



\*D-6959\*

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL**

06-22-03  
DR

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO**

**“ Evaluación del Deposito de Calizas de  
Jachackollo y Consideraciones  
Goeconomicas ”**

*Tesis de Grado*

**Previa a la obtención del Título de  
INGENIERO GEOLOGO**

**Presentada por:**

**Washington Vilema Vizquete**

**Guayaquil**

-

**Ecuador**

**1.981**

ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEO

"EVALUACION DEL DEPOSITO DE CALIZAS DE JACHACKOLLO Y  
CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS"

TESIS DE GRADO  
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADA POR:  
WASHINGTON VILEMA VIZUETE

GUAYAQUIL-ECUADOR

1.981

## AGRADECIMIENTO

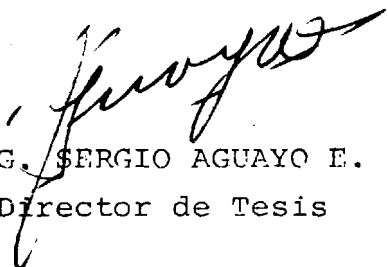
Deseo hacer llegar mis más sinceros agradecimientos:

- En la persona del Ex-Director del Departamento de Ing. de Geología, Minas y Petróleos de la ESPOL, Ing. Fernando Repetto, a todos los profesores que desde las aulas de estudio como en el campo, revertieron sobre mi persona todos sus conocimientos desinteresadamente; a ellos mis respetos, admiración y aprecio.
- Al Ex-Director del Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL) Ing. Alvaro Fernández C., por haberme brindado la oportunidad de adquirir más conocimientos prácticos; en la Institución que muy acertadamente dirige.
- Hago también extensivo mi agradecimiento al Ing. Rodolfo Llanos, Ex-Jefe a.i. del Dpto. de Geología Económica de GEOBOL, por haberme permitido realizar mi tesis en el Departamento, y por toda la ayuda brindada, en la culminación del presente trabajo.
- Al Ing. Freddy Arias A. por su valiosa colaboración en los trabajos de campo; y por los sabios consejos de él recibidos durante la realización del mencionado trabajo.

- Gratitud especial al Ing. Sergio Aguayo E., Director de Tesis, por la invalorable dirección de él recibida.
- Finalmente agradezco a los compañeros del Departamento de Geología Económica por sus oportunas críticas constructivas.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES  
A MIS HERMANOS  
A MI ESPOSA  
A MI HIJA



ING. SERGIO AGUAYO E.  
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

A handwritten signature in cursive script, enclosed within a hand-drawn oval. The signature reads "Washington Vilema Vizufte".

WASHINGTON VILEMA VIZUFTE

## RESUMEN

Para efectuar el Estudio de Evaluación de las calizas del Cerro de Jachackollo, primeramente se efectuó el mapeo geológico regional para luego realizar el levantamiento a detalle del depósito, el cálculo de reservas y su posterior análisis geoeconómico, así:

Durante el estudio geológico se mapearon sedimentos Devónicos, Carboníferos, Pérmicos, Cretácicos y cuaternarios. Dando especial énfasis al sistema Pérmico, que es donde se encuentran las calizas.

Para los trabajos de evaluación se roturaron 17 canaletas y se excavaron 5 trincheras, totalizando 98.0 metros muestreados; de donde se obtuvieron 24 muestras para su respectivo análisis calcimétrico. Además de 8 muestras para el perfil litológico.

En el cálculo de reservas, que ascendieron a 1'133.822 ton., se ha considerado como parámetro máximo de explotación, la relación caliza/material estéril de 1:2 (Reservas Inferidas).

El depósito tiene en el horizonte N° 2, 1'049.728,24 ton. de caliza de bajo contenido de CaO, por lo que no es apto para la elaboración de cemento; en cambio el horizonte N° 1 pre-



senta 84.093,52 ton. de caliza de buena calidad; pero como su volumen es inferior a 10 millones de toneladas, no es económico para montar una fábrica de cemento.

Se recomienda, finalmente, la utilización de las calizas del Depósito de Jachackollo, en la forma de agregados y en la obtención de cal; también, además la utilización del Depósito de Yeso.

# INDICE

	Pág.
RESUMEN	VII
INDICE	VIII
1. INTRODUCCION	1
1.1. Objeto del estudio	1
1.2. Plan de trabajo	1
1.3. Trabajos anteriores	3
2. ASPECTOS GEOGRAFICOS	5
2.1. Ubicación, Límites y Extensión	5
2.2. Accesibilidad	7
2.3. Clima	7
2.4. Orografía	8
2.5. Hidrografía	9
2.6. Flora, Fauna y Etnología	9
3. GEOLOGIA GENERAL	12
3.1. Geomorfología	12
3.2. Estratigrafía	17
3.3. Estructuras	23
4. EVALUACION	27
4.1. Depósito: Litología, Estructu ras y Origen	27
4.2. Metodología de la Evaluación	32
4.2.1. Triangulación	32

	Pág.
4.2.2. Levantamiento Geológico-Topográfico.	34
4.2.3. Muestreo	35
4.3. Reservas	40
4.3.1. Dimensionamiento de bloques	40
4.3.2. Clasificación de Reservas.	41
4.3.3. Cálculo de Reservas	43
4.3.4. Cálculo de Leyes	46
5. CONSIDERACIONES DE PARAMETROS GEOECONOMICOS DEL DEPOSITO	61
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
7. CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS SOBRE ALGUNOS DEPOSITOS CALCAREOS - DEL ECUADOR.	75
8. ANEXOS	96
A. Evaluación Prospectiva de un Depósito de Yeso.	97
B. Análisis Petrográficos y fotografías de láminas delgadas.	104
C. Planos	123
9. BIBLIOGRAFIA	124

# 1. INTRODUCCION

## 1.1. OBJETO DEL ESTUDIO

La finalidad del estudio del área fue la Evaluación del Depósito Calcáreo del cerro de Jachackollo, con miras a crear un polo de desarrollo en la región de existir importantes reservas.

Para tal objeto, la Corporación de Desarrollo de la Paz (Cordepaz), solicitó al Servicio Geológico de Bolivia efectuar dicho estudio; que fue encargado al Departamento de Geología Económica.

En dicha investigación intervine como parte del Departamento, dado a mi calidad de Egresado de Geología y por encontrarme haciendo uso de una pasantía otorgada mediante el Convenio GEOBOL-ESPOL.

En aprovechamiento de dicha pasantía he desarrollado el presente trabajo para optar al título de Ingeniero Geólogo.

## 1.2. PLAN DE TRABAJO

Para realizar el estudio se conformó una brigada compuesta por un Geólogo Senior, un Geólogo Junior, Topógrafo, Chofer, sumándose a éstos obreros propios del lugar, y dibujantes para trabajos de campo y gabinete res

pectivamente.

Los trabajos tanto de campo como de Laboratorio y oficina, así como su secuencia fueron las siguientes:

La investigación comenzó con la recopilación de información para tener una idea general de la zona y la fotointerpretación de la misma valiéndose de fotografías aéreas a escala 1:40.000 aproximadamente, obteniéndose de ella un mapa geológico.

La investigación continuó con el mapeo geológico regional, según itinerarios siguiendo senderos y quebradas; para lo cual se utilizó el mapa elaborado en base a fotointerpretación y también un mapa topográfico de la zona de Italaque a escala 1:50.000 editado por el Instituto Geográfico Militar.

Terminada la fase regional empezó la fase local o evaluativa, con una inspección general del área; para luego realizar el mapeo a detalle mediante un Levantamiento Geológico-Topográfico usando un teodolito Wild, determinándose así las características geológicas y topográficas, lo mismo que los horizontes calcáreos; sobre estos últimos se efectuó un muestreo sistemático en cañaletas y trincheras.

Se complementó la investigación de campo con un perfil litológico.

Con los datos obtenidos en el campo, se elaboró planos topográficos, geológicos, ubicándose en ellos afloramientos, estructuras, canaletas de muestreo, trincheras para finalmente elaborar perfiles, bloques de reservas, interpretación de resultados y conclusiones.

Durante el trabajo de campo se efectuó adicionalmente la evaluación Prospectiva del Depósito de Yeso ubicado a 12 kilómetros del Depósito de caliza. Los detalles del mismo aparecen en el Anexo A.

### 1.3. TRABAJOS ANTERIORES

Pocos trabajos se han realizado en la zona, los existentes, generalmente son de orientación científica, entre ellos figuran los siguientes:

En 1968 el Ingeniero Heriberto Pérez presentó como tesis de grado un estudio sobre la Geología de la zona. Titulado: "Contribución al conocimiento geológico de la zona de Ulla-Ulla-Charazani".

En 1976 el Departamento de Recursos Naturales del Servicio Geológico de Bolivia realizó un trabajo de prospección de rocas calcáreas en las zonas de Pacobamba y Cariquina.



## 2. ASPECTOS GEOGRAFICOS

### 2.1. UBICACION, LIMITES Y EXTENSION

Políticamente la zona estudiada se halla situada en la provincia Camacho del Departamento de la Paz, bajo la jurisdicción del cantón Italaque y se encuentra limitada por las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud Oeste	Latitud Sur
69°03'05"	15°23'40"
69°06'46"	15°23'40"
69°03'05"	15°28'01"
69°06'46"	15°28'01"

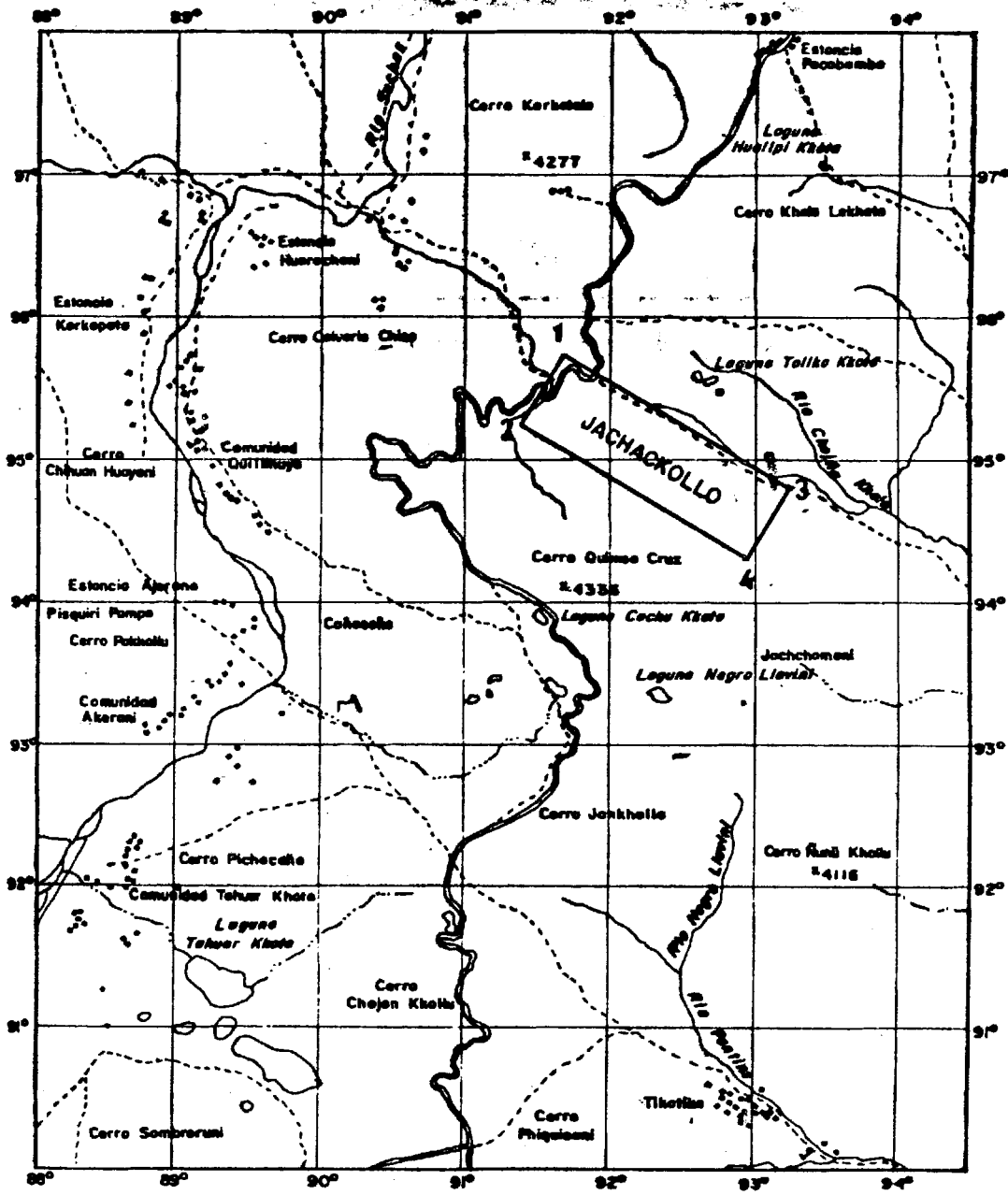
Abarca una superficie de 4950 hectáreas.

El área evaluada se encuentra limitada por las siguientes coordenadas:








Longitud Oeste	Latitud Sur
69°04'39"	15°24'56"
69°04'48"	15°25'10"
69°03'49"	15°25'25"
69°03'58"	15°25'41"

Con una extensión de III hectáreas,





REFERENCIAS

-  Area de Estudio
-  Comunidad
-  Camino Carretero
-  Sendero
-  Rio Permanente
-  Rio Intermittente
-  Laguna

<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b>	
DEPARTAMENTO GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO	
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA GEOLOGICA	
<b>MAPA DE UBICACION - ZONA JACHACKOLLO</b>	
Autor:	Escala:
WASHINGTON VILEMA V.	1:50.000
Fecha: Setiembre 1975	Hoja No. 7

Estas coordenadas corresponden a la hoja topográfica - 5747 I de la carta editada por el Instituto Geográfico Militar a escala 1:50.000.

## 2.2. ACCESIBILIDAD

El principal acceso a la zona de estudio, lo constituye el carretero asfaltado, de la Paz a Copacabana, con una distancia de 151 Km. a los 76 Km. de esta carretera, en la población Huarina, se desvía por un camino - lastrado hacia el Noroeste, que pasando por las poblaciones de Anchacachi, Ancoraimas, Carabuco y Escoma se llega hasta Jachackollo, que es la zona de estudio, con un recorrido de 147.20 Km. desde la Paz a Jachackollo.

El camino carretero de Huarina a Jachackollo es parte del camino principal de esta región que llega hasta Chazani.

## 2.3. CLIMA

El clima predominante es frígido, existiendo marcadas diferencias de temperatura entre el día y la noche.

Aunque no existen registros meteorológicos en la región, la temperatura media anual está por los 10° C correspondiendo a los climas microtéricos con inviernos secos, según la clasificación de Koopen.

Según moradores del lugar, existen dos estaciones, la de verano de Diciembre a Marzo, caracterizadas por las nevadas y la de invierno, de Abril a Noviembre con predominio de temperaturas bajas y cielos despejados.

#### 2.4. OROGRAFIA

La zona de estudio se encuentra situada al oeste de la Cordillera Oriental o Real; regionalmente controlada - por la Cordillera Muñecas. La misma que empieza al sur del Valle del Río Camata, siendo su eje NW-SE paralelo al de la Cordillera de Apolobamba ubicado mas al norte; pero desplazado unos 15 km. hacia el oeste. Tiene una longitud aproximada de 45 Km. y se trata de una cadena baja sin cumbres prominentes.

Se pueden distinguir dos zonas orográficas en la zona; según la guía de elevaciones del IGM.

- La zona alta: constituídas por las zonas de mayores relieves con alturas mayores que llega hasta 4343 m. (cerro de Jachackollo). Abarca gran parte de la zona de estudio.
- La zona media: comprendida entre los 3500 m. y 4000 m. se encuentra ubicada a lo largo del valle del río Sanches, y en la parte oriental de la zona.

## 2.5. HIDROGRAFIA

La red fluvial de la región pertenece a dos cuencas hidrográficas; la principal formada por el río Suches, el cual corre de Norte a Sur por la parte occidental del área, recibiendo en su trayectoria las aguas de una serie de pequeñas quebradas intermitentes de poca importancia para luego desembocar en el Lago Titicaca a la altura de la población de Escoma.

La otra cuenca formada por quebradas intermitentes y por los ríos tales como Chojña Khala y Pantine que drenan hacia la parte oriental de la región para unirse a otros ríos fuera del área y forman parte de la cuenca del río Beni.

## 2.6. FLORA, FAUNA Y ETNOGRAFIA

Casi en toda la región predomina la vegetación herbácea compuesta esencialmente de paja brava.

En los valles dada su condición climática un poco mas favorable se cultiva tubérculos tales como papa, oca, papa lisa. Entre las gramíneas: trigo, cebada, quinua, etc.

La fauna propia de la región está integrada por auquénidos entre ellos: Llama, Alpaca, etc. Además Vizcachas,

Zorrillos y perdices.

Los habitantes de la región en su mayoría son indígenas pertenecientes al grupo Aymara, dedicados a pequeños cultivos y al pastoreo, cuyos productos en su mayor parte son para consumo propio quedando una pequeña parte para su comercialización.



F  
L  
O  
R  
A



F  
A  
U  
N  
A



E  
T  
N  
O  
G  
R  
A  
F  
I

## 3, GEOLOGIA GENERAL

### 3.1. GEOMORFOLOGIA

#### 3.1.1. Paísajes Geomórficos

La zona de estudio presenta un paisaje de montañas plegadas, modificadas por diversos procesos geomórficos, principalmente por la acción del agua corriente, que han actuado en toda la región a través de cambios físicos y químicos; lo cual ha dado origen a diversas formas geomórficas.

#### Formas relacionadas a Procesos Exógenos

Meteorización: Debido a que en la zona predomina el ambiente seco, la meteorización física predomina sobre la química. Las grandes variaciones en la temperatura, por radiación solar en el día y las noches frías ha originado en algunos sectores la fragmentación de la roca especialmente calizas cuyos horizontes calcáreos superficiales presentan fracturamiento en forma exagonal. En cambio las areniscas del carbonífero presentan meteorización alveolar.

Otra evidencia del proceso de meteorización son los depósitos coluviales que se encuentran disemi

nados en la zona al pie de crestas, como también abanicos de detritos en ciertos sectores del río Suches.

Acción Eólica - Glaciar: El clima árido de la zona, la falta de vegetación y sus primitivas pendientes bruscas facilitaron a los agentes erosivos en el modelaje del paisaje. El aporte del material de las partes altas fue depositado en las partes bajas, creándose peniplanicies, tal como puede observarse en la parte norte y central del área. Además de las estrías dejadas a su paso por el glaciar y de un depósito morrénico de fondo en la parte central.

Acción del Agua Corriente: La pérdida del poder erosivo y del poder de transporte del río Suches, conforme avanza aguas abajo, ha originado la depositación de sedimentos. Creándose planicies alargadas en sus márgenes a modo de terrazas y que fuera del área presentan escalonamiento.

Formas relacionadas a procesos Endógenos

Diastrofismo: Movimientos originados en el interior de la corteza terrestre, debido a fuerzas internas han sido los causantes de la formación de



pliegues, fallas, los cuales han causado el modelaje del paisaje, como puede observarse los plegamientos existentes en el área y la intrusión de un domo yesífero.

### Clasificación de Valles

La morfología de los valles revelan una dependencia directa de la acción de los ríos que surcan la zona; siendo los de la parte oriental de menor importancia y se los puede clasificar como valles jóvenes dada su sección transversal en forma de "V", y su sección vertical mayor que la lateral; debido a que en esta zona la energía hidráulica de los ríos actúa mas en la erosión vertical que en el ensanchamiento del cauce. Pertenecen a este grupo los ríos: Pantine, Chojña Khala, y Negro Llavin.

En la parte occidental, la mas importante, se encuentra representado por el valle formado por el río Suches que por su importancia se lo clasifica de la siguiente manera:

- Según su estado de desarrollo dentro del ciclo geomórfico, presenta diversas características:

En la parte norte de la región corresponde su desarrollo a un valle joven dado su perfil transversal en forma de "V" y carencia de planicies de desborde. Conforme avanza hacia el sur toma las características de un valle maduro debido a que su sección transversal va adquiriendo la forma de "U" cada vez mas abierta hasta que en los límites del área se ensancha completamente; presentando planicies de desborde, y presencia de terrazas.

- Genéticamente se los considera como un valle subsiguiente ya que su curso original está alterado por la presencia de rocas mas suaves que determina una mayor facilidad de erosión.
  
- Estructuralmente forma valles transversales por cuanto a su paso va cortando las estructuras mayores, aunque en determinados lugares. Estancia de Huarachani, aprovecha zonas de debilidad para formar localmente valles longitudinales de "Tipo sobre falla".

### 3.1.2. Diseño del Drenaje

En base al mapa topográfico a escala 1:50.000, se

hizo una ampliación a escala 1:25.000, usando reticulado, con miras a observar mejor los detalles de la red hidrográfica de la región.

De acuerdo al ordenamiento o arreglo vectorial de los cursos de agua, la zona de estudio presenta los siguientes tipos de diseño.

**Diseño Rectangular:** Que es notorio en la parte occidental de la red hidrográfica; en el cual el río Suches y sus afluentes muestran curvas casi en ángulos recto, debido al control que ejercen las fallas y diaclasas de la zona.

**Diseño Dendrítico:** Es característico de la zona suroriental en que los tributarios se encuentran subdivididos en todas direcciones, formando ángulos agudos con el río principal, denotando falta de control estructural entre sus tributarios.

**Diseño Pinacular:** Se manifiesta en los ríos Nororientales en que sus tributarios son subparalelos y se unen fuera del área en ángulos agudo, pudiéndose haber originado ya sea por las laderas empinadas o por los barrancos propios del sector.

### 3.1.3. Anomalías de Drenaje

En la zona de estudio ciertos ríos presentan desviaciones de su curso normal originadas, preferentemente por fallas y estas son:

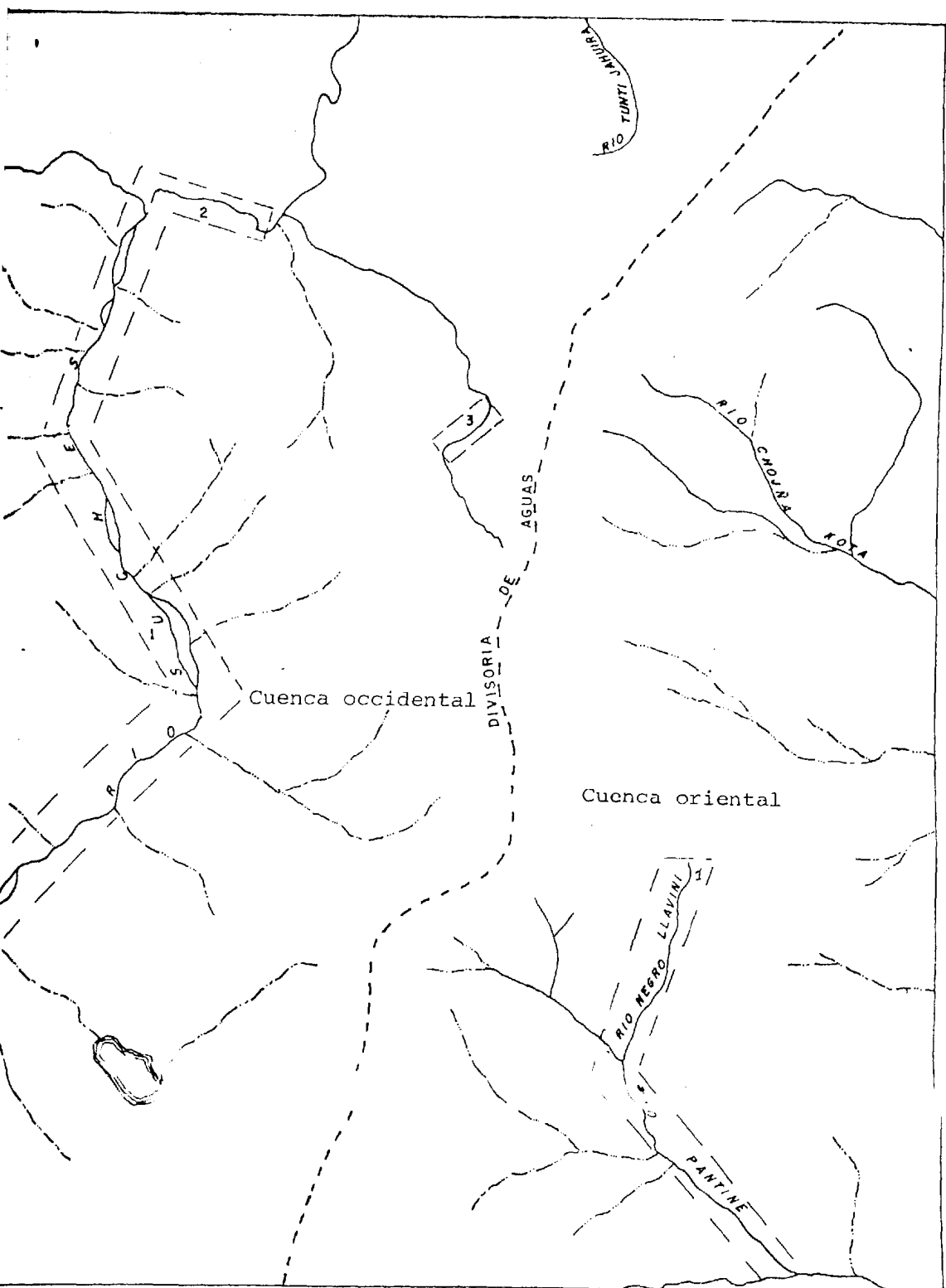
Río Pantine: Su dirección vectorial Norte-Sur, se ve alterada por una falla inversa que cambia su dirección en sentido Sureste.

Río Suches y Afluente: El río Suches, casi en toda la zona, se ve alterado por la presencia continua de fallas tanto normales como inversas que son las que dan la forma del curso del río en la zona.

Otra desviación notoria es en el afluente del río Suches que nace en el cerro de Quinsa Cruz y que a la altura del cerro de Jachackollo sufre una desviación su curso normal debido a una falla de dirección Sureste-Noreste.

## 3.2. ESTRATIGRAFIA

La litología de la zona se encuentra formada por rocas sedimentarias pertenecientes a los sistemas: Devónico, Carbonífero, Pérmico, Cretácico, y diferentes depósitos cuaternarios; que involucran una historia de acontecimientos geológicos a lo largo de 400 millones de años.



**REFERENCIAS**

- RIOS PERMANENTES
- - - RIOS INTERMITENTES
- ◡ LAGUNA
- ⌈ LIMITE DE ANOMALIA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
DEPARTAMENTO GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO	
TESIS DE GRADO DE INGENIERIA GEOLOGICA	
<b>MAPA DE ANALISIS DE DRENAJE</b>	
Autor:	WASHINGTON VILEMA V.
Fecha:	Bolivia 1979
Escala:	1:25 000
Ilustración N°	3

Cabe indicar que el espesor y el ambiente de las unidades descritas, se obtuvieron del informe del Departamento de Recursos naturales-GEOBOL, siendo su cuadro estratigráfico:

Cuaternario: Depósitos aluviales y morrena.

Cretácico: Formación Huancane

Pérmico: Grupo Copacabana

Carbonífero: Serie Gondwana

Devónico: Unidad de facies arenosas

Unidad de facies lutíticas

Peleozoico

Devónico.- Las rocas pertenecientes a este sistema, son las mas antiguas dentro de la secuencia estratigráfica pudiéndose distinguir dos unidades:

Unidad de facies lutíticas: Se manifiestan como una secuencia monótona, formada por lutitas pizarrosas de coloración gris obscura a negra, muy fisibles y friables, bastante micaceas, principalmente muscovita, con algunas intercalaciones delgadas de areniscas cuarcíticas de coloración gris clara a obscura de grano fino a medio, algo micáceas muy duras y compactas.

Unidad de facies arenosas: caracterizadas por arenis-

cas cuarcíticas de coloración gris clara a oscura, de grano medio a fino, estratificadas en bancos gruesos; presentan pocas intercalaciones de lutitas.

El espesor de este sistema se ha estimado en 1500 metros.

Debido a las características litológicas que presentan las facies su ambiente de sedimentación es Marino infra nerítico y Marino infralitoral respectivamente.

Carbonífero.- Las rocas carboníferas aflorantes pertenecen a la serie Gondwana, que está constituida por areniscas arcóscicas, arcillosas y ferruginosas, de colores blanco amarillentas, rojizas y violáceas; de estratificación maciza y a veces entrecruzada. Su granulometría varía de gruesa a media. Su matriz es limosa, arcillosa, preferentemente y en sectores es silicea.

En muchas muestras de mano, además, se pudo observar la alteración de los feldespatos a caolín, las pigmentaciones rojizas producidas por soluciones ferrosas, como la presencia esporádica de micas. Otra de las características es la meteorización alveolar.

Su espesor promedio es de 350 metros.

Suprayacen discordantemente a las rocas del sistema Devónico.

Las rocas carboníferas se han depositado en un ambiente Marino-Deltaico.

Pérmico.- Está caracterizado por una predominancia litológica de rocas calcáreas, intercaladas con horizontes lutíticos y arenosos. Se la identifica como pertenecientes al grupo Copacabana. Que está constituido por bancos delgados y gruesos de calizas grises, cremas y rosadas intercaladas con lutitas gris obscura, margas gris clara a verdosas; interestratificadas se encuentran areniscas calcáreas y silíceas de estratificación gruesa; además se observan nódulos y lentes irregulares de pedernal dentro de algunos horizontes calcáreos.

A grandes rasgos se puede diferenciar: la parte inferior donde predominan las calizas en relación a las otras rocas que son mas pelíticas y la parte superior, al norte del área, caracterizadas por horizontes de calizas en forma raleadas relacionadas mayormente con areniscas.

Siendo sus espesores de 150 a 420 metros respectivamente.

Por sus características litológicas y paleontológicas el



ambiente de depositación del sistema corresponde a un ambiente marino dentro de la zona nerítica.

### Mezosoico

Cretácico. - Aflora en la parte sur y noreste de la zona. De acuerdo a sus características litológicas, estas rocas pertenecen a la formación Huancané la misma que se encuentra constituida por areniscas cuarcíticas de color amarillento, gris blanquecino y rojizo; de grano grueso bien redondeado, con estratificación en bancos gruesos y a veces presentan estratificación entrecruzada.

Su espesor se ha estimado en 600 metros.

Su relación con las rocas infrayacentes es discordante por que se asienta transgresivamente sobre diferentes niveles del Pérmico, carbonífero y Devónico.

Su ambiente de depositación ha sido deltaico, fuertemente oxidante y muy influenciado por el continente.

### Cenozoico

Cuaternario. - Los depósitos cuaternarios se encuentran bastantes difundidos ya sea en la peniplanicie o a lo largo del cauce de los ríos y yacen discordantemente so

bre los sistemas anteriormente descritos.

Su litología consiste principalmente de gravas angulosas (peniplanicie) a subredondeadas (río Suches); además de arenas y limo. Estos últimos predominan en la parte sur del área formando en ciertos sectores del río Suches amplias terrazas, que en partes son superpuestas.

Además en la parte central es notorio la presencia de una morrena de fondo constituida por una mezcla heterogénea de cantos rodados, gravas angulosas mezcladas en una matriz de arena y limo.

### 3.3. ESTRUCTURAS

Las estructuras en la zona siguen un lineamiento principal, que es controlado por el lineamiento que tiene la cordillera real en estas latitudes, y se encuentran formadas por anticlinales, sinclinales y fallas, éstas últimas a veces sirven de contacto formacional.

A grandes rasgos se pueden diferenciar:

Estructuras principales: Consideradas así por ser estructuras predominantes y que atraviesan la zona, fueron las que primero existieron y están formadas por anticlinales, sinclinales y fallas inversas, que guardan un cierto paralelismo entre sí y tienen un rumbo gene

ral promedio que va de N 40 W a N 55 W y son paralelas al tren estructural de la cordillera.

Estas estructuras se formaron por la acción de fuerzas compresivas, debido a procesos diastróficos, formándose plegamientos de diversa intensidad; fracturándose - algunas de ellas con buzamientos de gran ángulo y suprayaciendo los estratos inferiores sobre los superiores (Ver perfil Geológico A-A'), convirtiéndose en fallas inversas longitudinales.

Estructuras secundarias: consideradas así por que su efecto en el cuadro estructural es menor que las anteriores.

Están formadas por fallas que de acuerdo al movimiento relativo de los bloques son fallas normales o gravitacionales y dentro del cuadro tectónico son fallas transversales de reajuste y tienen una dirección predominante de N 50 E variando a N 70 E.

Su presencia se puede inferir que se deben a fuerzas tensionales las mismas que fueron originadas por la energía disipada, perpendicularmente, por fuerzas compresionales que actuaron predominantemente en la zona, creándose - fracturamientos casi perpendiculares a las primeras estructuras.

Además es notorio la presencia de estratos conspicuos\*, los mismos que se utilizaron para la correcta determinación de las estructuras durante el trabajo de fotointerpretación.

\* Estratos con buzamientos paralelos a la pendiente del terreno.

*vista panoramica del cerro Jachackollo*



## 4. EVALUACION

### .1. DEPOSITO: LITOLOGIA, ESTRUCTURAS Y ORIGEN

El área evaluada abarca el cerro de Jachackollo, que tiene una longitud de 1600 metros, y un ancho de 500 m. con una diferencia de nivel máxima de 270 metros.

Por su parte norte el terreno forma una pendiente que va de  $27^{\circ}$  a  $37^{\circ}$  y por su parte sur, que es mas uniforme,  $31^{\circ}$ . Visto en planta ofrece el aspecto de un gran triángulo escaleno, con su cateto mayor paralelo al tren estructural local.

#### Litología

El área evaluada se encuentra representada por rocas pertenecientes al sistema Devónico, Pérmico y sedimentos cuaternarios; estos últimos abarcan una gran extensión.

El Devónico se encuentra representado por lutitas algo micáceas, bastante fisibles y de coloración gris clara a oscura y cubre la parte norte del área.

En cambio el Pérmico, que cubre el Depósito calcáreo, se encuentra representado por el grupo Copacabana; el mismo que en este sector comprende sedimentos arenosos,

calcáreos y arcillosos, que en gran parte se encuentran recubiertos por sedimentos cuaternarios coluviales en forma discordante.

Las rocas calcáreas, interés de la evaluación, se presentan en dos horizontes:

Horizonte superior: Ubicado en la dorsal del cerro, está conformada por dos miembros diferenciales en el terreno:

El miembro inferior, que en su base tiene areniscas calcáreas de coloración rosada, es un paquete calcáreo cuyo espesor fluctúa de 0.60 a 5.40 metros compuestas por calizas marrón a violáceas de textura microcristalina de grano fino, duras y compactas en bancos de 0.10 a 1.10 metros de espesor y que en algunos afloramientos presentan delgadas intercalaciones de arcilla, areniscas arcillosas y areniscas calcáreas de coloración similar al paquete calcáreo.

Para su reconocimiento en el campo a este miembro, dada su sensación granular al tacto, se la denominó "Caliza arenosa". El posterior análisis petrográfico de una muestra de mano, da como nombre a ésta muestra de "Caliza micrítica". (Ver anexo B).

El miembro superior, que se encuentra separado del anterior por una delgada capa de lutitas arenosas fisibles y friables con espesores comprendidos entre 0.08 a 0.35 metros de color marrón a violáceo, comprende un paquete calcáreo cuyo espesor fluctúa de 0.80 a 5.60 metros compuestos por calizas fosilíferas, conteniendo restos de invertebrados, de coloración gris clara a rosadas, duras y compactas con delgadas intercalaciones de areniscas y lutitas arenosas calcáreas. Observándose además que los fósiles son mas notorios hacia el tope; como también la presencia de vetillas y nódulos de peder<sub>na</sub>l.

De igual forma que en el miembro inferior, para su distinción en el campo a este miembro se lo denominó como "Caliza fosilífera". El análisis petrográfico de una muestra la clasifica como "Caliza micrítica". (Ver anexo B).

Todo el horizonte calcáreo superior tiene un espesor - comprendido entre 2.15 a 11.20 metros.

Horizonte Inferior: Se encuentra cerca de la base del cerro, aflorando en la cara sur del mismo. Se trata de calizas gris claras a rosadas, duras y compactas.

Es notorio que hacia su base y el tope se observan frac



turamientos, en algunos afloramientos además se observan vetillas de calcita perpendiculares a la estratificación y nódulos de pedernal.

El espesor de este horizonte fluctúa entre 2,50 y 4.55 metros y su base inferior descansa sobre areniscas rojas a marrones que hacia el tope son practicamente areniscas calcáreas. El techo de este horizonte subyace a lutitas arenosas y violáceas.

Dado que este horizonte no presenta características de terminantes para subdividirla en miembros, se lo consideró como uno solo, dándosele en el campo el nombre de "Calizas limpias o fracturadas". El análisis de microscopio la ha catalogado como "Caliza Microespatítica". (Ver Anexo B).

Entre ambos horizontes existe una sobrecarga de 100 m. de espesor, encontrándose entre ellos un horizonte de caliza arenosa gris rojiza dura y compacta de 0.40 m. de espesor que descansa sobre una capa de arenisca glauconítica, el mismo que no es visible en el resto del área.

Los sedimentos cuaternarios están representados por material coluvial que cubre las faldas del cerro. Observándose clastos angulosos de caliza, lutita y arenisca

principalmente.

### Estructuras

El principal rasgo estructural constituye una falla inversa longitudinal que atravieza el área por su parte norte, en forma lateral, con un rumbo local de  $N64^{\circ} W$ , poniendo en contacto rocas del sistema Devónico con el pérmico.

En un corte sobre el camino carretero, se pudo observar en base a la dirección de buzamiento que las lutitas del Devónico suprayacen a las rocas carbonatadas - del sistema Pérmico. Además se ha encontrado un rodado brechoso sobre la quebrada que corre a lo largo de la falla. Sinembargo, no se ha podido distinguir el plano de falla.

En la parte central del área existe morfológicamente - un pequeño desplazamiento que puede inferirse como producto de una falla de desplazamiento transversal de rumbo  $N35^{\circ}E$  pero no se ha podido encontrar indicios concluyentes que verifique la hipótesis considerándola el autor como falla posible.

En cuanto al rumbo de los estratos calcáreos, éstos tienen una dirección de  $N34^{\circ}W$ , con un buzamiento promedio

de 32°NE. Es notorio además juegos de diaclasas en dos direcciones que le dan el aspecto de un enrejado de forma r**ó**mbica.

### Origen

Con el estudio realizado es bastante difícil determinar el origen de las calizas debido a que falta un estudio bio-estratigráfico; sin embargo el Dr. Urdidinea, paleontólogo que estudió la zona, manifiesta que: "En base al contenido paleontológico y a las características litológicas del depósito, las sedimentitas fueron depositadas por precipitación en borde de cuenca; en un ambiente marino de aguas claras, poco profundas y temperaturas moderadas dentro de la zona nerítica.

Los fósiles (Braquiópodos, Briozoos) detectados en las láminas delgadas hacen pensar que la depositación pudo ocurrir entre los (10-500) metros de profundidad, lo cual corrobora lo anteriormente dicho.

## 4.2. METODOLOGIA DE LA EVALUACION

### 4.2.1. Triangulación

Para el presente estudio se hizo uso de la red de triangulación existente, al norte, en la zona de Pacobamba; desde la cual mediante un teodolito -

Distomatic, se arrastró una estación de triangulación hasta la cumbre del cerro de Jachackollo, la misma que fue realizada con el siguiente procedimiento:

Se empieza estableciendo puntos principales de referencias, para lo cual hay que elegir previamente lugares apropiados para el emplazamiento de bases y estaciones.

En la elección del sitio que va a servir de base, es necesario tener en cuenta que el terreno debe ser en lo posible plano y ubicado en un lugar que favorezca el trabajo.

En la ubicación de las estaciones, es conveniente que estas se encuentren en lugares fácilmente reconocibles, detectables y que los triángulos formados por ellas no presenten ángulos menores a  $30^\circ$ , de lo contrario se deberían hacer ajustes cuidadosos en cada estación. En las estaciones elegidas se construyen hitos de cemento incrustados con tubos plásticos de 1" de diámetro, que sirven para sujetar los jalones y llevan como seguro en la base, clavos atravezados como pasadores, procediénd

dose luego a la medición de la base y de las distancias entre estaciones,

#### 4.2.2. Levantamiento Geológico-Topográfico

En base a la estación de triangulación ubicada en la cumbre del cerro Jachackollo (4343.3) metros. Se levantó una poligonal alrededor del área de estudio para realizar el levantamiento geológico-topográfico, utilizándose para el cierre de la poligonal 14 estaciones topográficas; desde cuyos vértices se cubrió toda el área por medio de radiación, determinándose características geológicas y topográficas, de tal manera que a partir de una estación determinada la mira se iba colocando bordeando los afloramientos existentes, contactos, fallas y poniendo bastante precaución en las calizas; completando el levantamiento con los rasgos topográficos del lugar.

Con los datos de campo se construyeron: Un plano topográfico a escala 1:2000, con curvas de nivel cada 5 metros y perfiles geológicos-topográficos, los mismos que se realizaron en los lugares más estratégicos y en los bancos de calizas que muestran mayores facilidades para el cálculo de reservas.

#### 4.2.3. Muestreo

En una evaluación el muestreo es una etapa importante y delicada, que demanda de la persona que lo ejecuta gran responsabilidad y suma atención para determinar las características reales de un depósito no solo en la calidad sino también en el volumen del material. Para lo cual la muestra debe sacarse a distancias más próximas cuanto más irregular es el contenido y la forma del Depósito.

La inspección del yacimiento mostró, que los rum bos de los horizontes calcáreos son prácticamente paralelos; por otro lado sus buzamientos varían en un margen muy estrecho y sus horizontes son bien definidos. Contándose además con que el yacimiento es "no metálico", el muestreo óptimo es un "Muestreo sistemático longitudinal".

Siguiente este método se obtuvieron muestras de los horizontes en canaletas y trincheras, cada 100 metros medidos sobre ellos. Siendo su secu encia, una vez determinado el sitio, la siguiente.

- Limpieza del sitio de muestreo: Se retiró el material suelto para poder visualizar el hori-

zonte en toda su magnitud; y se retiró la superficie meteorizada y se emparejó las irregularidades de la superficie a muestrearse.

- Trazado: Sobre la superficie fresca del horizonte calcáreo, con pintura roja, se demarcó un rectángulo cuyo ancho oscila entre 10 a 15 centímetros y su longitud igual al espesor del horizonte calcáreo.
- Toma de muestra: Se roturó la pared frontal del área demarcada con ayuda de cincel y combo, teniendo una profundidad de (2 a 3) centímetros. El material grueso se trituró, a continuación se mezcló y luego se cuarteó cogiéndose como muestra dos porciones diagonalmente opuestas.

Posteriormente se hizo una descripción litológica detallada del tipo de roca, coloración, textura, acompañándola de sus respectivas medidas. En los sectores donde no se observaba a simple vista la continuidad del horizonte calcáreo, debido a la cubierta cuaternaria, se hicieron trincheras, resultando una de ellas estéril debido a la gruesa cubierta que no permitió llegar hasta el horizonte.

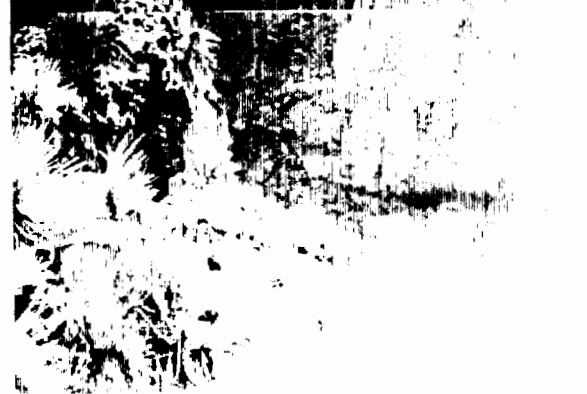


FOTO SUPERIOR IZQUIERDA.- Muestra  
de calizas.

FOTO SUPERIOR DERECHA.- Paquete  
cáreo superior.

FOTO INFERIOR IZQUIERDA.- Contact  
entre miembro superior e inferior  
(Forizonte superior).



En total se muestreó en 22 sitios diferentes, de los cuales 17 pertenecen a las canaletas; que abarcan una longitud de 81.75 metros muestreados; y 6 comprenden las trincheras, que abarcan una longitud de muestreo de 16,2 metros. Totalizando ambas 98 metros muestreados.

Las muestras fueron analizadas por  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaCO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{R}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y PPC. Y para efectos de control de la precisión de laboratorio se repitió el análisis a dos muestras cogidas al azar; observándose que no había diferencias significativas entre ellas. Los resultados constan en el siguiente cuadro.

### RESULTADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

#### CALIZAS

Muestra Nº	Ancho m.	% $\text{CaO}$	% $\text{MgO}$	% $\text{SiO}_2$	% $\text{Fe}_2\text{O}_3$	% $\text{Al}_2\text{O}_3$	% $\text{CaCO}_3$	% $\text{R}_2\text{O}_3$	% PPC
201	3.80	41.90	2.22	13.96	1.22	0.33	74.82	1.55	36.21
202	2.15	48.66	0.86	4.20	0.76	0.69	86.89	1.45	38.98
203	4.95	40.99	1.92	13.00	1.12	2.12	73.20	3.24	34.75
204	3.95	39.49	2.07	23.98	1.04	0.72	70.52	1.76	30.34
205	3.45	29.46	3.79	33.00	2.18	0.08	52.61	2.26	26.41
206	6.80	36.35	2.07	20.48	3.64	0.09	64.91	3.73	31.75
207	5.90	29.39	2.53	34.08	1.68	0.54	52.48	2.22	26.97



#### 4.3. RESERVAS

Según Amilícar Herrera "Recursos minerales de América Latina 1965", si el costo de la extracción de un metal o roca, excede a su valor económico o social, no puede considerarse como reserva disponible, por lo menos en condiciones tecnológicas del futuro previsible. Este enunciado da una pauta de hasta cuando se puede explotar un depósito.

En la realización del cálculo de reservas en los sectores donde no afloraba el horizonte, se ha inferido la continuidad de los mismos, en base a observaciones geológicas y labores de muestreo.

##### 4.3.1. Dimensionamiento de Bloques

En la evaluación de un depósito es necesario planificar el trabajo a fin de facilitar el proceso de cálculo de las reservas, y que estos valores sean los más cercanos a los reales. Para lo cual se subdivide el depósito en bloques más pequeños. Así el depósito calcáreo fue subdividido en 4 bloques, llamados "Bloques de Reservas", en base a las características estructurales del área, a la cantidad de horizontes calcáreos, y delimitación de los afloramientos adoptándose una nume

ración indistintamente para la identificación de bloques y horizontes calcáreos.

#### 4.3.2. Clasificación de Reservas

Para determinar el tipo de clasificación a ser usado en la evaluación, se ha considerado varios parámetros:

- Características geológicas: El depósito calcáreo, es un depósito no metálico siendo su costo por tonelada muy inferior a un depósito metálico.
  
- Afloramientos y labores mineras: Los afloramientos calcáreos son limitados y no se encuentran expuestos en forma continua a lo largo de su longitud. El espesor es conocido generalmente solo, en los sitios de muestreo, en cambio se desconoce físicamente la continuación en profundidad de los horizontes. Las únicas labores de muestreo realizadas, trincheras y canaletas, han servido solo para determinar el espesor del paquete calcáreo.

Analizadas las clasificaciones existentes, la clasificación que mejor satisface, los pará-

metros teniendo como fundamento la relación caliza: material estéril a ser arrancado, es: Medidas o cubicadas, indicadas e inferidas (Amilicar Herrera "Los recursos naturales de América Latina" 1965), así:

**RESERVAS MEDIDAS:** Son aquellas reservas cuyo tonelaje se calcula por las dimensiones reveladas en afloramientos, labores mineras y perforaciones, y cuya ley se determina por un muestreo detallado, o sea se calculan sobre afloramientos sin cubierta de material estéril o con un mínimo de cobertura de tal manera que su explotación sea inmediata siendo la relación caliza: material estéril de 1:0.

**RESERVAS INDICADAS:** Son aquellas cuyo tonelaje y ley se calculan, en parte, mediante mediciones específicas, muestras o datos de producción y en parte sobre la proyección hasta una distancia razonable, basándose en evidencias geológicas; o sea están por debajo de las reservas medidas presentando material estéril de sobrecarga, *siendo su relación caliza, material estéril de 1:1.*

RESERVAS INFERIDAS: Son aquellas cuyas reservas se basan en gran parte en un conocimiento general del carácter geológico del depósito, y de las que no existen, o se tienen muy pocas mediciones o muestras, o sea se ha estimado en base a la supuesta continuidad del estrato en profundidad. La sobrecarga que recubre las capas es mucho mayor y su relación caliza: material estéril es de 1:2.

Relacionado con lo anterior cabe mencionar que una explotación racional y adecuada no debe tener una relación caliza: material estéril mayor a las anteriores para ser considerada económica.

#### 4.3.3. Cálculo de reservas

Para efectuar la evaluación se tuvo en cuenta que: En un cálculo de reservas es preferible pecar por defecto, antes que por exceso, una inflación de reservas puede llevar a una inversión mucho mayor de la necesaria, que luego no podría recuperarse satisfactoriamente. Esto ha hecho que se haya tomado márgenes de seguridad, tales como: que se haya usado medidas ponderadas y efectuar una corrección del 5% al tonelaje total calculado.

Para efectuar el cálculo de reservas se ha elaborado 9 perfiles geológicos, los mismos que se encuentran en o cerca de los extremos de los afloramientos que a su vez delimitan los bloques de reservas.

En ellos se han elaborado figuras geométricas de tal forma que cumplan realmente con las calizas: material estéril.

Dicho trabajo ha sido bastante dificultoso, dado la pequeñez de muchas figuras, que dificultaba la buena apreciación en las medidas. Sin embargo, se ha tomado mucha cautela, repitiendo 3 veces la lectura de cada medida para que el valor calculado sea lo mas cercano al potencial real del depósito.

Empleando para dichos cálculos las siguientes fórmulas:

Espesor Ponderado: Medida efectuada perpendicular a la inclinación del estrato que se ha ponderado con la influencia (distancia) que ejerce cada muestra; para cada bloque existe su espesor ponderado siendo su fórmula:

$$E_p = \frac{\sum_{i=1}^n Ex \ I}{1}$$

$E_p$  = espesor ponderado

$\Sigma$  = signo de sumatoria

$E$  = espesor muestreado en m.

$I$  = influencia de una muestra en m

Area: En cada uno de los perfiles y en base a figuras geométricas elaboradas, se han calculado - "áreas" de las que se han obtenido un área promedio para cada bloque.

Volumen: El cálculo del volumen para cada bloque se obtuvo multiplicando el área promedio por la distancia entre perfiles extremos.

$$V = A \times L$$

$V$  = Volumen

$A$  = Area promedio en  $m^2$

$L$  = Longitud entre perfiles en m.

Peso Específico: Medida que sirve para el cálculo de tonelaje. El valor obtenido en el laboratorio es de 2.5.

Tonelaje = El tonelaje de un bloque se obtuvo multiplicando el volumen por el peso específico que sumado a los otros se obtiene el tonelaje total - para el depósito.



$$T = V \times Pe$$

T = Tonelaje en ton,

V = Volumen en m<sup>2</sup>

Pe = Peso específico en gr/cm<sup>3</sup> = ton/m<sup>3</sup>

#### 4.3.4. Cálculo de Leyes

En base a los resultados de laboratorio se han calculado las leyes ponderadas para cada bloque, ponderando los valores con el espesor e influencia de cada muestra.

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times I_i \times L_i}{\sum_{i=1}^n E \times I}$$

L<sub>p</sub> = Ley ponderada en %

E = Espesor muestreado en m.

I = Influencia de cada muestra en m.

L = Ley de cada muestra en %

Σ = Signo de sumatoria

Todos estos cálculos constan a continuación.

## CALCULO DE ESPESORES PONDERADOS

$$E_p = \frac{\sum_{i=1}^n E \times I}{\sum_{i=1}^n I}$$

BLOQUE 1

MUESTRA Nº	ESPEPOR (m)	INFLUENCIA (m)	ESPEPOR POR INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )
221	4.50	67.00	301.50
222	4.55	88.50	402.67
223	4.50	113.00	508.50
224	3.65	182.00	482.30
225	2.50	158.00	395.00
226	3.00	96.00	288.00
227	2.80	87.50	245.00
		<u>792.00</u>	<u>2.622.97</u>

$$E_p = \frac{2.623.00}{792.00}$$

$$E_p = 3,31 \text{ m.}$$

BLOQUE 2

MUESTRA Nº	ESPEPOR (m)	INFLUENCIA (m)	ESPEPOR POR INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )
215	2.35	125.00	293.75
216	3.00	101.00	303.00
217	5.60	87.00	487.20
218	3.60	101.00	363.60
219	1.60	116.00	185.60
		<u>530.00</u>	<u>1.633.15</u>

$$E_p = \frac{1.633.15}{530}$$

$$E_p = 3.08 \text{ m.}$$

BLOQUE 3

MUESTRA Nº	ESPESOR (m)	INFLUENCIA (m)	ESPESOR POR INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )
203	4.95	71.00	351.45
204	3.95	88.50	349.57
205	3.45	99.50	343.27
206	6.80	102.50	697.00
207	5.90	94.00	554.60
208	7.20	105.50	759.60
213	11.20	91.00	1.019.20
214	5.25	88.00	462.00
		<u>740.00</u>	<u>4.536.69</u>

$$E_p = \frac{4.536.69}{740} = 6.13 \text{ m.}$$

$$E_p = 6.13 \text{ m.}$$

BLOQUE 4

MUESTRA Nº	ESPESOR (m)	LONGITUD (m)	ESPESOR X LONGITUD
201	3.80	42.00	159.60
202	2.15	75.00	161.25
		<u>117.00</u>	<u>320.85</u>

$$E_p = \frac{320,85}{117,00}$$

$$E_p = 2.74$$

## CALCULO DE AREAS

BLOQUE 1

	<u>Medidas</u>	<u>Indicadas</u>	<u>Inferidas</u>
Corte 1-1'	5.79	23.17	17.37
Corte 2-2'	4.96	16.55	17.05
Corte 3-3'	3.31	19.03	22.34
Corte 4-4'	7.12	23.17	19.44
PROMEDIO	5.29	20.48	19.05

BLOQUE 2

	<u>Medidas</u>	<u>Indicadas</u>	<u>Inferidas</u>
Corte 1-1'	2.31	6.93	10.01
Corte 2-2'	4.62	26.18	25.41
Corte 3-3'	5.39	16.17	21.56
PROMEDIO	4.11	16.43	19.00

BLOQUE 3

	<u>Medidas</u>	<u>Indicadas</u>	<u>Inferidas</u>
Corte 3-3'	5.39	16.17	21.56
Corte 4-4'	96.55	1.066.62	-
Corte 5-5'	33.73	121.07	53.33
Corte 6-6'	117.70	1.078.88	164.90
Corte 7-7'	79.08	251.33	110.34
PROMEDIO	66.49	506.81	87.53

BLOQUE 4

	<u>Medidas</u>	<u>Indicadas</u>	<u>Inferidas</u>
Corte 8-8'	6.85	10.96	7.24
Corte 9-9'	8.91	20.55	27.39
PROMEDIO	7.88	15.75	17.31

## CALCULO DE LEYES PONDERADAS

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n E \times I \times L}{\sum_{i=1}^n E \times I}$$

BLOQUE 1

CaO

MUESTRA Nº	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	LEY %	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
221	301.50	50.00	15.075.00
222	402.67	50.29	20.250.27
223	508.50	49.87	25.358.89
224	482.30	53.24	25.677.65
225	395.00	52.11	20.583.45
226	288.00	53.17	15.312.96
227	<u>245.00</u>	51.62	<u>12.646.90</u>
	2.622.97		134.905.12

$$\text{Ley } p = \frac{134.905.12}{2.622.97} = 51.43 \% \text{ CaO}$$

MgO

MUESTRA Nº	LEY %	ESPEJOR X INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
221	1.41	301.50	425.11
222	1.51	402.67	608.03
223	1.21	508.50	615.28
224	0.66	482.30	318.32
225	0.86	395.00	339.80
226	0.71	288.00	204.48
227	0.81	<u>245.00</u>	<u>198.45</u>
		2.622.97	2.709.37

$$\text{Ley } p = \frac{2.709,37}{2.622,97} = 1.03 \% \text{ MgO}$$

SiO<sub>2</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
221	5.03	301.50	1.516.50
222	5.75	402.67	2.315.35
223	5.47	508.50	2.781.49
224	2.10	482.30	1.012.83
225	3.16	395.00	1.248.20
226	2.77	288.00	797.76
227	4.56	<u>245.00</u>	<u>1.117.20</u>
		2.622.97	10.789.33

$$\text{Ley p} = \frac{10.789.33}{2.622.97} = 4.11\% \text{ SiO}_2$$

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> ) %
221	0.44	301.50	132.66
222	0.42	402.67	169.12
223	0.44	508.50	223.74
224	0.20	482.30	96.46
225	0.38	395.00	150.10
226	0.88	288.00	80.64
227	0.42	<u>245.00</u>	<u>102.90</u>
		2.622.97	955.62

$$\text{Ley p} = \frac{955.62}{2.622.97} = 0.36\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (5)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
221	0.43	301.50	129.64
222	0.44	402.67	177.17
223	0.41	508.50	208.48
224	0.76	482.30	366.55
225	0.40	395.00	158.00
226	0.33	288.00	95.04
227	0.28	245.00	68.60
		<u>2.622.97</u>	<u>1.203.48</u>

$$\text{Ley p} = \frac{1.203.48}{2.622.97} = 0.46 \% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

BLOQUE 2CaO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> )%
215	40.76	293.75	11.973.25
216	42.67	303.00	12.920.01
217	42.46	487.20	20.686.51
218	46.22	363.60	16.805.60
219	43.31	185.60	8.038.34
		<u>1.633.15</u>	<u>70.423.71</u>

$$\text{Ley p} = \frac{70.423,71}{1.633,15} = 43.13\% \text{ CaO}$$

MgO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> )%
215	1.43	293.75	420.06
216	1.94	303.00	587.82
217	1.99	487.20	969.53
218	1.07	363.60	389.05
219	1.48	185.60	274.69
		<u>1.633.15</u>	<u>2.641.15</u>

$$\text{Ley p} = \frac{2.641,15}{1.633,15} = 1.62\% \text{ MgO}$$

SiO<sub>2</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR X INFLUENCIA X LEY (m <sup>2</sup> )%
215	16.51	293.75	4.849.81
216	11.56	303.00	3.502.68
217	12.26	487.20	5.973.07
218	6.91	363.60	2.512.48
219	11.52	185.60	2.138.11
		<u>1.633.15</u>	<u>18.976.15</u>

$$\text{Ley p} = \frac{18.976,15}{1.633,15} = 11.62\% \text{ SiO}_2$$



Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
215	1.60	293.75	470.00
216	1.20	203.00	363.00
217	1.72	487.20	838.00
218	1.72	363.60	625.40
219	1.70	185.60	315.52
		<u>1.633.15</u>	<u>2.611.92</u>

$$\text{Ley p} = \frac{2.611.92}{1.633.15} = 1.60 \% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
215	0.96	293.75	282.00
216	0.81	303.00	245.43
217	0.35	487.20	170.52
218	0.09	363.60	32.72
219	0.10	185.60	18.56
		<u>1.633.15</u>	<u>749.23</u>

$$\text{Ley p} = \frac{749.23}{1.633.15} = 0.46\% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

## BLOQUE 3

CaO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
203	40.99	351.45	1.405.93
204	39.49	349.57	13.804.52
205	29.46	243.27	10.112.73
206	36.35	697.00	25.335.95
207	29.39	554.60	16.299.70
208	27.98	759.60	21.253.61
213	32.32	1.019.20	32.940.54
214	42.60	<u>462.00</u>	<u>19.681.20</u>
		4.536.69	153.834.18

$$\text{Ley p} = \frac{153.834.18}{4.536.69} = 33.91 \% \text{ CaO}$$

MgO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPEJOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPEJOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
203	1.92	351.45	674.78
204	2.07	349.57	723.61
205	3.79	343.27	1.301.00
206	2.07	697.00	1.442.80
207	2.53	554.60	1.403.14
208	1.67	759.60	1.268.53
213	4.84	1.019.20	4.932.93
214	1.99	<u>462.00</u>	<u>919.38</u>
		4.536.69	12.666.17

$$\text{Ley p} = \frac{12.666.17}{4.536.69} = 2.79 \% \text{ MgO}$$

SiO<sub>2</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
203	13.00	351.45	4.568.85
204	23.98	349.57	4.382.70
205	33.00	343.27	11.327.91
206	20.48	697.00	14.274.56
207	34.08	554.60	18.900,77
208	37.30	759.60	28.353.08
213	25.43	1.019.20	25.918.26
214	13.24	<u>462.00</u>	<u>6.116.88</u>
		4.536.69	117.823.01

$$\text{Ley p} = \frac{117.823.01}{4.536.69} = 25.97\% \text{ SiO}_2$$

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
203	1.12	351.45	393.62
204	1.04	349.57	363.55
205	2.18	343.27	748.33
206	3.64	697.00	2.537.08
207	1.68	554.60	931.73
208	2.96	759.60	2.248.42
213	2.08	1.019.20	2.119.94
214	1.40	<u>462.00</u>	<u>646.80</u>
		4.536,69	9.989.47

$$\text{Ley p} = \frac{9.989.47}{4.536.69} = 2.20\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
203	2.12	351.45	745.07
204	0.72	349.57	251.69
205	0.08	343.27	27.46
206	0.09	697.00	62.73
207	0.54	554.60	299.48
208	0.16	759.60	121.54
213	0.49	1.019.20	499.41
214	0.35	<u>462.00</u>	<u>161.70</u>
		4.536.69	2.169.08

$$\text{Ley p} = \frac{2.169.08}{4.536.69} = 0.48 \% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

BLOQUE 4CaO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
201	41.90	159.60	6.687.24
202	48.66	<u>161.25</u>	<u>7.846,42</u>
		320.85	14.533.66

$$\text{Ley p} = \frac{14533.66}{320.85} = 45.30 \% \text{ CaO}$$

MgO

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
201	2.22	159.60	354.31
202	0.86	<u>161.25</u>	<u>138.67</u>
		320.85	492.98

$$\text{Ley p} = \frac{493.00}{320.85} = 1.54 \% \text{ Mg}$$

SiO<sub>2</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
201	13.96	159.60	2.228.02
202	4.20	<u>161.25</u>	<u>677.25</u>
		320.85	2.905.27

$$\text{Ley p} = \frac{2.905.27}{320.85} = 9.06\% \text{ SiO}_2$$

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA Nº	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
201	1.22	159.60	194.71
202	0.76	<u>161.25</u>	<u>122.55</u>
		320.85	317.26

$$\text{Ley p} = \frac{317.26}{320.85} = 0.99\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$$

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

MUESTRA	LEY (%)	ESPESOR x INFLUENCIA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR x INFLUENCIA x LEY (m <sup>2</sup> ) %
201	0.33	159.60	52.67
202	0.69	<u>161.25</u>	<u>111.26</u>
		320.85	163.93

$$\text{Ley p} = \frac{163.93}{320.85} = 0.51\% \text{ Al}_2\text{O}_3$$

BLOQUE N°	HORIZONTE N°	PERFILES N°	AREA MEDIA m <sup>2</sup>	DISTANCIA m.	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	TONELADAS	CORRECCION %	TONELADAS CORREGIDAS	ESPESOR PONDERADO				
										Co O	Mg O	Si O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	1	1-2-3-4-	5,29	790	4179,10	2,5	10.447,75	-5	9.925,36	51,43	1,03	4,11	0,36	0,46
2	2	1-2-3-	4,11	528	2170,08	2,5	5.425,20	-5	5.153,94	43,13	1,62	11,62	1,60	0,46
3	2	3-4-5-6-7-	66,49	630	41888,70	2,5	104.721,75	-5	99.485,66	33,91	2,79	25,97	2,20	0,48
4	2	8-9	8,88	117	921,96	2,5	2.304,90	-5	2.191,66	45,30	1,54	9,06	0,99	0,51
<b>Total</b>							<b>122.899,60</b>		<b>116.756,62</b>	<b>43,44</b>	<b>1,74</b>	<b>12,69</b>	<b>1,29</b>	<b>0,48</b>

**INDICADAS**

BLOQUE N°	HORIZONTE N°	PERFILES N°	AREA MEDIA m <sup>2</sup>	DISTANCIA m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	TONELADAS	CORRECCION %	TONELADAS CORREGIDAS	ESPESOR PONDERADO				
										Co O	Mg O	Si O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	1	1-2-3-4-	20,48	790	16.179,20	2,5	40.448,00	-5	38.425,60	51,43	1,03	4,11	0,36	0,46
2	2	1-2-3-	16,43	528	8.675,04	2,5	21.887,60	-5	20.603,22	43,13	1,62	11,62	1,60	0,46
3	2	3-4-5-6-7-	506,81	630	319.290,30	2,5	798.225,75	-5	758.314,46	33,91	2,79	25,97	2,20	0,48
4	2	8-9	15,75	117	1.842,75	2,5	4.606,87	-5	4.376,53	45,30	1,54	9,06	0,99	0,51
<b>Total</b>							<b>864.968,22</b>		<b>821.719,81</b>	<b>43,44</b>	<b>1,74</b>	<b>12,69</b>	<b>1,29</b>	<b>0,48</b>

**INFERIDAS**

BLOQUE N°	HORIZONTE N°	PERFILES N°	AREA MEDIA m <sup>2</sup>	DISTANCIA m	VOLUMEN m <sup>3</sup>	P.E.	TONELADAS	CORRECCION %	TONELADAS CORREGIDAS	ESPESOR PONDERADO				
										Co O	Mg O	Si O <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	1	1-2-3-4-	19,05	790	15.049,50	2,5	37.623,75	-5	35.742,56	51,43	1,03	4,11	0,36	0,46
2	2	1-2-3-	19,00	528	10.032,00	2,5	20.080,00	-5	23.826,00	43,13	1,62	11,62	1,60	0,46
3	2	3-4-5-6-7-	87,53	630	55.143,90	2,5	137.859,75	-5	130.966,76	33,91	2,79	25,97	2,20	0,48
4	2	8-9	17,31	117	2.025,27	2,5	5.063,17	-5	4.810,01	45,30	1,54	9,06	0,99	0,51
<b>Total</b>							<b>205.626,67</b>		<b>195.345,33</b>	<b>43,44</b>	<b>1,74</b>	<b>12,69</b>	<b>1,29</b>	<b>0,48</b>

## 5. CONSIDERACIONES DE PARAMETROS GEOECONOMICOS DEL DEPOSITO

Teniendo en mente el objetivo del presente estudio, que es el de crear un polo de desarrollo si los factores lo permiten, se ha hecho un análisis de parámetros tendiendo a la utilización de la caliza en la elaboración del cemento.

Dichos parámetros tienen influencia directa en programas de inversiones mineras y se los puede agrupar de la siguiente manera:

### CONSIDERACIONES GENERALES DE CONTORNO

Situación Geográfica: El depósito de Jachackollo se halla ubicado al noreste del altiplano, en una región de pocos poblados con escasos habitantes en unos y despoblados en otros, carentes de cualquier actividad que genere fuentes de trabajo a excepción del pastoreo y la incipiente agricultura.

Está a 2 horas de poblados un poco más desarrollados como el cantón Italaque y Charazani.

Vías de comunicación y transporte.- Preferentemente en los minerales no metálicos, las posibilidades de explotación de un depósito depende en gran medida de las condiciones del transporte de la materia prima o elaborados a los centros



industriales o de consumo. No repercute en este estudio dada la finalidad del mismo.

Sin embargo, la única vía de comunicación al depósito, es el camino lastrado que viene desde Ulla -Ulla pasa junto al depósito llegando a Huarina para luego empalmar con la autopista La Paz-Copacabana (Ver accesibilidad), es una vía en buen estado y aceptable para transporte pesado especialmente durante la época de verano.

FLUIDO ELECTRICO.- La región carece de fluido eléctrico y el poblado mas cercano que la posee (Mina Matilde), dista 120 kilómetros del lugar.

DISPONIBILIDAD DE AGUA.- La única fuente provisionaria de agua sería el río Suches que dista unos 2500 metros del depósito con una diferencia de cota (+) de 200 metros desde su cauce al nivel de base del depósito, este río de poco caudal, es escasamente aprovechado por los limitados campesinos, llegando un alto % de su caudal a desembocar al lago Titicaca.

MANO DE OBRA.- La mano de obra es escasa y la existente se la puede catalogar como "mano de obra no calificada". Sin embargo, esto no sería un obstáculo, si resultase el depósito aprovechable, ya que la finalidad del estudio persigue poblar dichas regiones.

OTROS RECURSOS.- En la zona se encuentra un depósito de yeso ubicado a 12 Km. del depósito de calizas (Ver anexo A).

#### CONSIDERACIONES TECNICO-MINERAS

LEY DEL DEPOSITO,- Existe una marcada diferencia en los horizontes así: El horizonte N° 2 (Superior), presenta un % promedio de CaO de 37% equivalente al 66% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ; el cual es un valor bajo comparado con los mínimos contenidos de carbonato que debe poseer el componente calcáreo y que dice "Una roca caliza apta para la industrialización del cemento debe tener un contenido de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  mayor que el 75% para que el crudo (mezcla de componentes principales) llegue a tener un valor de titulación de 75-77% que es lo recomendable.

Otro factor negativo, es el alto contenido de Sílice, excepto sector derecho, llegando hasta un 37.30% (M-208), si se toma en consideración que aparte de las sustancias nocivas, un alto % de sílice es determinante en una caliza ya que las arcillas lo poseen en abundancia, y una mezcla con estos materiales no cumpliría con el módulo silícico. Esto hace que el mejor módulo para determinar la calidad de una caliza sea el módulo Silícico; que para la muestra 208 es de 18.37.

En cambio el horizonte N<sup>o</sup> 1 (Inferior) presenta un % de CaO de 51.37% equivalente al 91.37% de CO<sub>3</sub>Ca; que es un % muy bueno, con un contenido de sílice pequeño que si cumplirá con el módulo silícico para el crudo una vez mezclado con arcilla. Para lo cual mezclando la caliza M-222 con una arcilla de Chaupino (Tarija-Bolivia), se tiene:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC	MS
Caliza	5.75	0.44	0.42	50.29	1.51	40.57	6.68
Arcilla	54.00	22.04	8.02	4.30	1.95	9.69	1.80

Considerando un 76% de CO<sub>3</sub>Ca en el crudo la relación caliza: arcilla sería:

$$\frac{\text{Caliza}}{\text{Arcilla}} = \frac{4.95}{1} = \text{que equivale a; caliza } 79,8\% \text{ y arcilla } 20,2\%$$

Combinando en las proporciones indicadas se obtiene un crudo con las siguientes leyes:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC
13.86	4.07	1.70	42.56	1.58	35.38

que analizadas para los diferentes módulos que rigen la composición del crudo se tiene:

$$\text{Módulo Hidráulico (MH)} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{42.56}{19.63} = 2.17$$

1.7 - 2.2

$$\text{Módulo Silfícico} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{13.69}{5.77} = 2,40$$

1.2-4 (2.4-2.6)\*

$$\text{Módulo Alumínico} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{4.07}{1.70} = 2.39$$

1-4 (1.5-2.5)\*

$$\text{Saturación de Cal} = \frac{100 \text{ CaO}}{2.8 \text{ SiO}_2 + 1.2 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.65 \text{ Fe}_2\text{O}_3} = \frac{42.56}{44.80}$$

(90-95)\*

= 95%

Que si cumplen dichos módulos, por ende dicho crudo es apto para la elaboración del cemento y por lo tanto la caliza es aceptable.

Finalmente el contenido de MgO es generalmente bajo, especialmente el horizonte inferior, lo cual lo hace aceptable, si se tiene en cuenta que este debe ser menor del 5%.

VOLUMEN DEL DEPOSITO: El tonelaje calcáreo existente se encuentra repartido de la siguiente manera:

Reservas	Tonelaje	Porcentaje
Medidas	116.756.62	10.30
Indicadas	821.719.81	72.47
Inferidas	195.345.33	17.23

Con un gran total de 1'133'821.76 Ton. que es demasiado pequeño en comparación con las recomendaciones que añoran

Otto en el Prontuario de cemento". III Edición 1970, -  
da a países en vías de desarrollo y dice: "El volumen re-  
querido para una fábrica de cemento no debe ser inferior  
a 10'000.000 de toneladas". Dicho tonelaje no da para pen-  
sar en la instalación de una fábrica de cemento.

Además si se tiene en cuenta, que en cuanto a la ley; el  
Horizonte N° 1 (Horizonte inferior), es el único que cum-  
ple con las condiciones requeridas, éste tiene un total  
de 84.093.52 ton. de material, equivalente al 7.42% del  
gran total distribuidos de la siguiente forma:

Reservas	Tonelaje	Porcentaje
Medidas	9925	11.80
Indicadas	38425.6	45.69
Inferidas	35742.6	42.50

Lo cual ratifica su negatividad.

Si se tratase de combinar el Horizonte N° 1 con el N° 2 pa-  
ra obtener un componente calcáreo del 80% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . Su re-  
lación sería:

$$\frac{\text{Caliza Horizonte N}^\circ 1}{\text{Caliza Horizonte N}^\circ 2} = \frac{3}{1}$$

Es decir que las 84.093.52 ton. deberían combinarse con -  
28.031.00 ton. dando un total disponible de caliza de -

112.124.52 ton. que no alcanzaría para suministrar caliza durante un año, (310 días laborables).

En base al Horizonte N° 1, la cantidad de caliza necesaria para 1 ton. de clinker es:

$$\frac{100}{100 - \text{PPC}} \times \frac{\% \text{ caliza}}{100} = 1.34 \text{ ton. de caliza}$$

Y que procesando 500 ton. de cemento diarias, ya que según el "Sumario Integracional de Cemento", Dinamarca 1964; "Es una norma mundialmente aceptada considerar económicamente muy caras las plantas de cemento con capacidad a las 100.000 ton/año." Apenas serviría para alimentar una planta durante:

$$\text{Tiempo de vida: } \frac{112.124,52}{1,34 \times 310 \times 500} = 0.54 \text{ años}$$

Y una recomendación de Lahban Otto enuncia: "Que una empresa bien dirigida deberá esforzarse en disponer reservas de materias primas cuando menos para 50 o 100 años". Esto, hace que el depósito no sirva, por si mismo, para instalar una fábrica de cemento.

EXPLOTACION.- El tipo de explotación, para aprovechar los estratos calcáreos, debe ser a cielo abierto.

En el Horizonte N° 2 la explotación no ofrece dificultades, ya que el buzamiento de los estratos es en el mis-

mo sentido de la pendiente del terreno y la sobrecarga es mínima y fácil de limpiar.

En el Horizonte N<sup>o</sup> 1 el sentido del buzamiento de los estratos es contrario a la pendiente del terreno y la extracción del material no puede aprovechar el transporte por gravedad. Y este es el horizonte que en cuanto a ley es apto para el cemento.

#### CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Bolivia en los últimos años ha experimentado un floreciente desarrollo industrial, especialmente en ciudades como La Paz, Santa Cruz, Cochabamba entre otras; lo cual ha originado un aumento del consumo de cemento trayendo como resultado la ampliación y ensanche del mercado, así:

La producción de cemento, anterior a 1970, experimentó - ciertos altibajos, debido a factores que al autor los llama de orden político; que crearon cierta inestabilidad económica. Recurriéndose a la importación cada vez más creciente.

A partir de 1970 se observa una mejoría en la producción reduciéndose la importación de 38.47% a 3.29%. El siguiente cuadro cuantifica dichos valores.

TABLA 1  
CONSUMO NACIONAL DE CEMENTO (Ton/año)

Año	Sucre	Viacha	Coboche	Producción total	Import.	Consumo	Déficit %
1965	31.698	28.500		60.198	7.000	67.198	10.42
1966	34.390	31.000		65.390	11.000	76.390	14.40
1967	35.190	30.000		65.190	32.400	97.590	33.20
1968	37.033	32.033		69.033	45.028	114.061	39.48
1969	55.314	25.184		80.498	50.321	130.819	38.47
1970	70.609	45.150		115.759	5.000	120.759	4.14
1971	76.663	51.397		128.060	2.000	130.060	1.54
1972	71.384	61.450	14.062	146.896	5.000	151.896	3.29

Estos datos se encuentran en el gráfico N° 1.

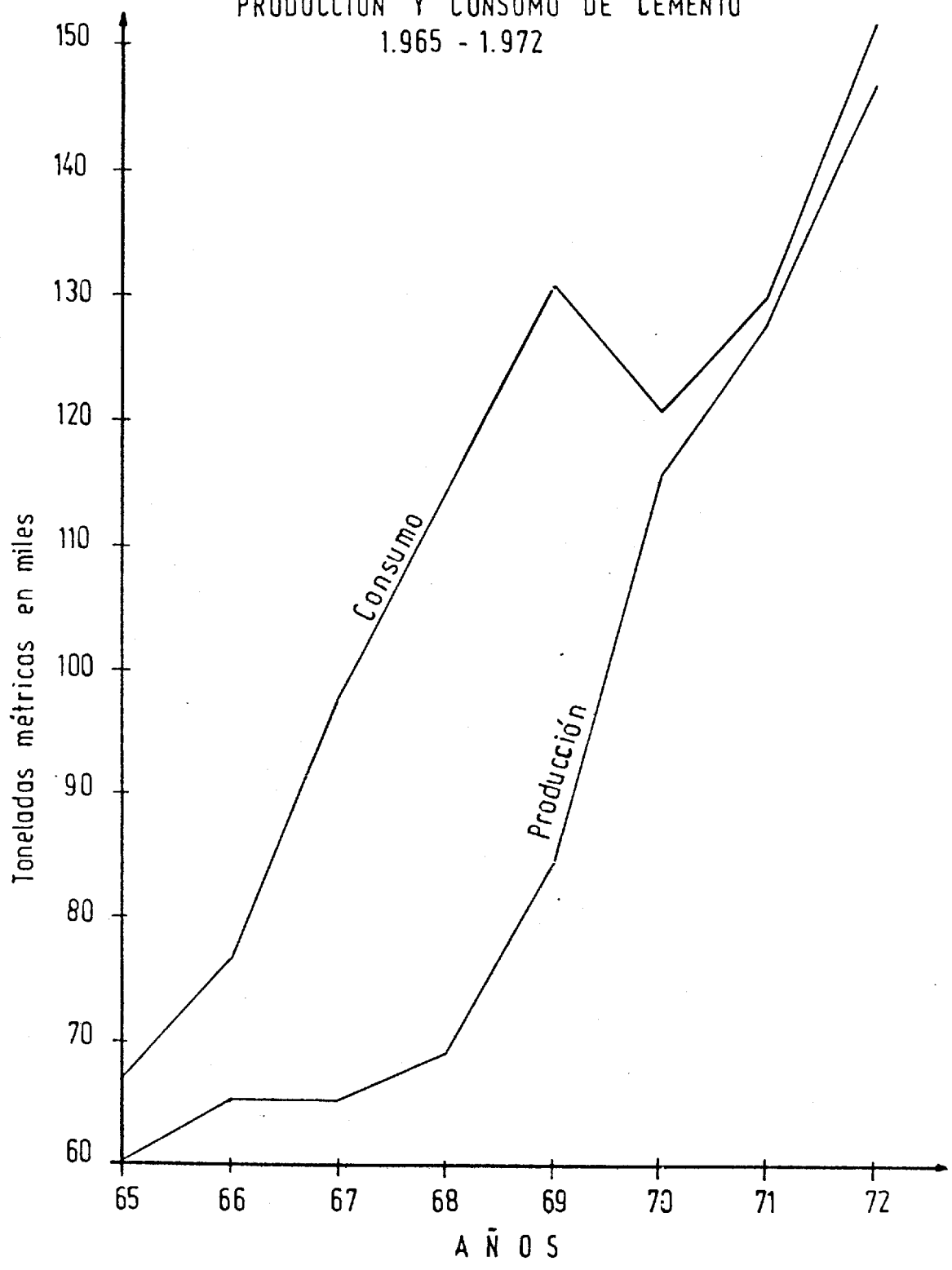
En 1972, la Dirección General de Tecnología de la Construcción realizó "El estudio del mercado de cemento"; determinándose en él, una curva exponencial de la producción y demanda futura del cemento. La misma que está representada por la siguiente fórmula:

$$Y = 81.000 (1,335)^x$$

Cuyos datos obtenidos son:



### PRODUCCION Y CONSUMO DE CEMENTO 1.965 - 1.972



FUENTE : Corporación Boliviana de Fomento

GRAFICO Nº 1

TABLA 2  
 DEMANDA FUTURA DEL CEMENTO (Ton./año)

AÑO	PRODUCCION INSTALADA	PROYECCION DE DEMANDA	DEFICIT O SUPERAVIT
1972	150.000	151.308	- 1308
1973	265.000	170.477	94.523
1974	270.000	194.278	+ 75.722
1975	285.000	220.158	+ 64.842
1976	285.000	249.599	+ 35.000
1977	285.000	282.609	+ 2.391
1978	285.000	320.193	- 35.193
1979	285.000	362.799	- 77.799
1980	285.000	411.156	- 126.156

Y están ubicados en el gráfico N° 2.

Dichos valores se han mantenido acorde a la realidad Boliviana. En base a esto se observa que la producción de cemento no satisface la demanda interna a partir de 1978. Lo cual crea la necesidad de aumentar la producción en base al incremento de capital, de nuevas fuentes de suministros y la *creación de nuevas fábricas de cemento.*

PROYECCION DE LA DEMANDA DE CEMENTO EN BOLIVIA

$$Y = 81.000 (1.335)^x$$

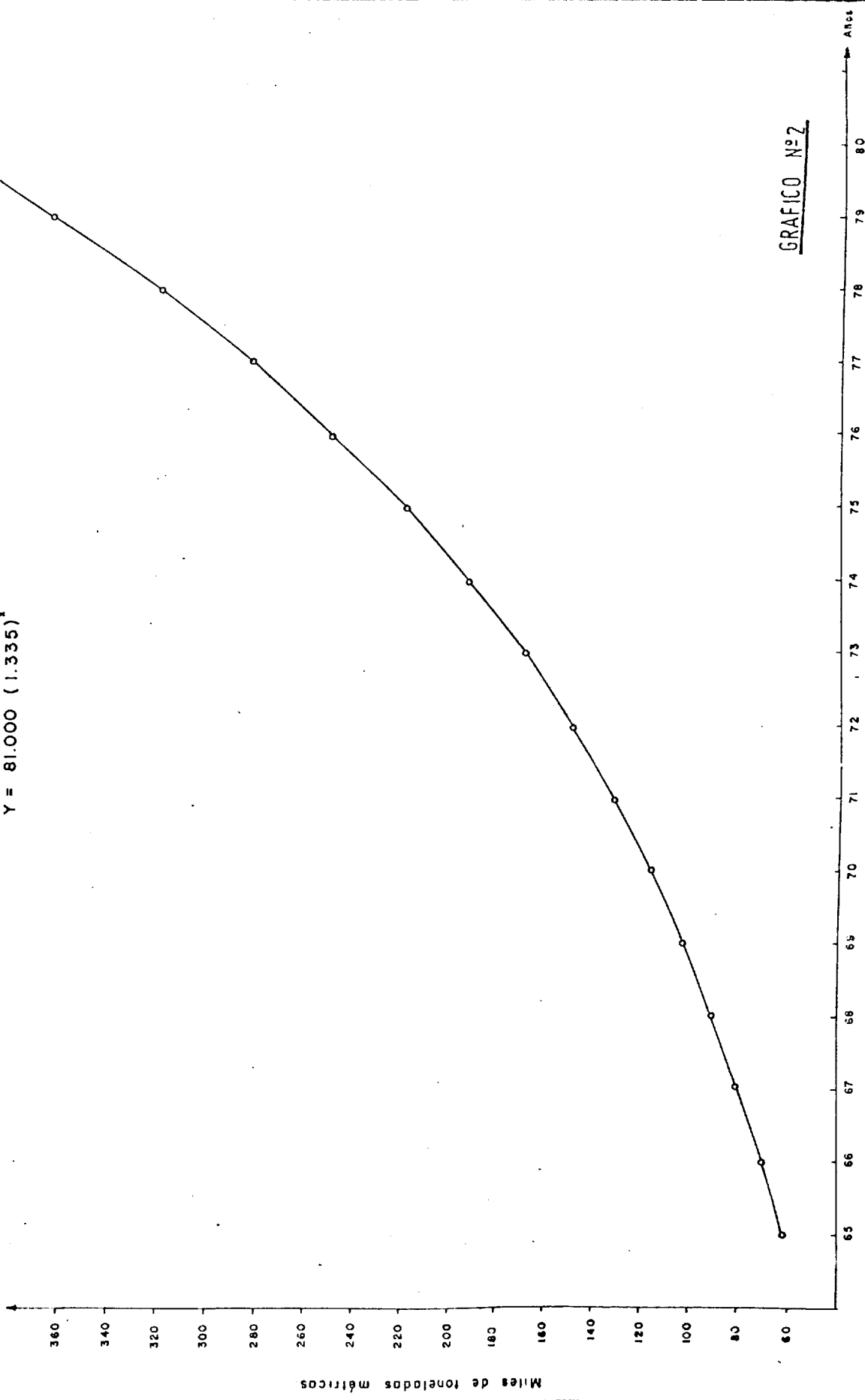


GRAFICO Nº 2

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La marcada variabilidad que presentan los horizontes calcáreos, que fluctúan entre 1,60 - 11,20 m. hacen que se consideren horizontes de formas lenticulares.
- Las calizas se depositaron en ambiente Nerítico, según el Dr. Urdininea y los fósiles detectados en láminas delgadas.
- Los resultados obtenidos de los análisis químicos efectuados a las muestras, presentan variaciones en los contenidos químicos dentro de un mismo horizonte y entre ellos; lo que demuestra que en el depósito existen cambios de facies tanto lateral como vertical, que afectan su calidad.
- En vista del objetivo del estudio, las consideraciones generales de contorno no influyen, en este caso, en los parámetros geoeconómicos, no así la ley y volumen.
- El volumen total de reservas es de 1'133.822 ton. de los cuales 84.093.52 ton. (Horizonte N° 1) son aptas por sus características químicas, para explotarse en la utilización en la industria del cemento; sin embargo como este volumen es demasiado pequeño y no cumplen con las recomendaciones de Lahban Otto (>10 millones de ton.), no se puede utilizar el Depósito de Jachackollo para el montaje de una fábrica de cemento en la zona.

Recomendándose con la finalidad de crear fuentes de trabajo en base a las materias primas existentes, que:

- El Horizonte N<sup>o</sup> 2 se utilice en forma de agregados en el mantenimiento y construcción de nuevas carreteras de la región, para lo cual se deberá instalar una planta de trituración.
  - El Horizonte N<sup>o</sup> 1 se utilice en la obtención de Cal; para lo cual se hace necesario el montaje de un horno vertical, ya que contaría con la misma planta de trituración del Horizonte N<sup>o</sup> 2.
  - Que se utilice el depósito de Yeso, ubicado al sur de la zona, de acuerdo a las recomendaciones dadas en el Anexo A.
-

## 7. CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS SOBRE ALGUNOS DEPOSITOS CALCAREOS EN EL ECUADOR

En el presente estudio, se ha hecho uso de informes de trabajos realizados en el País, por diferentes Instituciones. Así cualquier dato técnico, áreas, profundidades, volúmenes y leyes, deben ser considerados tomados de la fuente respectiva. Los mismos que han servido de base para que el suscrito efectuara el mencionado análisis. Además de los parámetros enunciados en el capítulo; se debe tener presente - que se considerará para todos una producción de 1000 toneladas diarias de cemento y 310 días laborables al año.

CALIZAS NAPO (Datos tomados del informe del Ing. Giovanni Cisneros).

### GENERALIDADES

El Depósito comprende el llamado Levantamiento Napo, que tiene una superficie calculada en mas de 5250 Km<sup>2</sup> y 300 metros de grosor.

Geológicamente el depósito se encuentra dentro de la formación Napo y está constituida por calizas y lutitas fosilíferas, con muchos de sus estratos con constituyentes bituminosos.

sentan fluido eléctrico Ej. Tena, Baeza, Lago Agrio; aunque no con un potencial igual que otros centros industriales. Sinembargo, en el sector sur, zona escogida (ver volumen del depósito), el río Napo al igual que el Tena ofrece buen caudal para la instalación de una planta hidroeléctrica en caso de ser necesario.

DISPONIBILIDAD DE AGUA: La zona goza de suficiente agua suministrada por todos los tributarios del Napo, Coca y Aguárico; la misma que puede servir para diferentes usos como también como medida de transporte fluvial.

MANO DE OBRA: La densidad poblacional es pequeña. por tratarse de zonas selváticas, sinembargo existe suficiente mano de obra "No calificada y semicalificada", ésta última - especialmente en Tena donde existen centros técnicos de enseñanza.

OTROS RECURSOS: La zona cuenta con depósitos de combustible (Estación de bombeo Baeza), ubicados a 100 Km. del posible sitio de la fábrica, además de fuertes impregnaciones bituminosas en areniscas de la formación Hollín y Napo, las cuales mediante procesos de recuperación pueden ser utilizadas como combustible, y las impregnaciones bituminosas de la caliza que pueden servir para su propia combustión. Además la zona dispone de acumulaciones de yeso, depósitos de arcilla y depósitos de caolín.

## CONSIDERACIONES TECNICO-MINERAS

LEY DEL DEPOSITO: El análisis de muestras efectuado a varios grupos de muestras de calizas ha arrojado los siguientes promedios (Inf. )

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	PPC	MS
Caliza	5.20	1.50	0.80	49.30	0.40	0.03	43.12	2.26
Lutita	34.90	1.30	6.90	31.70	0.30	0.02		
	52.10	23.30	5.60	0.90	0.80	2.30		
Arcilla	62.10	15.00	6.40	2.30	1.40	1.40		

En base a estos resultados el depósito de calizas es de buena calidad debido a que el contenido de CaO en la caliza corresponde a un 88.04%, que es un valor aceptable; y la cantidad de sílice es baja (MS = 2.26).

Considerando un 75% de CO<sub>3</sub>Ca en el crudo, la relación sería:

Caliza 4.16  
Arcilla 1

Lo cual da una ley en el crudo de:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPF	Alcalis
13.82	3.77	1.87	42.00	0.48	3.80	0.24



Que analizando para los diferentes módulos se tiene:

$$\text{MH} = 2.16$$

$$\text{MS} = 2.45$$

$$\text{MA} = 2.02$$

$$\text{SC} = 94.5\%$$

Lo cual cumple con las especificaciones del crudo.

Además presenta un bajo contenido de  $\text{MgO}$  ( $< 5\%$ ).

**VOLUMEN DEL DEPOSITO:** Tomando en consideración solamente la parte sur del levantamiento Napo se tiene una superficie de  $40 \text{ Km}^2$ . delimitada por las poblaciones Tena, Napo, Archidona, Cotundo y Puerto Misahuallí, y considerando una profundidad de 30 metros se tiene un volumen de  $1.2 \text{ Km}^3$  que multiplicada por la gravedad específica (2.53) da un tonelaje de  $3036 \times 10^6$  ton. que es un tonelaje suficientemente grande.

Admitiendo que por cada 1.42 ton. de caliza se obtiene 1 ton. de clinker el depósito suministrará esta materia prima durante 6900 años. Estos valores cumplen con los requisitos preestablecidos.

**EXPLOTACION:** Se la puede realizar a cielo abierto dada las características del depósito lo cual es un factor beneficioso.

CALIZAS PUYANGO: (Datos obtenidos del informe de Prospección y evaluación preliminar de las calizas del Río Puyango), Ing. Paladines.

#### GENERALIDADES

El depósito de calizas se halla al sur del País, en la Provincia de Loja, atravezadas por el río Puyango.

La longitud del afloramiento de calizas es superior a los 2000 m. y su ancho 1000 metros.

Las calizas de la zona pertenecen al Cretácico Superior y forman parte de las rocas pertenecientes a la formación Cazaderos, la misma que consta de conglomerados, areniscas, lutitas, calizas gris oscuras y margas.

#### CONSIDERACIONES GENERALES DE CONTORNO

SITUACION GEOGRAFICA: El depósito de calizas del río Puyango, se encuentra entre las coordenadas geográficas  $80^{\circ} 05'W$  y  $3^{\circ}35'S$ . Cercano al depósito está el caserío Puyango. Sus poblaciones mas cercanas son Arenillas y Alamor a los cuales se halla casi equidistante.

Su ubicación es favorable ya que se encuentra en la zona - sur con un radio de acción que abarcaría: Loja, Macará, Zamora, entre otras y dista 97 Km. de Puerto Bolívar por el

cual se podría enviar el producto a consumidores de la cos  
ta. Además está cerca de la frontera con Perú.

**VIAS DE COMUNICACION Y TRANSPORTE:** La principal vía de acceso es la carretera Panamericana que de norte a sur cruza el País. A 27 Km. antes de la frontera, en la ciudad de Arenillas, se desvía por una carretera de tercer orden, ha  
cia el sur recorriendo por éste una distancia de 50 Km. an  
tes de llegar al depósito. Con una distancia total de Machala al depósito de 91 km. aproximadamente. Continuando - por ésta carretera se puede llegar a Loja al empalmar con la carretera Macará-Catacocha-Loja; con una distancia del Depósito a Loja de 244 Km.

**FLUIDO ELECTRICO:** La zona tiene buenas perspectivas de flui  
do eléctrico a través del proyecto de la presa binacional puyango-Tumbes que tiene previsto producir 150.000KW de ener  
gía eléctrica.

**DISPONIBILIDAD DE AGUA:** La zona se encuentra atravezada - por el río Puyango, disponiendo por ende de buena cantidad de agua lo cual le es favorable.

**MANO DE OBRA:** Actualmente la zona está casi despoblada, lo que indica contar con poca mano de obra propia del sitio. Pudiendo recurrirse a poblaciones vecinas.

OTROS RECURSOS: Si bien la zona no cuenta con depósitos de combustible propio del sector; puede hacer uso del Gas del Golfo de Guayaquil a través de Puerto Bolívar.

Cuenta además con depósitos de arcilla; mas carece de depósitos de Yeso.

#### CONDICIONES TECNICO-MINERAS

LEY DEL DEPOSITO: El análisis de tres muestras recogidas al azar han dado los siguientes valores:

Muestra	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	PPC
1	8.22	0.31	1.0	48.70	1.28				40.32
2	11.73	0.82	2.45	45.50	2.07				
3	15.88	2.80	1.88	42.92	0.78	0.47	0.38	--	35.08
Promed.	11.94	1.31	1.78	45.70	1.37	0.47	0.38	No	37.70

El contenido de CaO de la muestra promedio es equivalente a 81.6% de CO<sub>3</sub>Ca, un valor aceptable que está sobre el 75% (Valor de titulación).

El contenido de Sílice de 11.94; si bien es un poco alto; sinembargo el módulo silícico es de 3.86 y que combinada con una arcilla normal cumple con el nódulo silícico para el crudo. En efecto si se tiene la siguiente composición de arcilla:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC
Arcilla	50.40	22.20	8.50	4.30	2.10	12.50

y considerando un 75% de CO<sub>3</sub>Ca en el crudo; la relación caliza/arcilla sería:

Caliza =  $\frac{10.2}{1}$  equivalente a: Arcilla = 8.93% y Caliza = 91.07%

Combinando bajo éstas proporciones; el crudo tendría las siguientes leyes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC
Crudo	15.37	3.18	2.38	42.00	1.44	35.45

y sus módulos serían:

$$MH = 2.0$$

$$MS = 2.76$$

$$MA = 1.34$$

Que caen dentro del rango establecido.

En cuanto al contenido de MgO es bajo, 1.37 que está dentro del valor permitido.

VOLUMEN DEL DEPOSITO: De acuerdo al informe antes mencionado, la zona evaluada presenta las siguientes dimensiones:

Longitud 1700 m.

Ancho 500 m.

Profundidad 60 m.

Que dan un volumen de:  $V = 1700 \times 500 \times 60 \text{ m}^3 = 51'000.000 \text{ m}^3$

Que multiplicada por la gravedad específica obtenida (2.25 ton/m<sup>3</sup>) da: Tonelaje: 114'750.000 ton. métricas.

Que es un tonelaje que sobrepasa satisfactoriamente el límite mínimo y por ende cumple con la duración mínima (> 50 años) que debe tener una fábrica de cemento. Ya que admitiendo que por cada 1.4 ton. de caliza se obtiene 1 ton. de clínker; el depósito suministraría materia prima durante 264 años que sobrepasan las consideraciones de Labhan Otto.

EXPLOTACION; Deberá realizarse a cielo abierto, ayudada por la poca sobrecarga y de acuerdo al autor del informe en bancos de 14 x 20 m.

CALIZAS UNACOTA: Datos obtenidos de: Corporación de Ingenieros consultores. 1975. Tesis de grado del Sr. Marcelo Echeverría. 1977.

GENERALIDADES: El depósito de calizas Unacota, se encuentra en la provincia de Cotopaxi y comprende tres cuerpos calcáreos: Arcos, Corona, Rumi y Guaman Huanchana. Su estructura es masiva y sin estratificación se trata de calizas arrecifales.

Su edad corresponde al Eoceno Medio y suprayacen a las formaciones Macuchi y Yunguilla.

#### CONSIDERACIONES GENERALES DE CONTORNO

SITUACION GEOGRAFICA: El depósito de calizas se halla de limitado por:

0° 53'30"	-0°56'00"	Latitud sur
79° 00'00"	-78°57'00"	Longitud Oeste

Que corresponde a la parte central del País y como tal goza de una situación privilegiada ya que se encuentra - cerca del primer centro nacional de consumo de cemento - como es Quito; además tiene un radio de acción que abarcaría ciudades como Latacunga, Ambato, Quevedo, los mas próximos.

VIAS DE ACCESO Y COMUNICACIONES: La zona cuenta con una vía principal que, dada la posición central del depósito, la comunica con regiones tanto de la costa como de la sierra; cual es la carretera asfaltada Latacunga-Quevedo con una extensión de 177 Km. A partir de la cual existen caminos de verano que llegan hasta el depósito tal el caso de Zumbahua, Saraucsha, Pilaló que distan de las calizas 10, 8, 4.5 Km. respectivamente.

FLUIDO ELECTRICO: La zona carece de fluido eléctrico ca

paz de mover una planta de cemento y la fuente mas cercana sería Latacunga de la cual dista 98 Km.

DISPONIBILIDAD DE AGUA: La zona cuenta con agua en cantidad adecuada que puede obtenerse de los ríos Pilaló y Zumbahua principalmente.

MANO DE OBRA: Existe aunque no en forma abundante, pero podría obtenerse suficiente en Pilaló, Pujilí y Latacunga.

OTROS RECURSOS: La zona cuenta con varios depósitos de arcilla diseminados en el sector como Rucaucsha, Pilaló, Pujilí y Millín Pamba, etc. además tiene depósitos de hierro y sílice; no contando con depósitos de yeso.

#### CONDICIONES TECNICO-MINERAS

LEY DEL DEPOSITO: El análisis de muestras de calizas ha dado como resultado las siguientes leyes:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Otros	PPC	MS
1.0	1.2	0.5	53.4	1.1	0.5	42.3	0.59

En ellas es notorio que la caliza es muy rica en CO<sub>3</sub>Ca; - pues su % de CaO es equivalente al 95.4% de CO<sub>3</sub>Ca lo cual indica su gran pureza y está muy por encima del valor de titulación.



El porcentaje de sílice es, en cambio, pequeño que se necesitará de un tercer elemento rico en sílice para formar un buen crudo. Así combinándola con la arcilla de Pílaló y Arena:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC
Arcilla	54.80	17.90	5.68	3.50	1.69	9.44
Arena	95.00	2.00	1.00	0.50	0.50	0.50

Haciendo el cálculo respectivo para el caso de tres componentes:

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	PPC
Crudo	14.160	4.008	1.383	42.730	1.172	34,960

Siendo sus módulos:

$$MH = 2.19$$

$$MS = 2.62$$

$$MA = 2.90$$

$$SC = 94.2\%$$

Lo cual hace utilizable esta caliza con la arcilla de Pílaló.

En cuanto al contenido de MgO este es bajo y se halla dentro de los límites.

VOLUMEN DEL DEPOSITO: Del informe de Ingenieros Consultores, se desprende que el depósito cuenta con un tonelaje suficientemente grande representado de la siguiente manera:

Reservas medidas	14'960.000 ton.
Reservas Indicadas	7'900.000 ton.
Reservas Inferidas	<u>770'000.000 ton.</u>
TOTAL	792'860.000 ton.

Cantidad que cumple con el tonelaje mínimo establecido.

De acuerdo a cálculos por cada 1.37 ton. de caliza se obtendrían 1 ton. de clinker y si se considera solamente - las reservas medidas e indicadas (22'860.000 ton.) el depósito suministraría materia prima de caliza durante 54 años, que está de acuerdo con el parámetro respectivo. Mas aún si se considera la reserva total, el tiempo de vida del depósito sería de 1867 años.

EXPLOTACION: Dada las características del depósito deberá explotarse a cielo abierto lo cual es muy económico.

#### CONSIDERACIONES ECONOMICAS

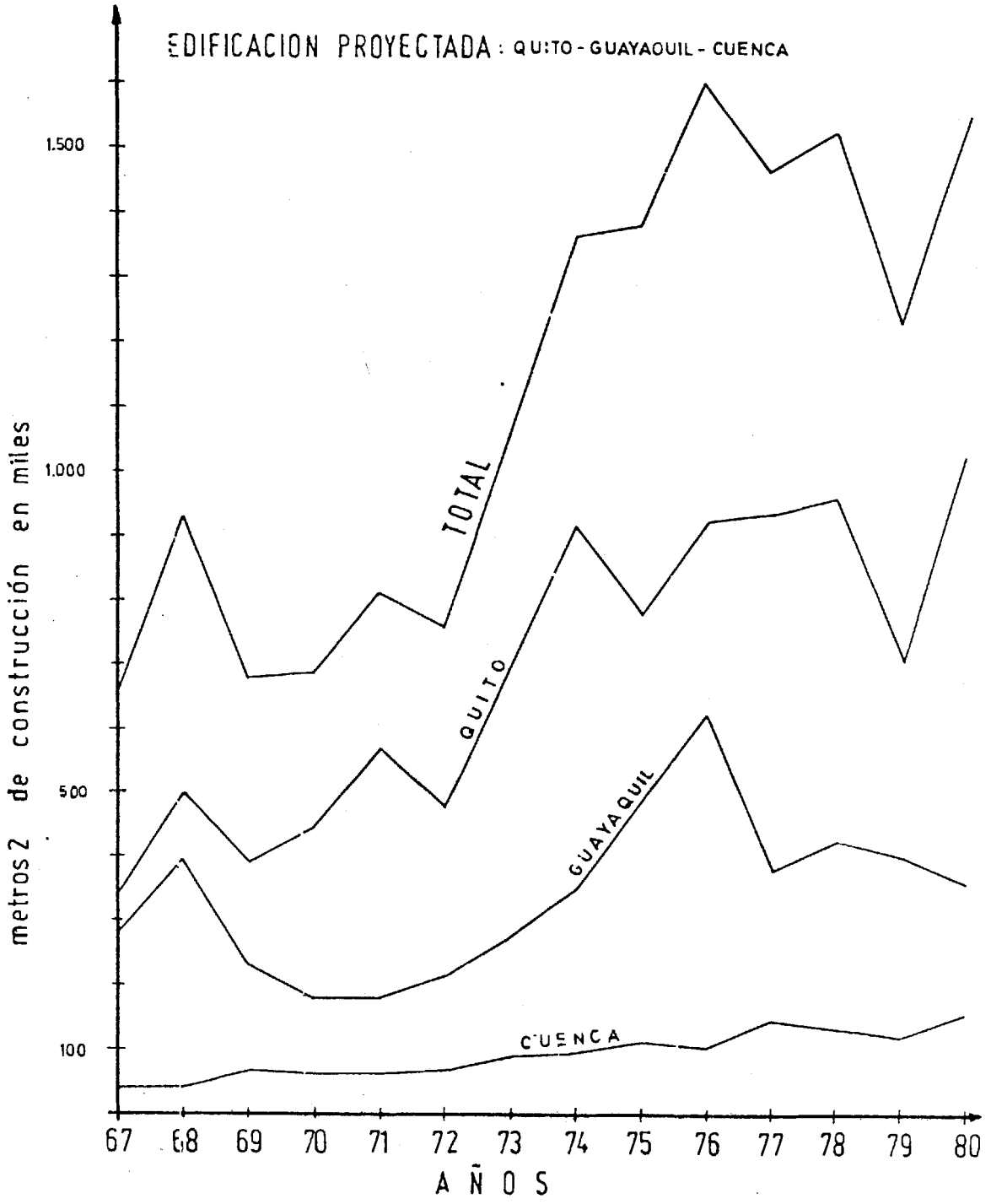
El creciente desarrollo habitacional, obras públicas e industrial ha ido siempre a la par con un aumento en el consumo del cemento especialmente en Quito, Guayaquil y

Cuenca (Ver gráfico 3).

Este aumento es visible al revisar las cifras de producción e importación del cemento; para lo cual se ha consultado con el Boletín Anuario N° 4 1981 y Anuarios de comercio exterior desde 1966-1980; todos ellos editados por el Banco Central del Ecuador. En ellos se puede observar, como las fábricas de cemento del País desde 1966-1970 abastecían la demanda de cemento Portlandt Gris con pequeños déficit que no llegaban al 0.3%, que era cubierto con la importación.

Pero a partir de 1970 a 1977 (Ver gráfico 4); la demanda empieza a sentirse en forma cada vez más acentuada; mientras la producción aumenta lentamente que no cubre las necesidades del País teniendo que recurrirse a la importación, que va acorde a la demanda.

Ya en 1978 la producción de cemento se incrementa, en relación al año anterior, en un 64% permaneciendo dicho valor con un ligero aumento. Pero a partir de 1977 a 1980 el consumo de cemento ha crecido a pasos agigantados hasta llegar a un déficit del 45%, que es compensado con la importación. Todos estos datos es referente al cemento Portlandt Gris o cemento Portland Normal, y pueden ser observados en la tabla 3.



FUENTE: Banco Central del Ecuador, Anuario N° 4-1.981

GRAFICO N° 3

PRODUCCION Y CONSUMO DE CEMENTO  
1966 - 1980

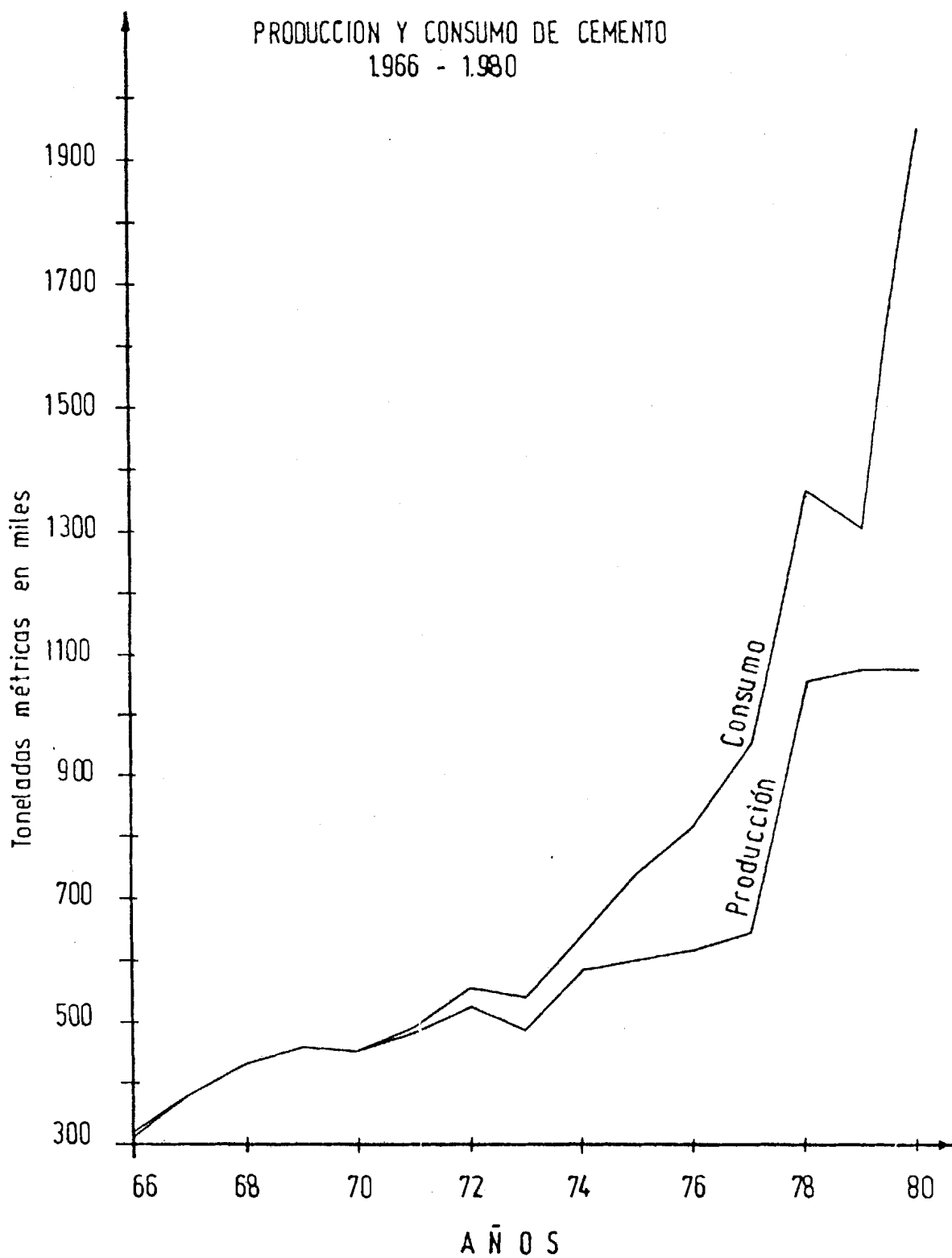


TABLA 3

## PRODUCCION DE CEMENTO 1966 - 1980

AÑO	PRODUCCION	IMPORTACION	CONSUMO	DEFICIT
1966	310.502	51,66	310.398	0.02
1967	382.398	-	382.398	-
1968	434.027	-	434.027	-
1969	456.581	0.00	456.581	-
1970	450.266	1.319.00	451.585	0.29
1971	484.336	3.218.50	487.555	0.66
1972	523.002	30.904.34	553.906	5.58
1973	483.964	54.764.80	538.729	10.17
1974	582.743	56.085.60	638.729	8.78
1975	603.289	140.081.60	743.371	18.84
1976	616.356	203.655.60	820.012	24.84
1977	645.034	305.559.30	950.593	32.14
1978	1'057.856	306.106.20	1'363.962	22.44
1979	1'075.840	230.853.10	1'306.693	17.67
1980	1'075.840	874.216.00	1'950.056	44.83

## FUENTE:

PRODUCCION: Encuesta de producción industrial 1978-1980; Encuesta de coyuntura en la industria manufacturera.

Elaborado por el Banco Central del Ecuador

IMPORTACION: Anuarios de comercio Exterior 1966-1980

Elaborados por el Banco Central del Ecuador

En la tabla N<sup>o</sup> 4 se presentan las importaciones desde 1966-1980 de diferentes tipos de cementos como: Portland Gris, Clinker, Cemento Blanco, cementos aluminosos. Importándose en ese lapso 2'450.000 ton. Siendo los principales Países importadores para los diferentes tipos de cemento, los siguientes:

Cemento Portland Gris	Colombia - Perú
Clinker	Países Europeos
Cemento Blanco	Perú - Japón
Cementos Aluminosos	EE.UU.-Alemania Occidental

En base a este análisis se puede decir, que es palpable actualmente la escases de cemento, en nuestro medio; llegando al extremo de sobrepagar el precio, de racionalizar la venta en la fábrica y la necesidad de comprar otros materiales junto al cemento, en los depósitos.

Por esto el mercado ecuatoriano ofrece amplias perspectivas positivas para la implantación de fábricas de cemento en el País.

IMPORTACIONES DE CEMENTO  
(Tomado de Anuarios de Comercio Exterior)  
Toneladas métricas

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	GRAN TOTAL
Portland	52	-	-	*	1319	3219	30904	54765	56086	140082	203656	305559	306106	230853	874216	2206817
Clinker	-	-	-		10	226	-	-	13	9019	12001	-	2	65412	82000	168683
Blanco	2150	2302		3237	3047	3464	6470	3912	3613	2924	6953	4905	8608	8493	12235	72313
	2150	2302		3237	3047	165	669	64	60	120	67	89	29	156	121	1540
Aluminoso	2302			3237	4376	7074	38043	58741	59772	152145	222677	310553	314745	304914	968572	2449353

\* 4 Kilos =0.004 Ton. métricas



## RESUMEN DE CONSIDERACIONES GEOECONOMICAS

	NAPO	PUYANGO	UNACOTA	
Generales de Contorno	Situación Geográfica	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE
	Vías de comunicación y transporte	FAVORABLE	ACEPTABLE	FAVORABLE
	Fluido eléctrico	ACEPTABLE	PERSPECTIVA	DESFAVORABLE
	Disponibilidad de agua	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE
	Mano de obra	ACEPTABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
	Otros Recursos	Arcilla-Yeso hierro-caolin combustible	Arcilla-	Arcilla- hierro-Sílice
Mineras	$CO_3Ca > 75\%$	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Contenido de Sílice	FAVORABLE	ACEPTABLE	ACEPTABLE
	Módulos de crudo	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	MH	"	"	"
	MS	"	"	"
	MA	"	"	"
	SC	"	"	"
	$MgO < 5\%$	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Técnico	Volumen del Depósito > 10 millones de toneladas.	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE
	Duración de Reservas > 50 años	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE
	Explotación	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE
Consideraciones Económicas.		FAVORABLES		

## 8. ANEXOS

## ANEXO "A"

## EVALUACION PROSPECTIVA DE UN DEPOSITO DE YESO

## GENERALIDADES

Durante el mapeo geológico regional se mencionó el depósito de yeso ubicado a 12 Km. sobre la carretera, al sur del depósito de Jachackollo del mismo que no se tenía indicios en cuanto a su composición química y tonelaje.

El depósito en mención se encuentra en la margen derecha del carretero que va a Jachackollo y es masivo de forma a largada, siendo sus dimensiones:

Longitud	400 metros
Ancho	180 metros
Altura	100 metros

Geológicamente el Depósito presenta forma Domítica, limitada al este por una falla inversa longitudinal; aflorando en rocas cretácicas. Los buzamientos medidos en rocas circundantes al Depósito presentan una misma dirección de inclinación pero con diferentes ángulos. (Ver mapa Geológico).

El análisis petrográfico de dos muestras la clasifican de roca yesífera de tipo Gipsita.

Químicamente contiene 71% de  $\text{SO}_4\text{Ca}$  equivalente al 87.7% de  $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

En cuanto a su origen existen dos hipótesis:

- Que el depósito de Yeso se ha originado por la intrusión de rocas yesíferas a través de la falla inversa, dada su menor densidad,
- Que el depósito de yeso es un cuerpo lenticular de origen sedimentario; es decir que se depositó junto con los sedimentos cretácicos.

El autor se inclina por la primera hipótesis, dada la forma del cuerpo, la carencia de estratos con buzamientos similares a los circundantes; como la falta de indicios en las paredes que lo circundan.

#### EVALUACION

En vista que el objetivo del estudio, era la evaluación de las calizas de Jachackollo y pensando en la utilización de Yeso como un elemento que sirve para retardar el fraguado del cemento; se procedió a realizar una evaluación prospectiva del depósito basado en una estimación de la calidad y cantidad mediante un muestreo estratégico y una mensura con cinta y altímetro.

Para este efecto se utilizó un mapa topográfico escala 1:2000 obtenido ampliando varias veces el mapa topográfico 1:50.000 y fotos del lugar. Procediéndose a delimitar el cuerpo y el mensuramiento del mismo.

Luego de esta primera etapa se efectuó el muestreo, siendo el mas indicado dado su aspecto masivo y configuración la construcción sistemática de pozos o perforaciones en forma de cruz. Mas por las premisas antes expuestas se hizo un muestreo superficial estratégico para lo cual se realizó un hueco en la superficie de 40 cm. de profundidad extrayéndose una muestra fresca que era registrada y ubicada para su posterior envío al Laboratorio; obteniéndose así: Cinco muestras de las cuales dos para Peso Específico y tres para análisis químico.

Para efectuar el cálculo de reservas se elaboraron cuatro perfiles de reservas longitudinales tomándose como límite inferior de explotación, cinco metros abajo de la cota inferior (ver corte 4-4'); en base a que no es justificable una explotación mas abajo de dicha cota para un material no metálico. Así con un planímetro se calcularon las áreas a cada perfil del cual se obtuvieron un promedio y se multiplicó por la distancia entre perfiles extremos; obteniéndose así el volumen del material que multiplicado por la densidad se dió el tonelaje. Este resultado se lo disminuyó en un 10%

como factor de seguridad en vista de la falta de un levantamiento topográfico a detalle, de pozos de sondeos y muestreo sistemático.

Los cálculos efectuados dan un total de reservas de - 5797.394.7 ton. corregidas.

#### UTILIDADES

El depósito presenta un volumen apreciable de reservas de una calidad muy buena lo cual puede utilizarse como:

- Material retardador de fraguado: cuyo primer centro de consumo sería la fábrica de cemento Viacha, ubicada a 16 Km. al sur del Alto la Paz, o ser exportada a fábricas peruanas a través del puerto de Escoma ubicado a orillas del Lago Titicaca. Se puede también utilizar para su procesamiento en una planta y obtener productos utilizables en la industria de la construcción y decorados.

CUADRO DE RESERVAS PROSPEC'

YESO

PERFILES Nº	AREA MEDIA m. <sup>2</sup>	DISTANCIA m.	VOLUMEN m. <sup>3</sup>	P. E.	TONELADAS	CORRECCION %	TONELADAS CORREGIDAS
1-2	19047.60	59.50	1'133 332.20	2.20	2'493 330.80	-10	2'243 997.80
2-3	17682.10	59.50	1'052 084.90	2.20	2'314 586.70	-10	2'083 128.10
3-4	12480.00	59.50	742560.00	2.20	1'633632.00	-10	1'470268.80
TOTAL					6'441 549.50		5'797 394.70

REFERENCIAS:

AREAS

AREA 1 = 17551.00 m<sup>2</sup>  
 AREA 2 = 20544.20 m<sup>2</sup>  
 AREA 3 = 14820.00 m<sup>2</sup>  
 AREA 4 = 10140.00 m<sup>2</sup>

ANALISIS QUIMICO

MUESTRA 100 = 71.30 % Ca SO<sub>4</sub>  
 MUESTRA 101 = 71.10 % Ca SO<sub>4</sub>  
 MUESTRA 102 = 71.90 % Ca SO<sub>4</sub>  
 PROMEDIO = 71.43 % Ca SO<sub>4</sub>

PESO ESPECIFICO

P.E. (1) = 2.21  
 P.E. (2) = 2.23  
 PROMEDIO = 2.22



AFLORAMIENTO DEL YESO VISTO DESDE EL NORTE





AFLORAMIENTO DEL YESO VISTO DESDE EL SUR

A N E X O B

ANALISIS PETROGRAFICOS Y FOTOGRAFIAS DE LAMINAS  
DELGADAS

---

°Lab.: 2823

N°Campo: 2055

LGN.: 1128

Interesado: Sr. Washington Vilema

Procedencia: No especificada

Fecha : La Paz, Junio 1° de 1.979

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Caliza de color castaño rojizo y textura microcristalina (grano fino).

Se compone principalmente de carbonatos de la serie de la calcita, que son muy fácilmente solubles en HCl diluido.

Contiene cemento hematítico abundante, que produce la coloración rojiza predominante.

## DESCRIPCION MICROSCOPICA:

## MINERALOGIA.-

Calcita (Micrita): Es el constituyente mayoritario del espécimen rocoso.

Se conforma agregados micro o criptocristalinos de individuos romboidales, subhedrales o anhedrales, de 5 micrones de diámetro (o menos) que son típicos de ambientes marinos batiales o abisales (fango micrítico).

La micrita es incolora (en nicols paralelos) cuando está intacta. Pero generalmente está impregnada por hematita microcristalina de color castaño rojizo y además contiene materia orgánica bituminosa, que produce en parte una coloración castaño pardosa o pardo-grisácea, que ópticamente se comporta como una sustancia isotrópica. Mientras que la micrita pura es fuertemente birefringente (con colores de interferencia brillantes).

. Calcita (Esparita) : La esparita se encuentra diseminada entre los agregados micríticos, donde reemplaza pequeñas cavidades y estructuras fósiles de solo 180-540 micrones de diámetro.

La esparita es totalmente incolora (en nicóles paralelos) y libre de impurezas. Presenta tonos de interferencia rosados o castaño claros y es fuertemente birrefringente.

Cristalográficamente presenta un buen desarrollo de las formas romboédricas subhedrales o anhedrales, clivaje perfecto según  $(10\bar{1}0)$  y macla polisintética conspicua.

Las formas fósiles rellenas por esparita tienen contorno circular, elíptico o elongado y parecen corresponder a braquiópodos microscópicos.

Sin embargo, este tipo de observaciones son generalizadas y el presente informe petrográfico requiere otro complementario, de parte de un especialista en Micropaleontología.

. Cuarzo: El cuarzo es un constituyente accesorio difundido en toda la roca, en pequeño porcentaje.

Consiste de gránulos angulares o subangulares de notorio origen detrítico, que suelen tener 10-30 micrones de diámetro y se hallan siempre diseminados entre los agregados micríticos.

Poseen extinción recta, bordes netos y rara vez se hallan fracturados.

. Magnetita: Consiste - este accesorio - de granulos angulares o subangulares de 15 - 25 micrones de diámetro, que se encuentran diseminados en la micrita, en exigua cantidad.

La magnetita se reconoce (con luz reflejada) por su caracter isotrópico, facetamiento cúbico y color gris acero en superficie fresca. Pero muchas veces sus gránulos están martitizados (alterados pseudomórficamente a hematita secundaria, de color castaño rojizo).

e, Muscovita: Conforman una pequeña cantidad de escamas de 30-40 micrones de longitud, que se hallan diseminadas esporádicamente entre los carbonatos.

La muscovita se destaca por su clivaje basal perfecto, ausencia de pleocroismo y colores de interferencia muy brillantes (verde, rosado salmón, etc). Su concentración es pequeña. Es un constituyente accesorio de la roca.

2. TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura microcristalina de grano fino ("micrítica").

Sus principales estructuras son los microfósiles redondeados de composición esparítica, diseminados homogéneamente en todo el espécimen.

3. COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

	Micrita (bituminosa)	-	87.7 %
<u>Calcita</u> (93.3 %)	Esparita (Fósiles)	-	5.6 %
	Cuarzo (detrítico)		2.4 %
	Magnetita		0.4 %
	Hematita (Impregnaciones)		3.7 %
	Muscovita		0.2 %
	Total		100.0 %

4. Nombre de la Roca: MICRITA ( CALIZA MICRITICA)

Analizado Por:  Ing. Waldo Avila S.

grs.

Nº de LAB: 2830

Nº de Campo: 2062

LGN: 1129

Interesado : Sr. Washington Vilema-Depto.de Geología Económica

Procedencia: No especificada

Fecha : La Paz, 1º de Junio de 1979

ANALISIS PETROGRAFICO(P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Caliza de color castaño rojizo y textura microcristalina (grano fino).

Está constituida por carbonatos de la serie de la calcita, muy fácilmente solubles en HCL diluido (efervescencia fuerte).

Posee estructuras microfósiles de 1 mm. de diámetro o menos y abundante cemento hematítico.

DESCRIPCION MICROSCOPICA1.- MINERALOGIA

2) Calcita (Microesparita): La microesparita es el constituyente mineral mas abundante en la roca. Constituye agregados microcristalinos - (en "mosaico"), compuestos por una elevada cantidad de individuos euhedrales o subhedrales de 30-90 micrones de diámetro, que son totalmente incoloros (en nicoles paralelos), cuando carecen de impurezas.

Pero es frecuente observar en ellos impregnaciones férricas de color castaño rojizo (hematita), que le comunican tonos de interferencia oscuros, en tanto que la microesparita pura posee colores de interferencia rosados o castaños. Además presenta una elevada birrefringencia, clivaje - romboédrico perfecto y maclas lamelares según (1010).

b) Calcita (Esparita): La esparita es menos frecuente que la microesparita a la que acompaña. Por lo general la esparita constituye el relleno de pequeñas cavidades de forma irregular y también el relleno carbonático de estructuras fósiles que parecen pertenecer a braquiópodos pequeños. Caracterizados por formas circulares, o elípticas de 300-900 micrones de longitud: donde se aprecian ocasionalmente conchillas de complicada estructura histológica reemplazadas por esparita.

Este punto de vista, sin embargo, deberá ser complementado por otro informe de un especialista en Micropaleontología.

La esparita rara vez presenta cristales euhedrales, comúnmente es seudomórfica de los organismos fósiles o constituye individuos anhedrales, -

que ópticamente se destacan por ser incoloros en nicoles paralelos. Presenta una fuerte birrefringencia y tonos de interferencia brillantes - (rosado, castaño claro etc.).

Habitualmente el mineral se destaca por su clivaje romboédrico perfecto y maclas lamelares bien desarrolladas.

c) Cuarzo: El cuarzo es escaso. Constituye una pequeña cantidad de granulos subangulares a angulares, de 30-90 micrones de diámetro, que se hallan diseminados entre los carbonatos. Presenta generalmente extinción recta y bordes netos y carecen de fracturas. Se trata de una variedad de trítica de cuarzo depositada en un ambiente litoral o nerítico.

d) Magnetita: Comprende una exigua cantidad de granulos subangulares o angulares pequeños (entre 15-45 micrones de diámetro) que se encuentran diseminados esporádicamente entre los agregados microesparíticos. Por lo general los clastos de magnetita se hallan martitizados (alterados a hematita secundaria, de color castaño rojizo), pero es posible apreciar el caracter isotrópico (opaco) del mineral original, así como vestigios del clivaje octaédrico.

2.- TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura hipidiomórfica microcristalina, debido a la abundancia de microesparita.

Las principales estructuras son las formas fósiles reemplazadas por esparita, que se atribuyen a braquiópodos microscópicos.

COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Calcita	{	Microesparita	90.7%
		Esparita	6.4%
		Cuarzo	0.5%
		Magnetita	0.2%
		Cemento hematítico	<u>2.2%</u>
		Total	100.0%

A.- Nombre de la roca: CALIZA MICROESPARITICA  
(MICROESPARITA)

Analizado por: Ing. Waldo Avila S.

rac/



Lámina 1128—Objetivo 6.3x — Nícoles paralelos.  
Vista panorámica con estructura fósil (Briozoos).



Lámina 1129—Objetivo 6.3x — Nícoles paralelos.  
Vista panorámica de esparita (cavidad), con macla lamelar y clivaje romboédrico.



Nº de LAB: 2824                      Nº de Campo: 2056                      LGN: 1130

Interesado : Sr. Washington Vilema-Depto.de Geología Económica

Procedencia: No especificada

Fecha : La Paz, Junio 4 de 1979

### ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Caliza de color gris claro y textura microcristalina (grano fino).

Está constituida principalmente por carbonatos de la serie de la calcita, que son fácilmente solubles en HCL diluido, con gran efervescencia de CO<sub>2</sub>.

DESCRIPCION MICROSCOPICA:

#### 1.- MINERALOGIA

a) Calcita (Micrita): La micrita es el principal constituyente mineralógico de la roca. Comprende agregados micro o criptocristalinos de individuos romboédricos subhedrales o anhedrales, de 10 micrones de diámetro o menos que adoptan un hábito masivo y pulvurulento (fango calcáreo).

La muscovita es incolora en nicoles paralelos si se encuentra pura, pero comúnmente está asociada a partículas criptocristalinas de arcilla indeterminada de color gris o a impregnaciones amarillentas de goethita.

El mineral se caracteriza por su grano fino, birrefringencia elevada y tonos de interferencia castaño claro o castaño amarillento. Es abundante.

b) Calcita (Microesparita): La microesparita presenta un moderado porcentaje en el total de la roca. El mineral resulta de un proceso de desmicritización del fango calcáreo en torno a pequeñas cavidades de disolución, de 180-540 micrones de diámetro donde se observan agregados de romboédros microesparíticos, de textura en "mosaico" que cristalizan de la periferie al centro de la cavidad. No siendo infrecuente apreciar en el núcleo cristales de esparita de 90 micrones de diámetro o más, en tanto que los individuos microesparíticos tienen comúnmente entre 20-50 micrones de diámetro. Los microcristales de microesparita se destacan por su hábito subhedral o anhedral, ausencia de impurezas ferrosas. Son incoloros en nicoles paralelos y adoptan brillantes tonos de interferencia con el empleo del polarizador.

Por lo general es poco perceptible el clivaje romboédrico y la macla lamelar, que se destaca en los escasos individuos de esparita, que están in-

timamente asociados.

Tanto la microesparita como la esparita se hallan en parte alteradas a aragonita secundaria, que se distingue por una birrebringencia más elevada, relieve óptico menor y colores de interferencia brillantes y conspícuos (rosado, verde, carmesí, salmón etc)

Además la aragonita destruye el clivaje romboédrico de las variedades - cristalinas de calcita a las que reemplaza.

La microesparita constituye también el relleno de pequeñas fisuras, transformadas en pequeñas vetillas de 30-40 micrones de espesor y escasa longitud (2000-3000 micrones).

c) Cuarzo: Se observa una reducida cantidad de este accesorio en el espécimen rocoso. El cuarzo comprende generalmente gránulos subangulares o - angulares, de 20-35 micrones de diámetro, que yacen diseminados esporádicamente entre los agregados micríticos.

El mineral posee extinción recta y sus gránulos ofrecen bordes netos angulosos.

d) Magnetita: Este accesorio se halla muy disperso en la roca, bajo la forma de gránulos subangulares, de 15-20 micrones de diámetro.

La magnetita se reconoce por su caracter isotrópico (opaco), color gris - acero en superficie fresca; pero corrientemente los gránulos se hallan martitizados en los bordes (alterados a hematita secundaria).

e) Formas fósiles: A diferencia de otras muestras examinadas, el espécimen presenta un reducido porcentaje de formas microfósiles indeterminadas (tal vez de braquiópodos) de 90-180 micrones de longitud y formas elipsoidales; que estan constituidas por individuos microesparíticos. Su origen es materia de un informe micropaleontológico adicional

2.- TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura microcristalina de grano muy fino, a consecuencia de la abundancia de micrita Sus principales estructuras son las vetillas y cavidades de microesparita, producidas por un proceso de desmicritización.

3.- COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

<u>Calcita</u>	{	Micrita	88.1%
		Microesparita(y aragonita)	8.6%
		Esparita (y aragonita)	0.8%

# SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

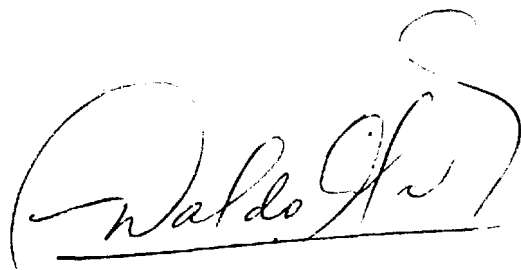
No. II3

Arcilla (indeterminada)	1.8%
Cuarzo	0.2%
Magnetita	0.1%
Goethita	0.4%

---

Total 100.0%

4.- NOMBRE DE LA ROCA: CALIZA MICRITICA  
(MICRITA)



Analizado por: Ing. Waldo Avila S.

rac/



Lámina 1130—Objetivo 25 x — Nícoles paralelos.  
Se observa detalle de una cavidad de desmicritización.

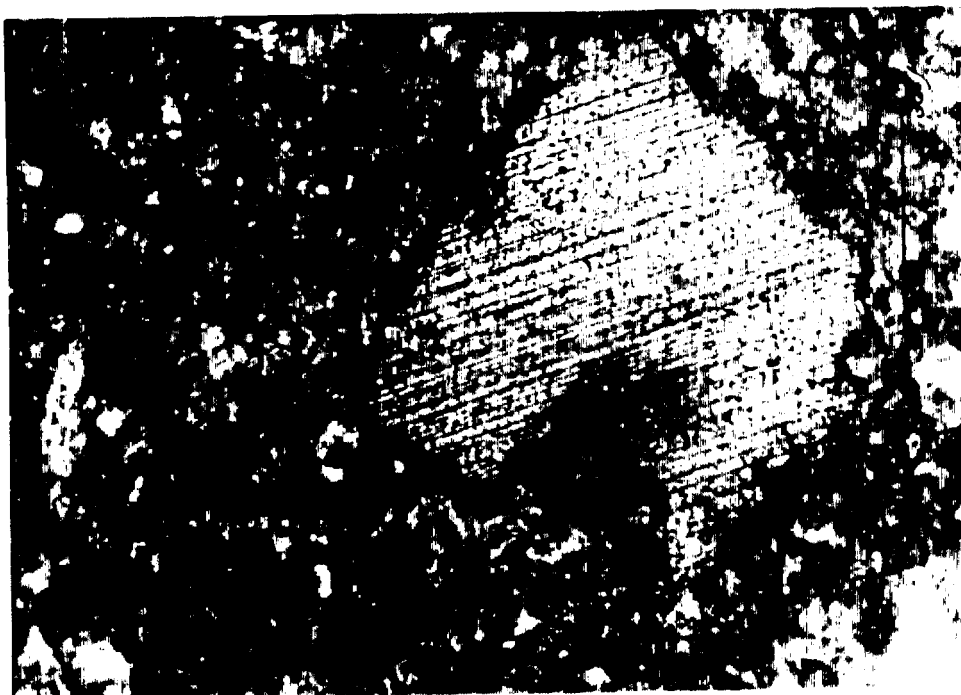


Lámina 1128—Objetivo 6.3 x — Nícoles paralelos.  
Esparita con macla lamelar relleno una cavidad

N°Lab.: 2821

N°Campo: 2053

IGN.: 1126

Interesado: Sr. Washington Vilema

Ubicación: No especificada

Fecha: La Paz, Junio 1° de 1.979

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Fragmento de un agregado de yeso de color blanco y textura hipidiomórfica holocristalina.

La roca es friable y muy deleznable.

Por esta razón el espécimen ha sido aglutinado durante su preparación.

## DESCRIPCION MICROSCOPICA:

## 1. MINERALOGIA:

a. Yeso: Es el constituyente mayoritario del espécimen rocoso. Comprende un agregado hipidiomórfico de textura en "mosaico", que está constituido por cristales anhedrales o subhedrales de 180-1200 micrones de longitud. Menos frecuentes son los individuos anhedrales, generalmente de 300-500 micrones, que son ligeramente elongados.

El yeso es incoloro y carece de pleocroismo en nicóles paralelos. Pero con mucha frecuencia contiene impregnaciones castaño-rojizas o castaño-amari-llentas de óxidos de hierro, principalmente de hematita criptocristalina. Presenta cuando puro colores de interferencia blancos o grises de 1° orden que lo distinguen fácilmente de la anhidrita, también presente en pequeña cantidad.

El yeso posee cristales con clivaje perfecto según (010) e imperfecto según (100) y (111) que se aprecian ocasionalmente y se destacan por su hábito prismático.

La macla polisintética según (100) ("en punta de flecha") es corriente y típica de este sulfato.

b. Anhidrita: La anhidrita es muy escasa. Se deriva de la alteración secundaria yeso al que recubre y reemplaza pseudomórficamente en el núcleo o los bordes de algunos cristales.

La anhidrita se reconoce fácilmente por su birrefringencia mayor, clivaje perfecto según (010) y (100) que son muy conspicuos, así como por sus brillantes colores de interferencia (rosados, verdes, etc).

c. Aragonita: Este carbonato se presenta diseminado en exiguo porcentaje en forma de inclusiones microcristalinas contenidas en fenocristales de yeso, que generalmente tiene 20-30 micrones de diámetro.

La aragonita se reconoce sin dificultad debido a su fuerte birrefringencia y caracter biaxial que la distingue de la calcita.

Es incolora en nicols paralelos, pero adoptan brillantes tonos de interferencia, con el empleo de polarizador.

Los microcristales tienen clivaje imperfecto según (010) y generalmente poseen hábito euédrico, con cortes basales predominantes.

La aragonita tiene además un pronunciado relieve que la destaca dentro de los fenocristales de yeso. Su concentración es pequeña.

2. TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca tiene textura hipidiomórfica holocristalina, muy homogénea y compacta, casi carente de cavidades conformando un verdadero "mosaico" policristalino.

3. COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA:

Yeso	95.4 %
Anhidrita	2.4 %
Impregnaciones de	
Hematita	1.9 %
Aragonita	0.3 %
Total	<u>100.0 %</u>

Nombre de la roca: YESO (GIPSITA)

Analizado por: Ing. Waldo Avila S.

N°Lab.: 2822

N°Campo: 2054

LGN.:1127

Interesado: Sr. Washington Vilema

Procedencia: No especificada

Fecha : La Paz, Junio 1° de 1.979

ANALISIS PETROGRAFICO (P<sub>1</sub>)

DESCRIPCION MACROSCOPICA: Muestra de yeso de color blanco y textura hipidiomórfica de grano medio.

Contiene además del yeso pequeñas acumulaciones de arcilla de color gris, que rellenan cavidades y quedan una ligera orientación respecto de la estratificación.

El espécimen es semejante a la muestra N°Campo: 2053.

## DESCRIPCION MICROSCOPICA:

## 1. MINERALOGIA:

a. Yeso: El yeso es el constituyente mayoritario de la roca. Consiste de agregados hipidiomórficos de textura en "mosaico", conformados por cristales prismáticos euhedrales o subhedrales, y en menor proporción anhedrales, de tamaño variable entre 180-3000 micrones de longitud, que comunmente adoptan un hábito prismático ligeramente elongado. Muchos de ellos tienen dimensiones fenocristalinas (entre 1000-2500 micrones de largo, en término medio) y están asociados a los individuos más pequeños (entre 200-500 micrones) para constituir una trama compacta, con escaso porcentaje de cavidades y espacios porales. Desde un punto de vista óptico el yeso se caracteriza por ser totalmente incoloro en nicoles paralelos, cuando no está contaminado de impregnaciones de hematita castaña que suelen situarse en los bordes de los cristales.

Posee tonos de interferencia grises o blancos de 1°orden (con el empleo de polarización).

Cristalográficamente se aprecia un predominio de la forma (010) sobre (100) y (001).

El clivaje según (010) es perfecto, mientras que según (111) y (100) es imperfecto y poco perceptible.

La macla polisintética según (100) (en punta de flecha o "cola de golondrina") está presente en muchos casos y tipifica a esta especie mineral.

Generalmente el yeso se altera fácilmente a anhidrita secundaria, que recubre parcialmente a algunos fenocristales.

b. Anhidrita: Este sulfato está muy extendido en el espécimen rocoso, pero en reducido porcentaje. Resulta de la alteración pseudomórfica del yeso al que recubre y reemplaza a veces pseudomórficamente, en algunos cristales, alojándose preferentemente en los planos del clivaje prismático.

La anhidrita se identifica fácilmente por ser totalmente incolora (nicos paralelos) más birrefringente que el yeso. Además posee clivajes perfectos, entrecruzados ortogonalmente según (010) y (100),

Otro caracter distintivo está dado por sus brillantes colores de interferencia (rosado, verde, carmesí, etc).

c. Aragonita: Comprende una reducida cantidad de microcristales euédrales de 25-40 micrones de diámetro, que se situan en la estructura cristalina del yeso fenocristalino, del que se diferencian por su elevada birrefringencia y conspicuo relieve óptico, clivaje prismático imperfecto, y caracter biaxial.

Su concentración es exigua.

d. Arcilla (indeterminada): Constituye agregados criptocristalinos de color pardo grisáceo, por impregnaciones ~~férricas~~, que rellenan cavidades pequeñas en el mosaico cristalino del yeso. El mineral no ha podido ser diferenciado específicamente, por que sus partículas muy diminutas exceden el límite de resolución del microscopio petrográfico y requiere de un examen de difracción de rayos X para su identificación.

Constituye generalmente agregados de textura afieltrada que guardan una ligera orientación respecto de la estratificación. Su concentración es reducida.

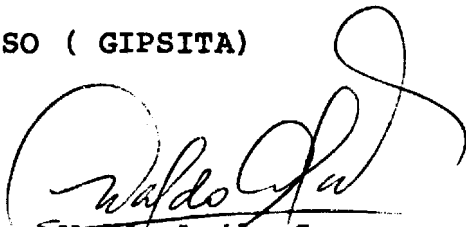


2. TEXTURA Y ESTRUCTURA: La roca posee una textura hipidiomórfica holocristalina, de tipo "mosaico" producida por la acumulación de cristales de yeso. Su principal estructura es la estratificación, poco perceptible en sección delgada; mediante la orientación de las partículas arcillosas.

3. COMPOSICION PORCENTUAL OBSERVADA

Yeso	94.2 %
Anhidrita	3.7 %
Aragonita	0.2 %
Hematita (Impregnaciones)	1.4 %
Arcilla (indeterminada)	0.5 %
Total	<u>100.0 %</u>

4. Nombre de la roca: YESO ( GIPSITA)



Analizado por: Ing. Waldo Avila S.

grs.



Lámina 1126 – Objetivo 6.3 x – Nícoles cruzados.  
 Yeso con pequeña alteración a anhidrita en los bordes.



Lámina 1127 – Objetivo 6.3 x – Nícoles paralelos.  
 Vista general de un cristal de yeso con inclusiones de aragonita.





## ANEXO C

## PLANOS

## ILUSTRACION

- 1 MAPA DE UBICACION: BOLIVIA
- 2 MAPA DE UBICACION: ZONA JACHACKOLLO
- 3 MAPA DE ANALISIS DE DRENAJE
- 4 MAPA GEOLOGICO REGIONAL JACHACKOLLO
- 5 PERFIL GEOLOGICO A-A'
- 6 PLANO GEOLOGICO-TOPOGRAFICO JACHACKOLLO
- 7 COLUMNA ESTRATIGRAFICA JACHACKOLLO
- 8 PERFIL GEOLOGICO Y DE MUESTREO JACHACKOLLO.
- 9 PLANO DE MUESTREO JACHACKOLLO
- 10 PLANO DE RESERVAS JACHACKOLLO
- 11 PERFILES GEOLOGICOS Y DE MUESTREO JACHACKOLLO.
- 12 PLANO DE RESERVAS YESO
- 13 PERFILES GEOLOGICOS Y DE MUESTREO YESO.

## BIBLIOGRAFIA

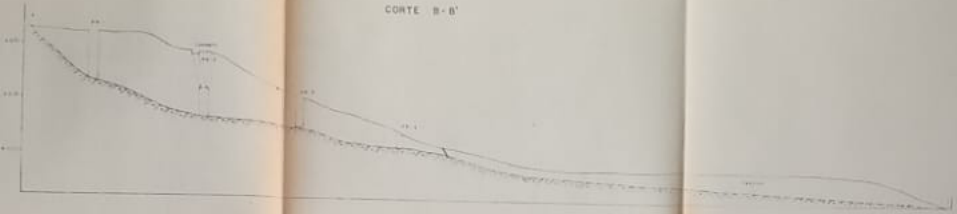
1. AHLELD F., BRANISA L. "Geología de Bolivia". Instituto Boliviano del Petróleo.
2. AMILICAR HERRERA, "Los Recursos Naturales de América Latina", - 1965.
3. BILLINGS, "Geología Estructural", Edit. Universitaria de Buenos Aires, 1974.
4. CASTAÑOS A., RODRIGO L., "Sinopsis Estratigráfica de Bolivia". Academia Nacional de Ciencias de Bolivia. 1978.
5. CEMENTO NACIONAL, Folleto "Curso del Cemento".
6. CEMENTO NACIONAL, Folleto "Molienda y Dosificación del crudo".
7. CISNEROS G., Calizas Napo (Cementos Oriente).
8. COMPTON R., "Geología de Campo", Edit. Pax - México, 1970.
9. CORPORACION DE INGENIEROS CONSULTORES, "Cementos Cotopaxi", 1975.
10. ECHEVERRIA M., Tesis de grado, 1977.
11. LAHBAN O., "Prontuario del Cemento" III Edición 1970.
12. MUÑOZ REYES, "Geografía de Bolivia", 1977.
13. ORUS. "Materiales de Construcción", Edit. Dossat, 1977.
14. PALADINES, "Prospección y Evaluación Preliminar de las calizas del río Puyango, 1976.
15. RECURSOS NATURALES-GEOBOL, "Prospección de rocas calcáreas en las zonas de Pacobamba y Cariquina.



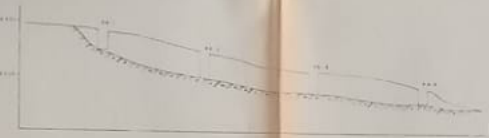
CORTE C-C'



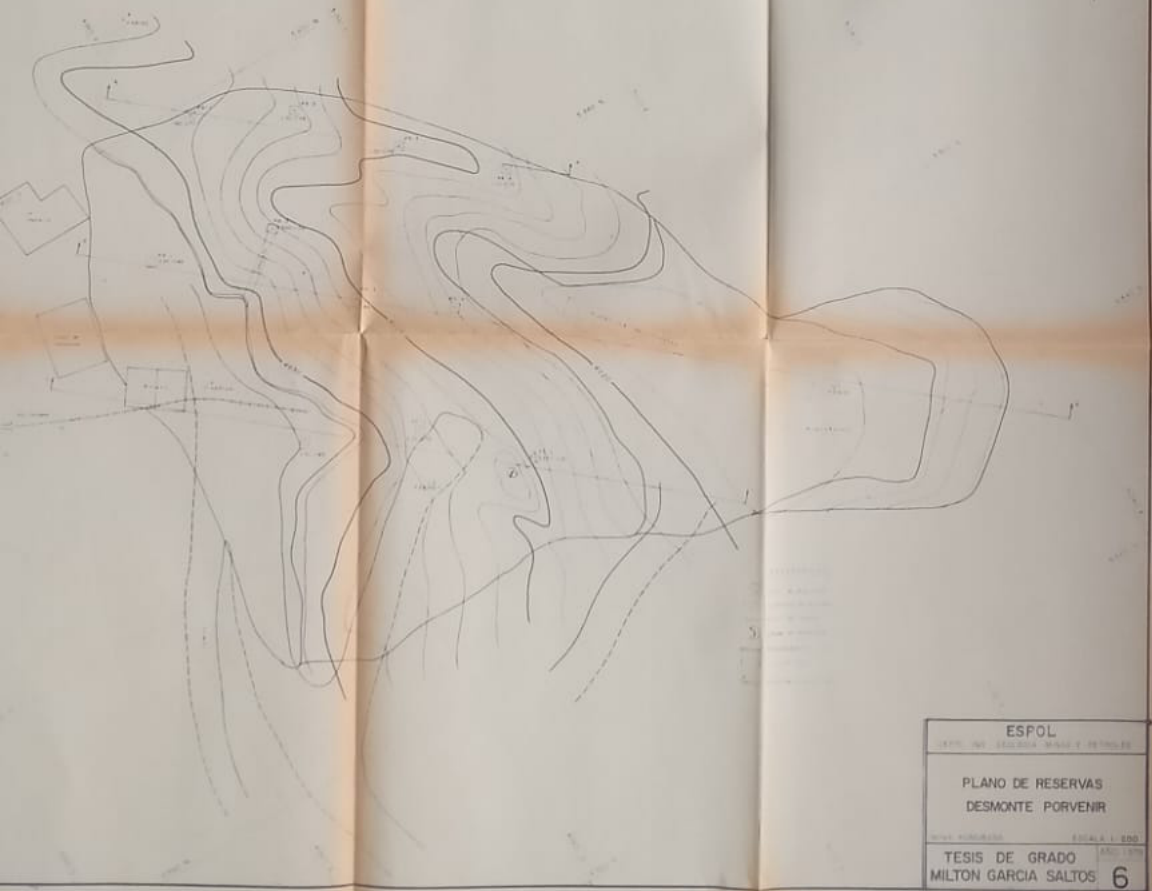
CORTE B-B'



CORTE A-A'



RESERVA DESMONTE PORVENIR				
CLASE POSITIVA				
ANCHO DE CARRETERA	ANCHO DE CARRIL	ANCHO DE BARRERA	ANCHO DE CANTONERA	ANCHO DE BARRERA
10.00	3.00	1.00	1.00	1.00
10.00	3.00	1.00	1.00	1.00



ESPOL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

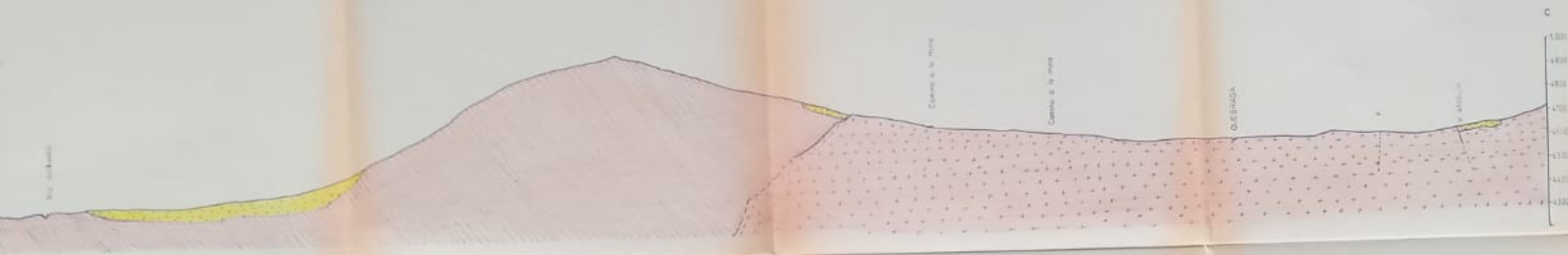
PLANO DE RESERVAS  
DESMONTE PORVENIR

Escala 1:500

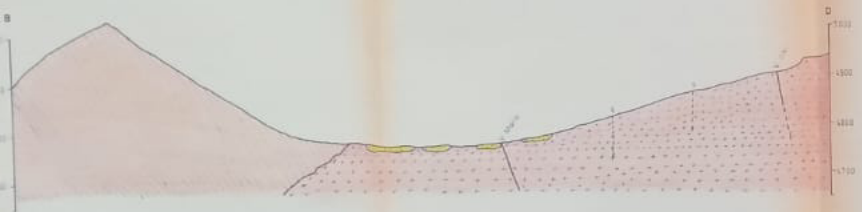
TESIS DE GRADO  
MILTON GARCIA SALTOS

6





Escala Horizontal 1:4000  
Escala Vertical 1:10 000



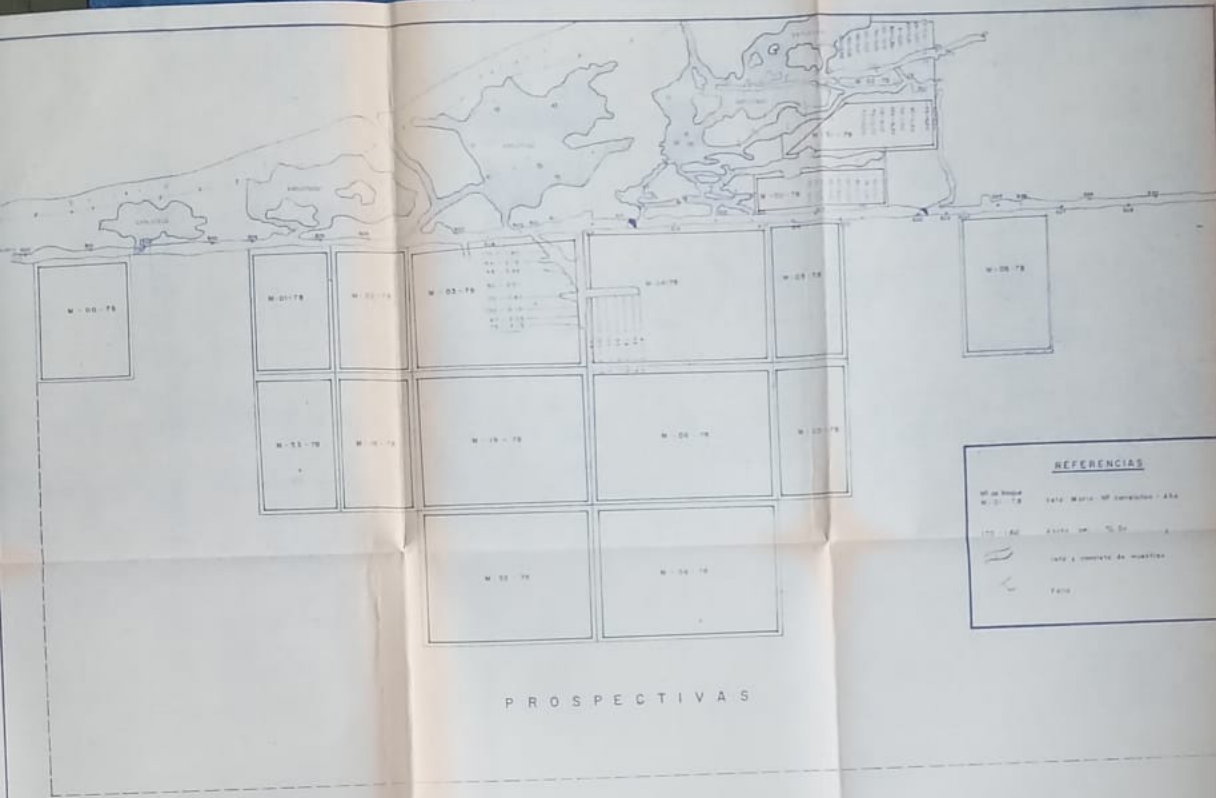
Escala Horizontal 1:4000  
Escala Vertical 1:5000

LEYENDA

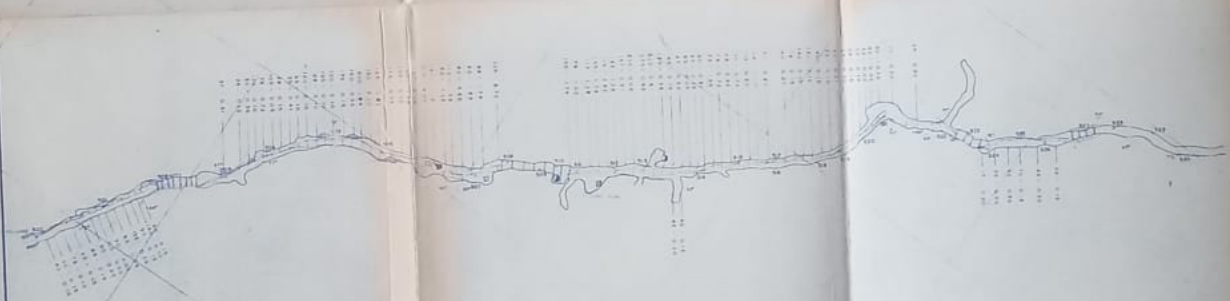
- |  |                            |                            |
|--|----------------------------|----------------------------|
|  | Depositos Coluviales       | CUATERNARIO                |
|  | arenales (gradientes)      | TERCIARIO                  |
|  | Lutitas Areniscas, Limañas | ORDOVISICO NO DIFERENCIADO |
|  | Contactos                  |                            |
|  | Fallas                     |                            |
|  | Vetas                      |                            |

<b>ESPOL</b> DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO	
PERFILES GEOLOGICOS	
Mesa Numeral	
TESIS DE GRADO MILTON GARCIA SALTOS	
	1-a





PROSPECTIVAS



ESPOL  
 DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO DE MUESTREO  
 Y PLANIFICACION DE RESERVAS  
 VETA MARIA

MINA NUMERALAS ESCALA 1:500

TESIS DE GRADO AÑO 1978  
 MILTON GARCIA SALTOS 3a

RESERVAS  
COLAS DE INGENIO

Clase POSITIVA

SECCION	T.M.B.	% de	T.M.F.
I	400.00	1.20	1.50
II	100.00	0.30	0.30
III	141.91	0.41	5.54
IV	100.00	0.04	15.73
V	100.00	1.00	15.80
VI	100.00	1.00	15.80
VII	100.00	1.00	15.80

REFERENCIAS

- I
- II
- C-1
- C-2
- C-3
- C-4
- C-5
- C-6
- C-7
- C-8
- C-9
- C-10
- C-11
- C-12
- C-13
- C-14
- C-15
- C-16
- C-17
- C-18
- C-19
- C-20
- C-21
- C-22
- C-23
- C-24
- C-25
- C-26
- C-27
- C-28
- C-29
- C-30
- C-31
- C-32
- C-33
- C-34
- C-35
- C-36
- C-37
- C-38
- C-39
- C-40
- C-41
- C-42
- C-43
- C-44
- C-45
- C-46
- C-47
- C-48
- C-49
- C-50
- C-51
- C-52
- C-53
- C-54
- C-55
- C-56
- C-57
- C-58
- C-59
- C-60
- C-61
- C-62
- C-63
- C-64
- C-65
- C-66
- C-67
- C-68
- C-69
- C-70
- C-71
- C-72
- C-73
- C-74
- C-75
- C-76
- C-77
- C-78
- C-79
- C-80
- C-81
- C-82
- C-83
- C-84
- C-85
- C-86
- C-87
- C-88
- C-89
- C-90
- C-91
- C-92
- C-93
- C-94
- C-95
- C-96
- C-97
- C-98
- C-99
- C-100



ESPOL  
 DEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETROLEO

PLANO DE RESERVAS  
 COLAS INGENIO  
 (RELAVES)

MINA HUMORANA      ESCALA 1:500

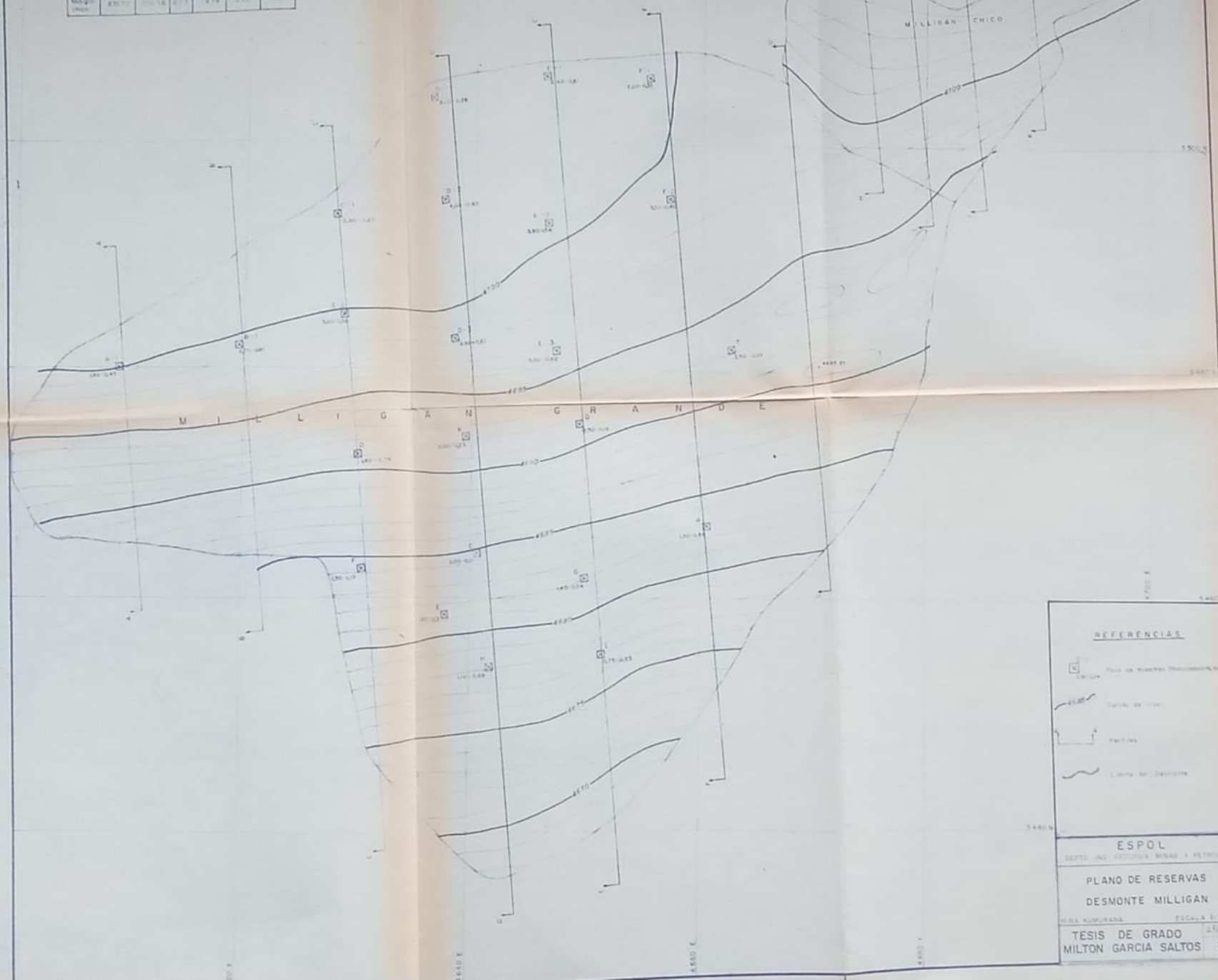
TESIS DE GRADO  
 MILTON GARCIA SALTOS

AÑO 1974  
 7

## RESERVAS DESMONTE MILLIGAN

## CLASE POSITIVA

RESERVA	VOLUMEN M <sup>3</sup>	VOLUMEN %	P.L.	T. 30.0	T. 30.0	T. 30.0
Milligan grande	8391.60	70.92	2.73	8.475	0.55	107.30
Milligan chico	2307.72	19.08	0.71	2.19	0.22	4.27



## REFERENCIAS

- PUNTO DE INTERES (COLUMBIANISMO)
- Contorno de 10m
- Pistas
- Límite del Desmonte

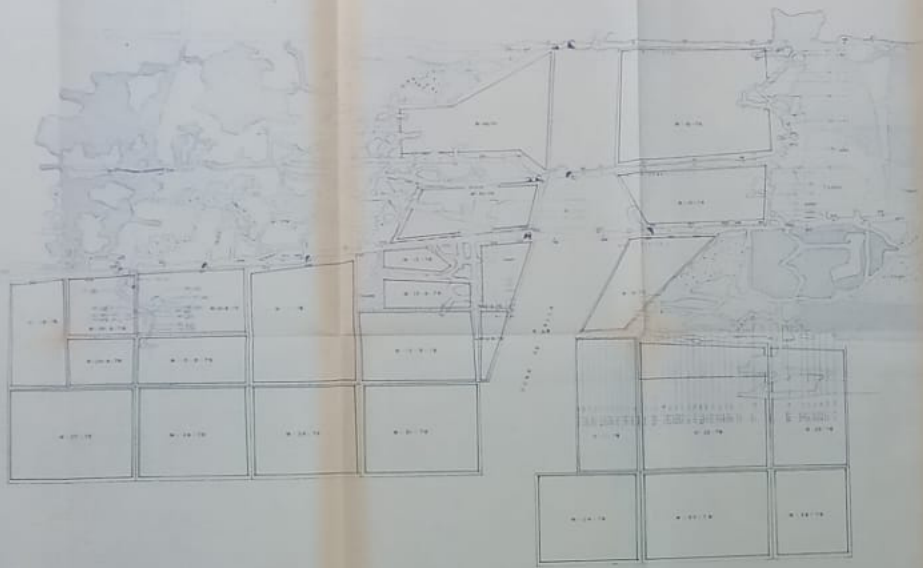
## ESPOL

SEPTO. ING. GEOLOGIA MINAS Y PETRO.

PLANO DE RESERVAS  
DESMONTE MILLIGAN

MILTA AGUIRREANA ESCALA 1:2

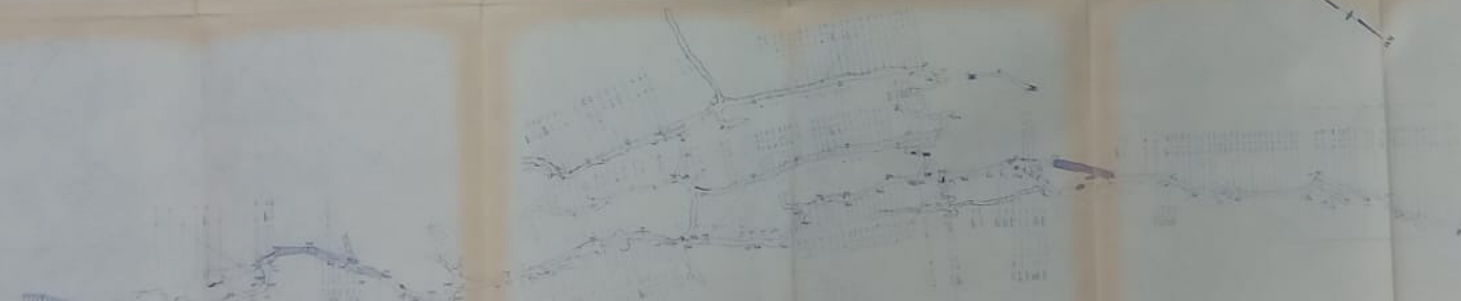
TESIS DE GRADO  
MILTON GARCÍA SALTOS

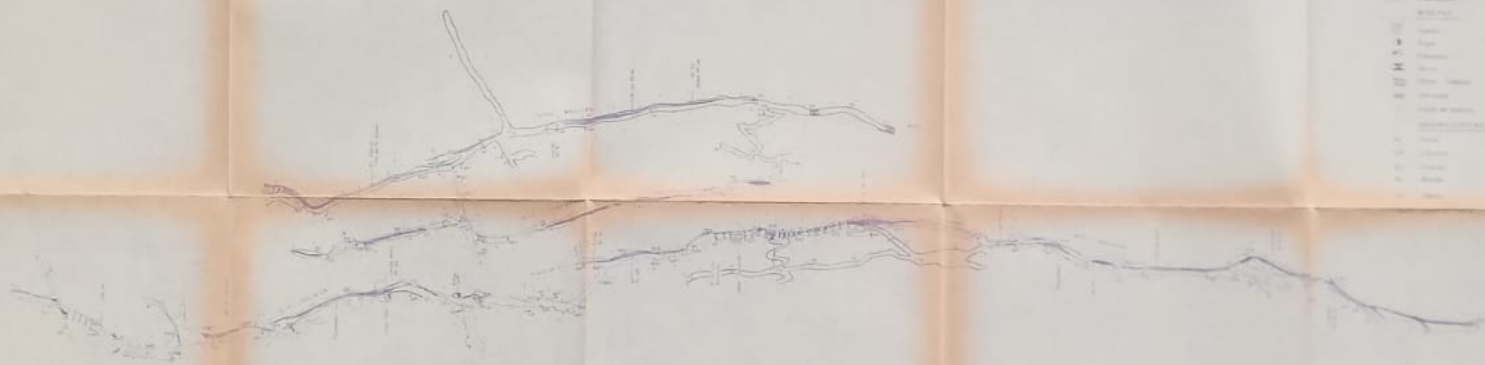


REFERENCIAS

- Reservas
  - Tipos
  - Areas de Interés
  - Reservas Reservadas
  - Reservas Prohibidas
  - Reservas Prohibidas
  - Reservas Prohibidas
- Muestreo Individualizado
- A. Fracción M
  - B. Fracción Central
  - C. Fracción S

PROSPECTIVAS





- LEYENDA**
- Límite de la zona estudiada
  - Límite de la zona de estudio
  - Límite de la zona de explotación
  - Límite de la zona de explotación (segunda etapa)
  - Límite de la zona de explotación (tercera etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarta etapa)
  - Límite de la zona de explotación (quinta etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sexta etapa)
  - Límite de la zona de explotación (séptima etapa)
  - Límite de la zona de explotación (octava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (novena etapa)
  - Límite de la zona de explotación (décima etapa)
  - Límite de la zona de explotación (undécima etapa)
  - Límite de la zona de explotación (duodécima etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treceava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (catorceava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (quinceava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (dieciséisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (diecisieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (dieciochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (dieinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veinteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintiunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintidosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintitresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veinticuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veinticincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintiseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintisieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintiochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (veintinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintidosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintitresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treinticuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treinticincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintiseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintisieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintiochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (treintinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cuarentinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cincuentinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentaochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (sesentinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentaochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (setentinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentaochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (ochentinueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventaunaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventadosaava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventatresava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventacuatroava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventacincoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventaseisava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventasieteava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventaochoava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (noventainueveava etapa)
  - Límite de la zona de explotación (cienava etapa)

ESPOL  
 DEPTO. ING. GEOLOGIA, MINAS Y PETROLOGIA

PLANO GEOLOGICO DE  
 INTERIOR MINA  
 VETA MARIA

MINA VETA MARIA      ESCALA 1:500

TESIS DE GRADO      AÑO 1977  
 MILTON GARCIA SALTOS      2b

