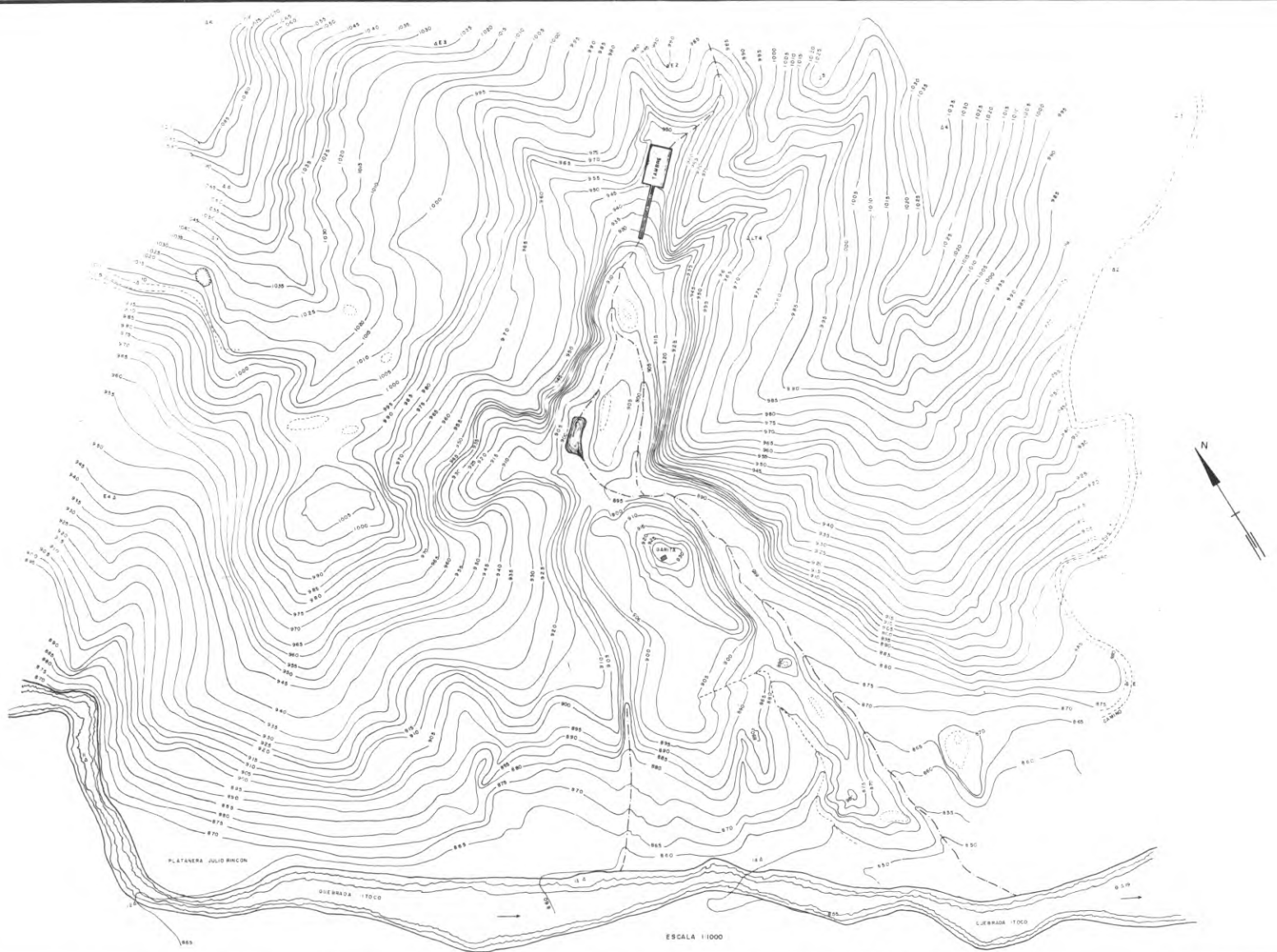
GRAFICO N° 13
ANALISIS ECONOMICO - 1980






ANALISIS ECONOMICO - 1970

GRAFICO N° 14



					REVISION	IV	III	II	I	 ecominas			EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS	
					DESCRIPCION					DISEÑADO	DIBUJADO	REVISADO	PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA	
					PREPARADO					PRESENTADO	APROBADO	FECHA	PLANTA GENERAL - TOPOGRAFIA	
					APROBADO					REFERENCIA	ARCHIVO	PLANCHAS	PROYECTO ST. 51 DIBUJO	




ESCALA 1:1000

					REVISOR		EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS		
					DESIGNADOR		PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA		
					PREPARADOR DEL DISEÑO	PRESENTER	APROBADO	FECHA	
					APROBADO	REFERENCIA	ARCHIVO	PLANTILLA	
					FECHA				
								PLANTA PRIMERA ETAPA	ST-51
								BANCA 5ms - TALUD 45° - FAREO 24ms	OP-10




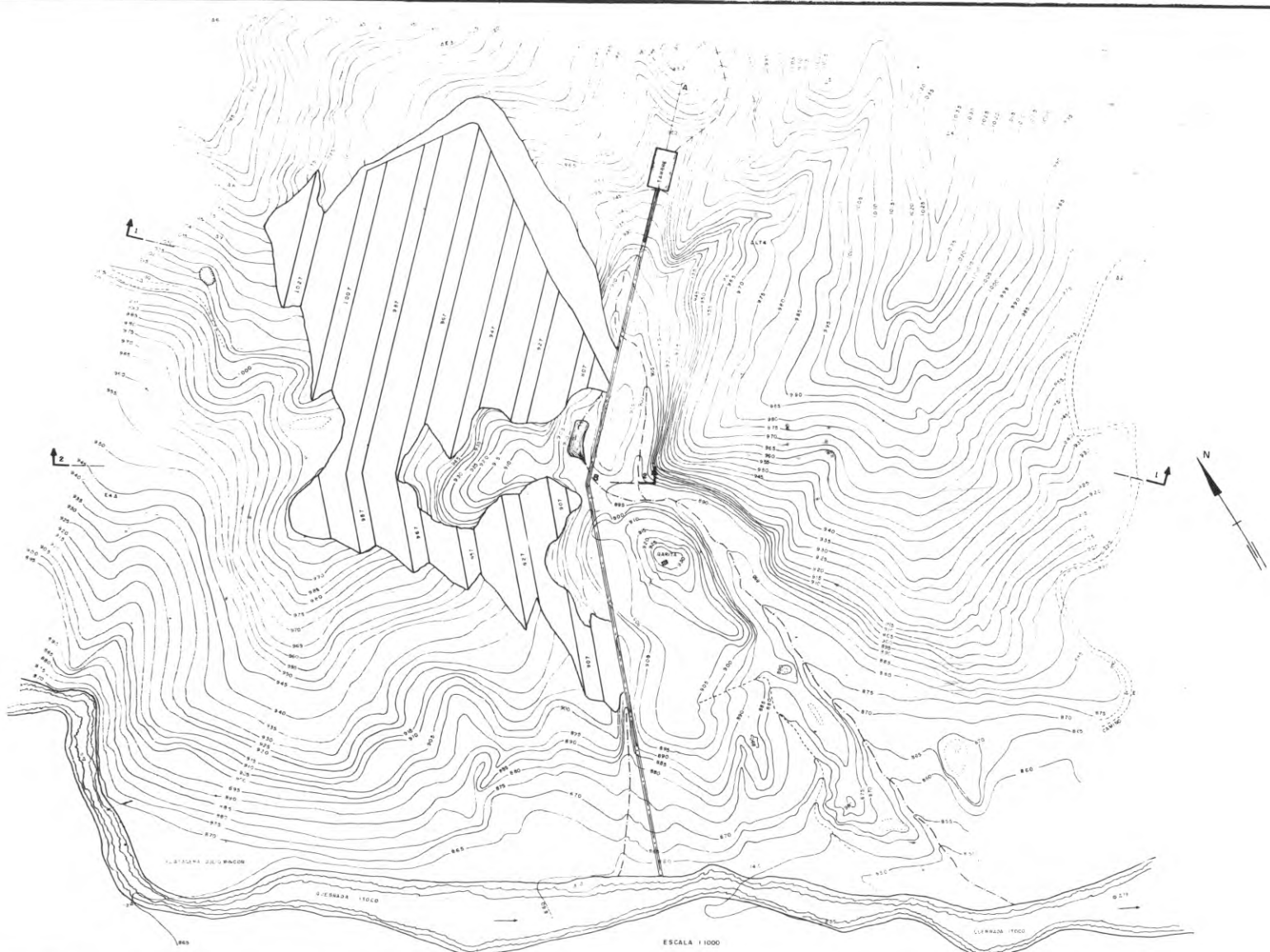
					REVISIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
					DESCRIPCIÓN																				
					PREPARADO																				
					REVISADO																				
					APROBADO																				
					FECHA																				
					DISEÑADO		DIBUJADO		REVISADO																
					PRESENTADO		APROBADO		FECHA																
					REFERENCIA		ARCHIVO		PLANCHA																
											EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA PLANTA SEGUNDA ETAPA BANCA 3 mts - TALUD 45° - PARED 20mts														
											ST-51 DIBUJO														




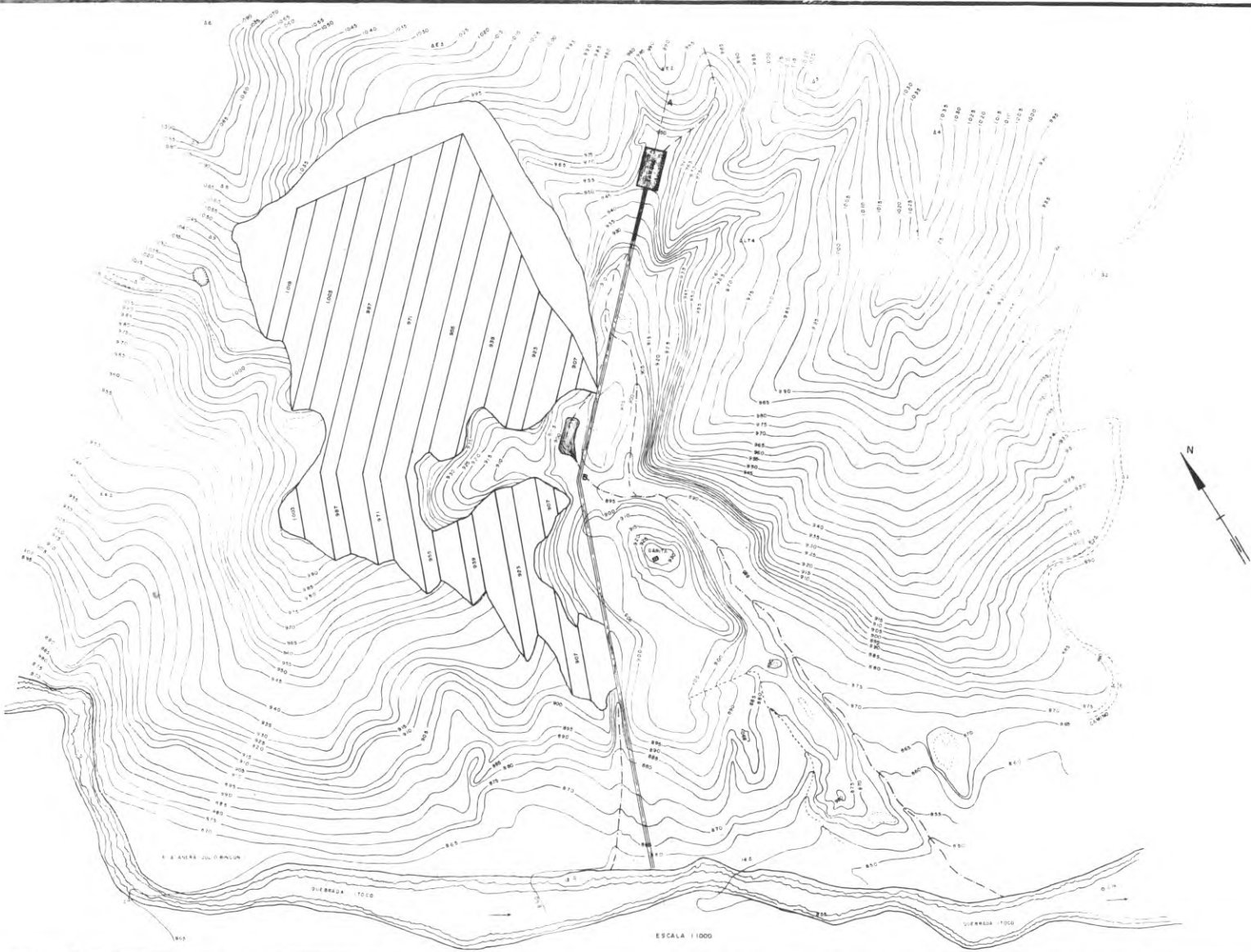
					REVISIÓN	REV. 01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
					DESCRIPCIÓN																					 ecominas		EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS																											
					PREPARADO Y VISADO																					DISEÑADO	DIBUJADO	REVISADO	PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA																										
					APROBADO																					PRESENTADO	APROBADO	FECHA	PLANTA TERCERA ETAPA																										
					FECHA																					REFERENCIA	ARCHIVO	PLANCHA	BANCA 8 mls - TALUD 45° - PARED 16 mls																										
																												PG. 11 ST. 51 DIBUJO																											




REVISOR		ELABORADOR		CORRECTOR		AUTORIZADO		 ecominas		EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA		PLANTA QUINTA ETAPA BANCA 10ms - TALUD 45° - PARED 24ms	ST-51
FECHA		Escala		MATERIAL		REFERENCIA		PROYECTO: BANCO TEQUENDAMA ETAPA: QUINTA BANCO: 10ms					

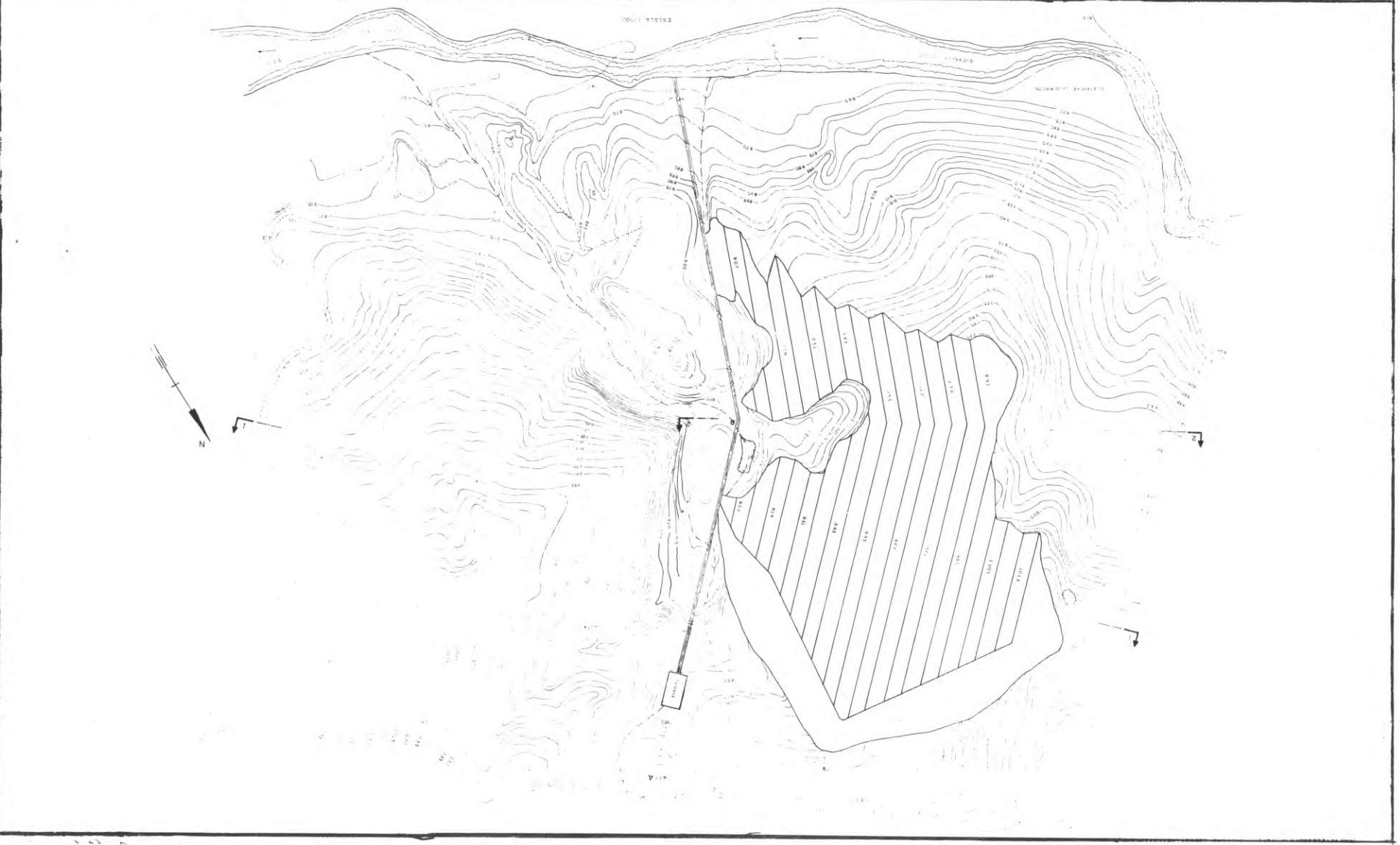


VI						V						IV						III						II						I						REVISION						 ecominas						EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS					
DESCRIPCION						APROBADO						DISEÑADO						DIBUJADO						REVISADO						PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA																							
PREPARADO						REVISADO						PRESENTADO						APROBADO						FECHA						PLANTA SEXTA ETAPA																							
FECHA						REFERENCIA						ARCHIVO						PLANCHA						BANCA 10m - TALUD 45° - PARED 20m						PROYECTO ST-51																							



					REVISION	IV	III	II	I	 ecominas			EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS	
					DESCRIPCION					DISEÑADO	DIBUJADO	REVISADO	PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA	
					PREPARADO					PRESENTADO	APROBADO	FECHA	PLANTA SEPTIMA ETAPA	
					APROBADO					REFERENCIA	ARCHIVO	P. ANCHA	BANCA 10m TALUD 45° - PARED 16mm	
					FECHA								ST 51 PLANOS	

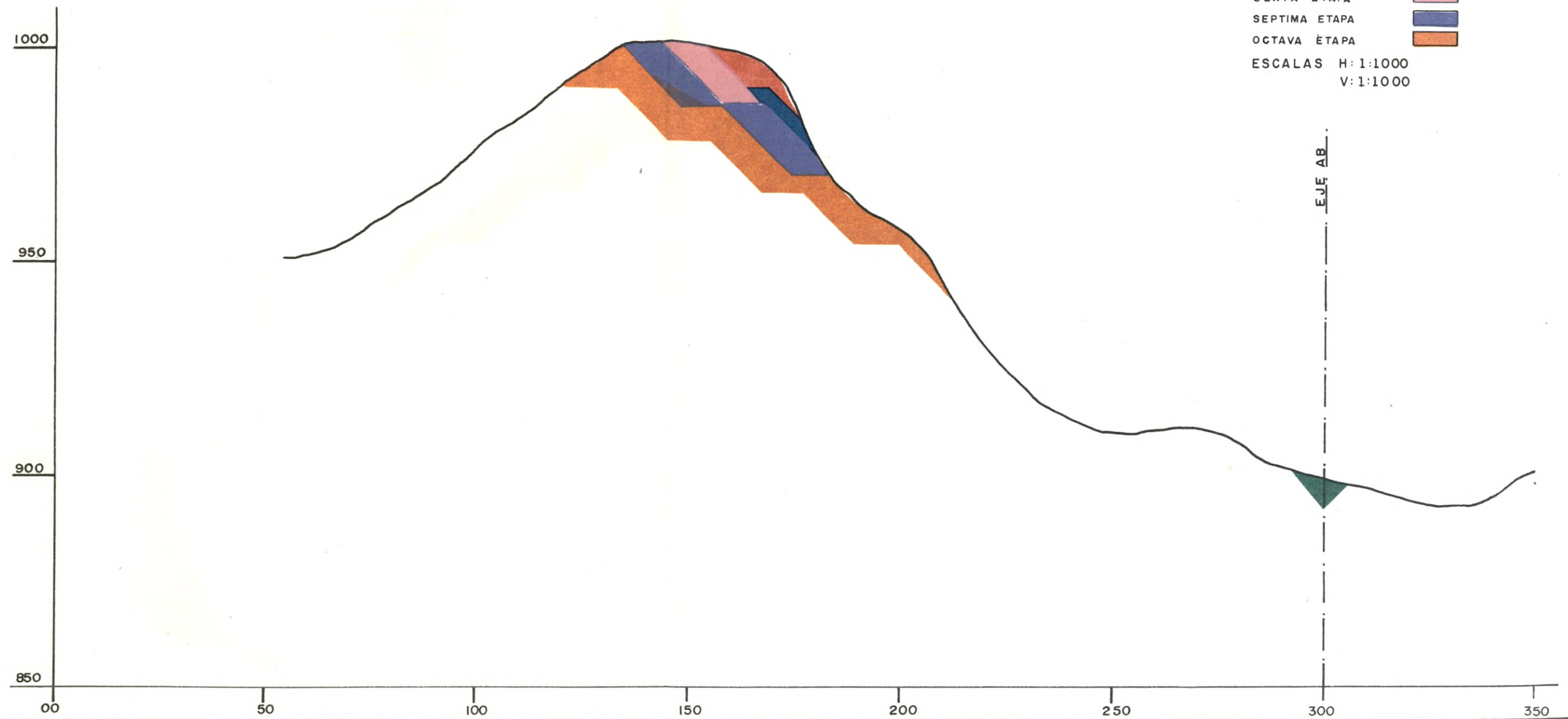
EMPRESA COLIBRI S.A. PROYECTO MINERO RANCO TEQUENDAMA	 COMINAS	REVISADO _____	REVISOR _____	DISEÑADO _____	DISEÑADOR _____	APROBADO _____	APROBADOR _____	FECHA _____	FECHA _____	REVISADO _____	REVISOR _____	DISEÑADO _____	DISEÑADOR _____	APROBADO _____	APROBADOR _____	FECHA _____	FECHA _____
		REVISADO _____	REVISOR _____	DISEÑADO _____	DISEÑADOR _____	APROBADO _____	APROBADOR _____	FECHA _____	FECHA _____								



CONVENCIONES

- PRIMERA ETAPA
- SEGUNDA ETAPA
- TERCERA ETAPA
- CUARTA ETAPA
- QUINTA ETAPA
- SEXTA ETAPA
- SEPTIMA ETAPA
- OCTAVA ETAPA

ESCALAS H: 1:1000
V: 1:1000



ecominas.

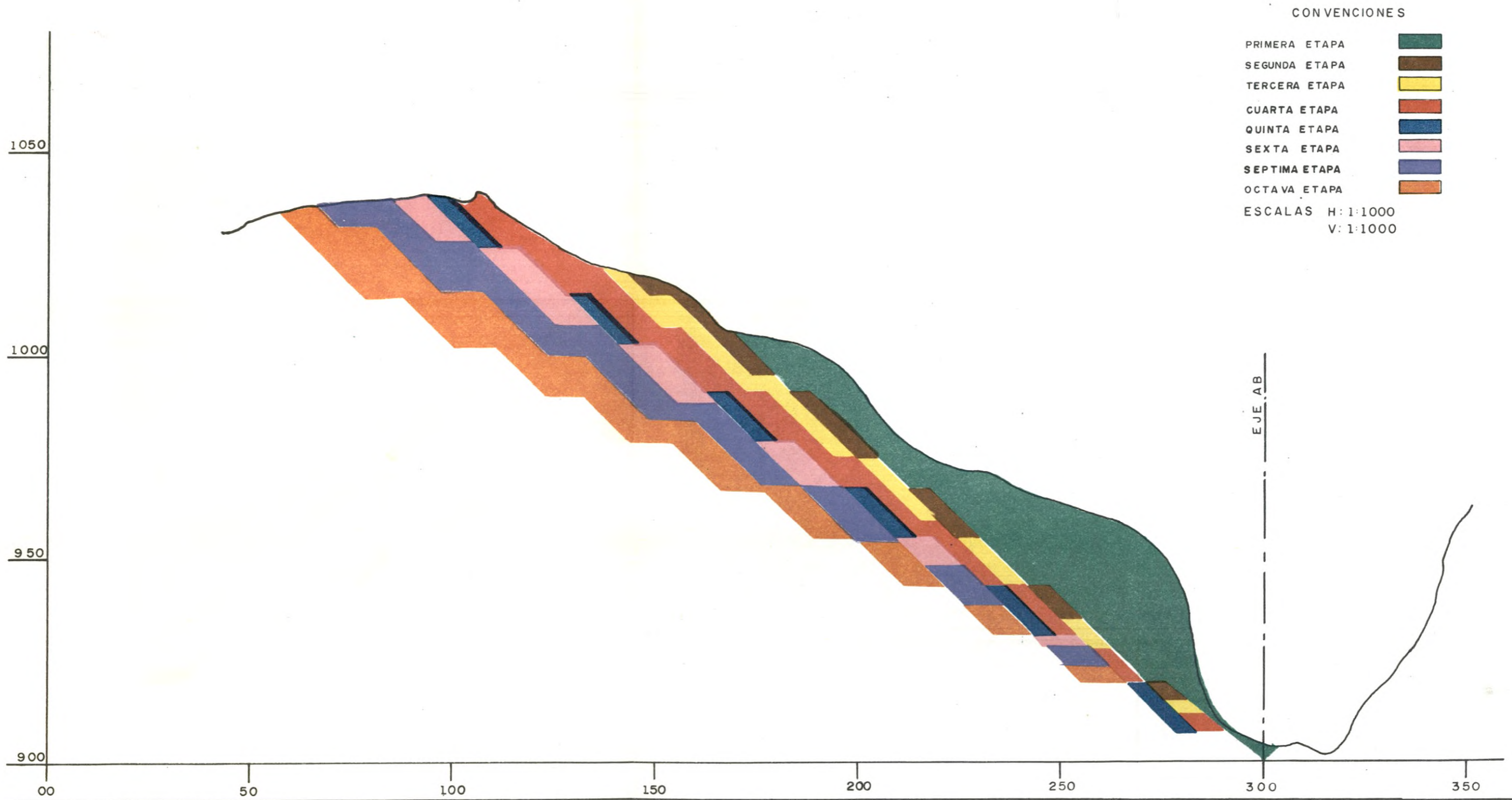
EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS

PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA

CORTE 2-2

PROYECTO
ST - 51
DIBUJO

DISEÑO	DIBUJO	REVISO
PRESENTO	APROBO	FECHA
REFERENCIA	ARCHIVO	PLANCHA



CONVENCIONES

- PRIMERA ETAPA
 - SEGUNDA ETAPA
 - TERCERA ETAPA
 - CUARTA ETAPA
 - QUINTA ETAPA
 - SEXTA ETAPA
 - SEPTIMA ETAPA
 - OCTAVA ETAPA
- ESCALAS H: 1:1000
V: 1:1000



ecominas

EMPRESA COLOMBIANA DE MINAS

PROYECTO MINERO BANCO TEQUENDAMA

CORTE 1-1

PROYECTO
ST - 51
DIBUJO

DISEÑO		DIBUJO		REVISO	
PRESENTO		APROBO		FECHA	
REFERENCIA		ARCHIVO		PLANCHA	

Ministerio de Minas y Energía
BIBLIOTECA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01001285

BIBLIOTECA

Proyecto minero para las minas de Muzo y
Cosquez /Carlos García Manjarrés, Carlos
Arturo Vargas Ayala

338.209861 EM55p Ej.1