

00017182

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

FACULTAD DE GEOLOGIA Y GEOFISICA

Catedra de Hidrogeología

e

Ingeniería Geológica

TRABAJO DE DIPLOMA

" ESTUDIO DE LAS CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS DEL
YACIMIENTO FELDESPATO PURNIO, HOLGUIN "

DIPLOMANTE:

Censuelo Molinet Pérez

TUTOR:

Ing. Roberto Monje Fong

MOA

" 1980 "



Resumen

El presente trabajo "Estudio de las Condiciones Hidrogeológicas del yacimiento Feldespato Purnio, Holguín" consiste en realizar un estudio de las condiciones hidrogeológicas e ingeniero geológicas del yacimiento.

Este estudio fue logrado gracias a los proyectos e informes existentes del yacimiento, así como de los datos obtenidos de los trabajos de campo y de la bibliografía empleada. Estas informaciones nos permitieron obtener después de su procesamiento y elaboración, los diferentes parámetros hidrogeológicos, valorar la afluencia de aguas subterráneas y meteóricas a los frentes de cantera de donde se extrae el mineral y el cálculo para el laboreo minero futuro a cielo abierto. Además para conocer las condiciones ingeniero geológicas del yacimiento Feldespático y valorar los distintos fenómenos y procesos ingeniero geológicos que pudieran afectar los mismos.

Introducción.

En nuestro país es necesario asegurar para el desarrollo de nuestra economía diferentes ramas de la industria, en especial materia prima mineral. Tal es el caso del estudio del yacimiento de minerales no metálicos de rocas Feldespáticas ubicado cerca de Holguín, Purnio.

El yacimiento de roca Feldespática tiene como finalidad la utilización en la industria del vidrio y cerámica sanitaria, en la rama de azulejos, porcelana, etc.

A nosotros nos encomendó la Empresa de Geología en coordinación con el Departamento de Ciencias Geológicas aplicada del Instituto Superior Minero Metalúrgico la tarea de realizar un estudio cuidadoso de las condiciones hidrogeológicas e Ingeniero Geológicas del yacimiento.

Durante la valoración se desarrollaron 10 capítulos dividiéndose en Parte General y parte Especial.

La parte General en el capítulo II titulado Geología de la región y el sector fueron utilizados varios proyectos e informes, los cuales aparecen reflejados en la bibliografía abarcando en el orden los seis primeros lugares (1, 2, 3, 4, 5 y 6). Esto fue realizado con el objetivo de facilitar la descripción geológica en general.

En la parte Especial se determinaron los parámetros hidrogeológicos utilizando el régimen estabilizado y el no estabilizado, se describieron la metodología de los trabajos, así como su volumen, además de dar las características hidrogeológicas de la región y del sector, se calculó también la afluencia de agua subterránea y meteórica de los laboreos mineros a cielo abierto. Teniéndose en cuenta la composición química de las aguas y las condiciones ingeniero geológicas aunque de forma preliminar.

El procesamiento para la confección del trabajo de diploma comenzó en Septiembre y terminado en Enero del año en curso.

El trabajo consta con un total de 54 páginas donde fueron desarrollados los siguientes capítulos:

Capítulo I - Condiciones Físico Geográficas de la región.

Capítulo II - Geología de la región y el sector.

Parte Especial : Consta de los restantes capítulos

Capítulo III - Tipos, volúmenes y metodología de los trabajos.

Capítulo IV - Condiciones hidrogeológicas del sector.

Capítulo V - Quimismo de las aguas superficiales y subterráneas.

Capítulo VI - Determinación de los parámetros hidrogeológicos.

Capítulo VII - Cálculo de afluencias.

Capítulo VIII - Condiciones Ingeniero Geológicas del sector.

Capítulo IX - Análisis crítico del trabajo realizado.

Capítulo X - Conclusiones y recomendaciones.

No debo pasar por alto la colaboración ofrecida por la - Empresa de Geología de Santiago de Cuba por eso antes de terminar deseo agradecer a todos los compañeros que labo- ran en ella y en especial a los que de forma directa han contribuido a la adquisición de informaciones así como - facilidades brindadas para la confección de este traba- jo, además de ofrecer mi mayor agradecimiento al compañe- ro ingeniero Luis Roberto Monje Fong que con sus orienta- ciones y consejos ha permitido el desarrollo de este tra- bajo además de haber contado con los consultantes inge- nieros Carlos Puig , Héctor Rodríguez y Eduardo Domina- guoz.

Capítulo I

Condiciones Físico Geográficas de la región.

El yacimiento de rocas Feldespática, Purnió, se localiza según la división político administrativa en el municipio de Holguín, en la provincia de igual nombre, a unos 13 Kms al noroeste de la ciudad (ver anexo N° 1) según el Proyecto Técnico Económico Organizativo, escrito por el Ingeniero Pedro Vidal.

Las coordenadas geográficas del yacimiento referidas a la cantera son:

20° 56' de Latitud Norte

76° 23' 20'' de Longitud Oeste.

y en el sistema Lambert:

x : 546 250

y : 253 150

con una altura de 110 m, sobre el nivel del mar.

La región con afloramientos de roca Feldespática tiene una longitud aproximadamente de 13 Km orientado del - Este al Oeste un punto más bajo de 80 m sobre el nivel del mar (al sur de San Andrés) y un punto más alto - de 180 m sobre el nivel del mar (Loma de la Cueva).

I.1 Condiciones Orográficas, hidrográficas y clima.

La zona del yacimiento se ubica en un patrón de relieve moderado, de colinas de suave pendiente con partes intermedias relativamente llano. Dentro de ésta las cotas mínimas son de unos 110 m aproximadamente con valores de 180 m.

El área está limitada por alineaciones montañosas con ejes poco alargados de cimas redondeadas en dirección general de N 85 W con alturas máximas cercanas a los - 200 m.

En toda la región es característico encontrar zonas extensas con afloramiento de rocas (Tobas y Gabro) relativamente duras con escasas cubiertas de intemperismo.

4

Por el proyecto referido anteriormente, la red hidrográ-
fica es localmente simple y está formada por algunos a--
rroyos y cañadas en su mayoría secos la mayor parte del
año.

La red drena hacia el NW en dirección concordante con --
las alineaciones montañosas, hasta derivar en el río Jo-
babo, afluente del río Chaparra. El Jobabo es de caudal
escaso e intermitente con dirección resultante Noroeste.

En la zona del yacimiento de roca Feldespática, se pre--
sentan arroyos de carácter intermitente.

Hacia el Oeste del yacimiento aparece un arroyo en direc-
ción S-N cambiando luego hacia el N 290° W. Presenta una
dimensión de 2 hasta 3 m de ancho con una profundidad de
unos centímetros hasta el m, es decir, su nivel de base
de erosión es muy reducida.

En el yacimiento aparecen además 2 ó 3 cañadas.

Al Norte del yacimiento, pero ya fuera de los límites de
este se encuentra una micropresa de unos 20 - 30 m. de -
largo por 15 - 20 de ancho, la cual represa dos arroyos
(anexo N° IID).

En general estas aguas superficiales son incoloras e in-
sípidas y se presentan turbias con una temperatura de --
33° C.

Dichas aguas poseen un pH de 7,2 - 8, una dureza de 2,10
- 11,47 y una mineralización de 0,25 - 1,15 gr. Según la
clasificación de Kurlov son Hidrocarbonatadas, clorura--
das, magnesiána, sódica (ver anexo N° III).

El clima es moderado con temperatura media (Estación -
Gibara) de 29,43° C con:

Mínima absoluta 12,4° C

Máxima absoluta 35° C

Las precipitaciones poseen valores medios anuales cerca-
nos a los 1000 mm, con período de lluvia en los meses de
Mayo - Octubre y de seca en Noviembre - Marzo y con tor--
mentas ciclónicas en Septiembre y Octubre.

I.2 Características Económicas.

5

La economía de la región está relativamente diversificada aunque predomina la basada en la agricultura donde se -- producen viandas, frutas, tabaco, frijoles, café y cacao. La ciudad de Holguín posee un notable grado de desarrollo industrial que se acrecienta constantemente, lo que da -- la firme base a la economía local.

Entre sus industrias tiene cierto desarrollo la textil, cuero, calzado, alimenticia, posee centrales azucareros. Cuenta también con una planta de viviendas prefabrica-- das, mosaico, asfalto, así como la elaboración de la ma-- dera.

La economía se encuentra respaldada por la ganadería y tiene bien desarrollada la industria minera presentando una gran variedad de yacimientos minerales.

En la actualidad, cercano a la zona del yacimiento, se explotan vetas de cuarzo, oro en la planta mine-- ra de Aguas Claras, además en el yacimiento de Feldespá-- to (Purnio) se realiza la explotación mediante una -- cantera.

La población en la región de Holguín es una de las más densamente pobladas del país (población rural) con -- más de 50 habitantes por Km².

Las vías de comunicación unen al yacimiento con la ciudad de Holguín, con el poblado de San Andrés y con el -- Purnio.

El Purnio se enlaza con Holguín a través de una carrete-- ra asfaltada y con una longitud cercana a los 12 Km, es-- ta carretera continua desde el Purnio hasta San Andrés con una distancia aproximada de 10 Km. En toda la re--- gión se desarrolla una basta red de caminos, se encuen-- tra además la carretera central, la carretera de 2do or-- den Holguín-Gibara, existe además la que une la capital de región con la Playa de Guardalavaca.

Esta red se encuentra favorecida por la existencia de -- un aeropuerto así como la de un ferrocarril que la man-- tiene enlazada con el resto del país.

I.3 Datos de las investigaciones anteriores sobre el ya

cimiento.

El yacimiento fué denunciado bajo la denominación de -- "Santa Clara" el 21 de Junio de 1957, según informes -- fue registrado por el Sr. Edmundo Fernández Fernández -- como minas de sílice.

En 1958 fué realizado un reconocimiento oficial del ya- cimiento por Ibrain Rodríguez Burgos, agrimensor. Toman- do cuatro muestras para realizarle el análisis de síli- ce. Los resultados fueron entre 69,8 hasta 72,60% de sí- lice.

Ibrain deduce por la inspección visual, que este mate- rial rocoso de sílice es el resultado de la compacta- ción de la toba volcánica que también han sido concen- tradas por aguas termales silíceas de origen volcánico que dan lugar al alto contenido de sílice que tienen es- tas rocas.

Ya en Diciembre de 1960 el ingeniero H.W. Pfeffer del - ICM habia preparado un croquis geológico en escala --- 1 : 5000 con ubicación de las muestras tomadas para un análisis y con la ubicación de algunos pozos.

En 1961 el ICRM comenzó la investigación geológica del yacimiento realizandose la perforación de 118 pozos en una red aproximadamente regular de 100 x 100, 100 x 50 y 50 x 50 para las categorías C₂, C₁ y B respectivamen- te, en su mayoría pozos de laboreos mineros. En esta in- vestigación no se realizaron estudios geofísicos del ya- cimiento. Y en Mayo del mismo año fue ordenada la aper- tura de la cantera a base de proyecto preliminar cuando estuvo delimitada y comprobada la zona mejor del yaci- miento.

Desde Julio de 1961 la roca Feldespática se usa en la - preparación del vidrio blanco para envases y del vidrio ambar de San José de las Lajas.

En el informe publicado en 1962 consta la delimitación y el cálculo de reservas del yacimiento en categorías - industriales C₁ + B. A partir de este año, se utiliza - la roca Feldespática en la preparación de azulejos y de equipos sanitarios, además en la fabricación de pasti--

7

llas de cerámica en neocerámicas y en la producción de electroporcelana de baja tensión.

En fecha posterior (1965) se utilizaron ajustes y correcciones reduciéndose las categorías de reservas en este yacimiento a C_1 y C_2 alegándose la no realización de prueba y análisis en todas las capas útiles empleadas en el cálculo de reservas, así como la no inclusión en el muestreo a la totalidad en los pozos que contaron el mineral útil.

No obstante la mayoría de estos errores fueron corregidos, en el complemento al cálculo de reservas, publicado posteriormente. Extrayéndose actualmente un gran volumen de la reserva de la cantera nueva.

Capítulo II

Geología de la región y el sector (1,2,3,4,5 y 6)

II.1 Introducción.

La región de estudio corresponde a las rocas ultramáficas de la zona Auras.

La zona Auras la forma una melange, constituida principalmente por escamas y nappes de ultrabasitas y por una secuencia vulcanógeno-sedimentaria, la relación entre las formaciones es tectónica. La zona está cubierta hacia sus extremos norte y sur por depósitos terrígenos y carbonatados. En su parte central son más frecuentes los afloramientos de ultramafitas serpentinizadas y los cuerpos intrusivos de Dioritas.

II.2 Geología de la región. (VER ANEXO N°II)

El área de la región esta compuesta por rocas sedimentarias, vulcanógenas e intrusivas de acuerdo a su ubicación y al estudio realizado, así como por el tipo de deformación el territorio regionalmente pertenece a la zona Eugeosinclinal dentro del Anticlinorium de Holguín.

En el proyecto Búsqueda Detallada Piedra Holguín Gibara escrito por Hugo Merconchini se señala que en la región pueden destacarse estratigráficamente cuatro picos estructurales:

Cretácico

Paleogeno

Neogeno

Cuaternario.

En el Cretácico aparece una capa vulcanógena sedimentaria, la cual esta representada principalmente por rocas vulcanógenas: Lavas, Porfiritas Diabásicas, Diabasas, Basálticas, Andesítica Basáltica y Andesitas, en el corte abundan las Tobas de composición media y una capa Terrigeno Carbonatada representada por pequeños y numerosos remanentes de abrasión diseminados por toda la superficie y compuesta de Caliza.

La presencia de rocas volcánicas Andesitas Basalto y Tobas permite atribuir esta secuencia a la Formación Santo Domingo.

Ya en el Paleogeno aparecen la capa vulcanógena sedimentaria del Paleoceno, las rocas que la componen son muy atacables por el intemperismo encontrándose representadas en su mayoría por eluvio-deluvio. En el corte se observan Conglomerados, Areniscas, Alcarolitas, Porfiritas-Riolíticas Dacíticas y las Tobas. Existe además la capa Terrígeno Carbonatada del Eoceno. Está representada por una capa de sedimentos terrígeno-carbonatada dividiéndose en dos paquetes: el inferior Terrígeno y el superior Carbonatado según el informe de la brigada Cubano-Hungara de la Academia de Ciencias (5) todas estas rocas pertenecen a la Formación Iberia.

Haciendo un estudio de las rocas del yacimiento y partiendo de la similitud de su composición litológica con las de las rocas vulcanógenas sedimentaria del Paleoceno + permite asegurar la existencia de relación mineralógica entre ambas.

En el Neogeno existe la capa carbonatada terrígena del Mioceno. Estos sedimentos tienen una distribución muy limitada yacen discordantemente sobre las formaciones del Cretácico Inferior Medio y del Eoceno su porción superior esta compuesto por caliza y la inferior por conglomerados.

Los sedimentos del cuaternario tienen una amplia difusión. Se detectan sedimentos eluviales, deluviales, aluviales y pantanosas, aparecen además fragmentos de formaciones magmáticas.

Magmatismo.

Las formaciones del magma en la parte central y Noreste del Anticlinorium de Holguín son diversas y tienen una amplia difusión.

Las Hiperbásitas ocupan el mayor volumen de todas las rocas magmáticas.

Dentro de las formaciones existen:

- Formación Andesita Basálticas: Constituida por rocas

efusivas, son las más antiguas y entran en la composición de la capa vulcanógena sedimentaria del Cretácico. Las fundamentales en su composición son las lavas de Porfiritas, de Diabasas y Andesitas Basálticas. Observándose algunos cuerpos filonianos de Diabasas y Porfiritas de Diabasas.

- Formación Gabro Diorita Dacita: Predominantemente están representadas por bandas pequeñas de acumulaciones de diques y vetas, así como por cuerpos subvolcánicos de una configuración complicada. Se formaron por la introducción del magma básico.
- Formación Pórfidos Riolitico Dacíticos: Están representadas por formaciones tobaceas efusivas como subvolcánicas. Las primeras están presentes en la composición de la capa potente vulcanógena-sedimentaria del Paleogeno inferior y la 2da en la porción Oeste del área que constituye una serie de pequeños cuerpos en forma de domo y vetas dispuestas en forma de cadenas.

Tectónica.

El Anticlinorium de la ciudad de Holguín posee una estructura muy compleja. En su parte posiblemente inferior, posee pliegues complejos y fallados.

En la cercanía de la ciudad de Holguín las rocas vulcanógenas y terrígenas del Cretácico Superior están plegados muy intensamente, están resumidas en pliegues abruptos atravesados por numerosas intrusiones de Serpentinitas, los pliegues están extendidos en dirección sublatitudinal con buzamiento de sus planos de 45° - 85° .

Localmente se observan desviaciones de esta dirección y las rocas están inclinadas tanto al Este como al Oeste.

III.3 Geología del sector.

La litología que predomina en el área investigada son: Serpentinitas, Gabroides, Tobas, Tufitas, rocas Corneas, Lavas Rioliticas y escasos depósitos cuaternarios.

Serpentinitas:

Las serpentinitas afloran fundamentalmente al sur y son de color verde grisáceo, de estructura relectiva gruesa,

con probable origen a partir de Peridotitas. Posiblemente en la zona estudiada las rocas de más edad son las serpentinitas.

Gabroides:

Los Gabroides poseen una posición definida pero al parecer forman restos de antiguos diques que cortan tanto a las serpentinitas como a las lavas Riolíticas.

Estos Gabroides son de color gris con buen desarrollo en los cristales.

Se han encontrado rocas de este tipo abajo del Feldespato o en forma de vetas tectónicas. Los límites de ambos tipos de rocas son agudos, sin transiciones.

Fueron notificados pequeños cuerpos de pocos metros cuadrados en el área, formados por Gabroides frescos, duros, de color gris oscuro hasta negro.

Tobas y Tufitas:

Las Tobas y Tufitas son de colores verdosos a grises, de fina granulometría y con cierta proporción de cuarzo detritico, estratificadas, dentro de las cuales se han encontrado pequeños cuerpos concordantes con la estratificación de rocas ígneas básicas y de granulometría media.

Córneas:

Las rocas córneas son de color grisáceo con tonos verdes, de estructura afanítica, densa, en ocasiones conserva su estratificación en forma reláctica.

Depósitos cuaternarios:

Los depósitos cuaternarios son en su mayoría cantos y depósitos terrígenos, derivados de Tobas, Gabroides y Serpentinitas. Tienen un alto contenido de hierro.

Las gravas que forman el fondo de sedimentos aluviales son polimicticas.

Por su alto contenido de arcilla no tienen uso industrial.

Los conglomerados de grano mediano cementados por carbonatos de cal terroso, poseen granos parcialmente rodeado de un material polimicto (Riolitas, Córneas, Tobas, Gabroides, Serpentinitas). Su edad es probablemente cuaternaria.

Riolita:

La Riolita son lavas ácidas Porfiríticas de color blanco amarillento, en las cuales se encuentra el Feldespato como formador de la roca.

Al parecer según informes las rocas encajantes son las Tobas y Tufitas estratificadas las cuales en la cercanía del contacto han sido convertidas en rocas Córneas.

Cerca del límite de Riolita con rocas Córneas las rocas Feldespáticas casi siempre tienen color verdoso y más alto contenido de hierro.

A poca profundidad de la superficie (4,5 pulgadas), la roca tienen coloración un poquito parduzca, probablemente debido a la infiltración de materia orgánica. Esta capa se funde rápido y adquiere un color bastante claro.

Magnetismo:

En la zona de estudio la génesis (intrusiva o extrusiva) de la lava Riolítica no está esclarecida. Aunque el grano fino de la roca indica que el cuerno volcánico se ha formado sobre la superficie del terreno o por debajo muy cerca de la superficie.

Según el informe Final de Cálculo de Reserva en Feldespato escrito por J. Kukla se señala que por falta de afloramiento no ha sido posible estudiar la relación de Gabro a Serpentinita, sin embargo no se ha encontrado ninguna muestra de transición entre ambas rocas.. Por eso se supone que se trata de restos de vetas que han penetrado posteriormente en la serpentina y por flujo lento de serpentinitas fueron interrumpidos en lentes de pequeños tamaños.

En la región es frecuente encontrar pequeños cuerpos de Gabroides que en algunos casos cortan al cuerpo de Riolita

Tectónica:

La zona del yacimiento sigue al lado de las dislocaciones NW - SE que está acompañada por vetas de cuarzo acuífero.

La Riolita ha experimentado una intensa actividad tectónica, ello explica la presencia en esta de estructuras cata-

clásticas si bien limitadas a pequeñas zonas.

II.4 Forma de los cuernos útiles.

Por la apertura de la cantera nueva está comprobado que la homogeneidad de la Riolita es relativamente alta. La roca útil tiene su límite. Este límite probablemente es de tipo de transición continua en calidad.

El piso de la capa útil baja con una pendiente suave desde el Este al Noroeste hacia el Oeste y más brusco desde el Norte hacia el Sur.

II.5 Composición Mineralógica del Yacimiento.

Los análisis petrográficos revelan que la Riolita está formada casi exclusivamente por Plagioclasa y Cuarzo con escasos cristales de Moscovita.

La estructura de la masa es microcristalina y aplitica.

Los cristales Perfidicos son de Plagioclasas del tipo Albita Oligoclasa.

El análisis microscópico no está en contraversión para clasificar la roca como: La Riolita de grano fino, pueden ser parcialmente vidrificada al tiempo de su nacimiento generalmente con bajo contenido de hierro y parcialmente albitizada.

Dentro de las rocas Córneas y Tobas, al lado cercano de la Riolita se han encontrado huellas de silicificación en forma de granos de secreción y en forma de vetas de cuarzo finamente cristalizado. Es posible que se trate de productos de actividad hidrotermal conectada con deposición de Riolita.

Composición Química del yacimiento.

En el yacimiento el quimismo se revela de la siguiente forma:

El contenido de Fe_2O_3 sobrepasa el valor máximo permitido de 0,5% en todos los pozos analizados, el contenido de alcalis totales exigido como mínimo (5,50%) solo es alcanzado por dos pozos, siendo el promedio aritmético de todos los pozos un 5,12%, el contenido de TiO_2 es superior al máximo permitido en un 35%.

En el yacimiento predomina el componente sódico, y en ---
cuanto al Al_2O_3 y SiO_2 su comportamiento no es preocupante.

Parte Especial

Capítulo III

Tipos, Volúmenes y Metodología de los trabajos.

Dado el grado de acuosidad presente en los pozos criollos (Exploración Orientativa) durante sus avances se ha planteado la necesidad de efectuar en la Exploración Detallada una evaluación hidrogeológica más amplia, determinándose el área del yacimiento de la zona de mayor alteración del material Feldespático, proyectándose tres pozos hidrogeológicos especiales, así como otros trabajos que se recogen en la Tabla N° 1.

Por lo que el trabajo de grado involucra dos Estadios: Exploración Orientativa y Exploración Detallada.

III.1 Itinerarios Hidrogeológicos e Ingeniero Geológicos.

Los itinerarios se realizan con la finalidad de conocer preliminarmente las condiciones hidrogeológicas mediante la realización de observaciones Hidrogeológicas, Geológicas, Hidrológicas, Geomorfológicas y Geobotánicas y también las condiciones Ingeniero Geológicas con el estudio de los frentes de cantera, su inclinación, estabilidad, si existen grietas, tomar sus direcciones. Durante los mismos se mapearon y documentaron las manifestaciones acuíferas naturales y artificiales, manantiales, los frentes de cantera, los fenómenos ingeniero Geológicos, se detalló el corte litológico (ver Anexo N° IID).

En el transcurso de la Exploración Orientativa tal como se puede observar en la tabla no se realizaron itinerarios por no estar proyectados, sin embargo durante la Exploración Detallada se proyectó uno ocupando un área de un Km² efectuándose el mismo para todo el área proyectada. Este itinerario fue realizado siguiendo los cursos superficiales, a lo largo de los perfiles geológicos.

III.2 Observaciones Hidrogeológicas durante la perforación.

Estas observaciones hidrogeológicas se realizan con el objetivo de conocer la aparición y estabilización del nivel,

efectuandose la medición del nivel freático a la entrada y salida del turno.

La perforación de los pozos se efectuó con el método de perforación a columna, con corona de tungsteno y un ángulo de 90° . En el yacimiento de roca feldespática se proyecta perforar 60 pozos de exploración con una profundidad promedio de 15 m cada uno, lo que representa un volumen total de 945 m.

Este volumen se distribuye de la siguiente forma: 20 pozos de Exploración Orientativa con una profundidad de 15 m para un volumen total de 300 m y 17 pozos en Exploración Detallada con una profundidad de 15 m para un volumen de 300 m. En esta etapa se prevé un pozo estructural con profundidad de 60 m. Este pozo se hará en la red de pozos positivos, es decir, después de perforado hasta los 15 m en uno que sea positivo se continuará -- hasta los 60 m.

III.3 Mediciones Simultáneas del nivel de agua en los pozos.

Consisten en la medición del nivel en las aguas subterráneas ya estabilizadas para confeccionar el plano de hidroisohipsas.

Estas mediciones nos permiten determinar el gradiente hidráulico, dirección del flujo subterráneo, así como su distribución y se deben realizar después de 24 horas de perforado el pozo.

Las mismas fueron efectuadas tanto en la Exploración Orientativa (36 mediciones) como en la Exploración Detallada (29 mediciones) (ver tabla N° 1).

III.4 Perforaciones Hidrogeológicas.

Estas perforaciones se realizan con la finalidad de realizar bombeo experimental y resolver los problemas hidrogeológicos dentro del yacimiento mineral, realizar observaciones del régimen de las aguas subterráneas, tomas de monolitos para ensayos físico-mecánicos.

Durante la Exploración Orientativa no se perforaron pozos con fines hidrogeológicos, pero producto de lo que se planteó al inicio de este capítulo en la Exploración

pozos los cuales se equiparon.

Estos pozos inicialmente tuvieron objetivos geológicos. A continuación le damos los siguientes elementos del diseño.

Los pozos tienen una profundidad promedio de 20 m con el fin de poder caracterizar toda la potencia útil del material feldespatico. Se equiparon con filtro del tipo malla (45 m) y encamisado en toda la profundidad (15 m).

A todos los pozos se les dejará 1 m de camisa por encima de la boca.

Los intervalos son los siguientes:

0 - 4 m - 131 mm --- Camisa 120 mm -- 4 m

4 -20 m - 111 mm --- filtro de malla 108 mm -16 m.

Estos pozos poseen un diametro de 151 mm y un diametro final de 111 mm (ver Anexo VI-1, VI-2, VI-3, VI-4, --- VI-5, VI-6).

Para poder lograr los trabajos hidrogeológicos experimentales los tres pozos se ubicaron de la siguiente forma: uno en la zona donde las cotas de las aguas subterráneas sea alta. Otro en la cota media y por último uno en la cota más baja, esta distribución está en función de la hidroisohipsa (ver Anexo III).

III.5 Bombeos de Prueba (cubeteo).

Se realizan para conocer los parámetros hidrogeológicos de una forma preliminar, así como la acuosidad de la roca y también para elegir la productividad de la bomba cuando se vaya a realizar bombeos experimentales.

A pesar de no estar proyectado para el estadio de la Exploración Orientativa se efectuaron tres cubeteos (ver tabla N° 1).

Las causas de su realización se debió a que durante las observaciones hidrogeológicas y mediciones simultáneas en los pozos de perforación se detecto la presenciade - aguas subterráneas.

El tiempo en que se efectuaron los cubeteos nunca sobre

paso el turno de trabajo, los mismos se realizaron a los pozos geológicos.

III.6 Bombeos Experimentales.

A pesar de que los bombeos de Prueba dan una valoración muy preliminar de las condiciones hidrogeológicas y de haber parado el laboreo por afluencia de agua a los mismos, llegan a justificar el empleo de los bombeos experimentales los cuales tienen como objetivo, la determinación del carácter de la relación del gasto en función del abatimiento $Q = f(S)$, del gasto específico en función del abatimiento $q = f(S)$, el radio de influencia (R), coeficiente de filtración (K), coeficiente de conductividad (a), coeficiente de almacenamiento (μ), la transmisibilidad (T), es decir, obtener los parámetros hidrogeológicos más reales para luego calcular el verdadero gasto de afluencia a los laboreos.

Estos bombeos fueron realizados tanto en el estadio de Exploración Orientativa (un bombeo) como en la Exploración Detallada (dos bombeos).

Los bombeos se realizaron en pozos unitarios excepto uno que se realizó por sistemas de pozos aunque el pozo satélite prácticamente no se abatió, por encontrarse los pozos muy cercanos a un río.

El tiempo de bombeo fue variable, uno de 12 horas y el otro de 16 horas representando aproximadamente 2 brigadas turno.

En los bombeos el tubo del aire se colocó a diferentes profundidades (entre 16 y 14 m) mientras que el medidor fue situado a 18 m.

III.7 Muestreo Hidroquímico.

Tiene como objetivo conocer la composición química y espectral de las aguas superficiales y subterráneas, las muestras serán sometidas a análisis químico reducido determinándose los principales componentes de las mismas.

A estas muestras se les añade de 4 a 5 gotas de H_2SO_4 al 5%.

Los envases de las muestras tomadas deben ser enjuados de

2 - 3 veces con el agua a muestrear, estos envases se cierran cuidadosamente con una tapa de corcho y luego se para-
fina la boca.

Para obtener muestras representativas estas deben ser toma-
das de un mismo pozo.

En el estadio de Exploración Orientativa no estaba proyecta-
do el muestreo hidroquímico pero sin embargo se tomaron 4 -
muestras.

En el estadio de Exploración Detallada se proyectaron 6 pe-
ro debido a que encontramos un mayor número de puntos acuí-
feros, se tomaron 9.

Estas muestras fueron tomadas de la siguiente forma:

Dos en el arroyo, dos en la cantera, una en la presa y el -
resto en los pozos (N^o 1, 2, 8, 45, 79 y el pozo campesi-
no).

III.8 Muestreo para ensayo Físico Mecánico.

El muestreo de roca para ensayo físico-mecánico se proyecta
con vistas a estudiar las particularidades Ingeniero Geoló-
gicas.

Se obtiene por métodos estadísticos matemáticos los valores
más representativos de las propiedades físico-mecánicas de
las rocas, para de esta forma dar una valoración de como in-
fluye estas en las condiciones hidrogeológicas.

El muestreo no fué realizado por Hidrogeología ya que en --
los yacimientos no metálicos las determinaciones físico-me-
cánica la realiza la parte de tecnología.

Desde el punto de vista físico mecánico la roca de este ya-
cimiento es de color grisáceo a blancuzco con intercalacio-
nes arcillosas y totalmente deleznable al hacerle presión -
con los dedos.

Para documentar la calidad de los pozos (siete) se toma-
ron 10 muestras para análisis físico mecánico y se le deter-
minó el peso específico real, el peso volumétrico y granulo-
metría.

En este estadio de Exploración Orientativa no se realizaron
análisis de las propiedades mecánicas, pero debido a la pre-

mura del informe no se puede dar a conocer dichas propiedades recogidas para la Exploración Detallada.

Los resultados de los trabajos de campo se han concluido con su procesamiento, representandose los mismos a través de: Esquema Geólogo Técnico, confección de tabla de análisis químicos acompañados de diagramas triangulares planos de hidroisohintas, perfiles hidrogeológicos, mapa de datos reales, plano de las posibles afluencias de agua.

Se confeccionaron seis esquemas Geólogo Técnico de bombeo, cada uno de estos esquemas contienen: la columna litológica y construcción del pozo antes del bombeo, descripción litológica, potencia de las capas, y la construcción del pozo durante el sondeo, además un esquema de ubicación del pozo con sus coordenadas, Tabla con los resultados del bombeo y tabla con los resultados de los análisis químico. Se realiza también los gráficos Q vs t para apreciar la variación del gasto con respecto al tiempo, se procede además a la construcción de h vs t obteniendose la variación de los niveles en el tiempo a través de la relación q vs S y Q vs S se construyen gráficos con los que se conoce el tipo de acuífero presente (freático o artesiano).

Los gráficos q vs S y Q vs S no se plotearon en los anexos VI-1, VI-2 y VI-4 ya que por tratarse de cubetes los mismos con los resultados durante el bombeo no brindan buena información.

Además de estos gráficos se construyen gráficos donde se muestra el comportamiento del pozo durante el bombeo y otro que muestra el comportamiento durante la recuperación, aunque para el ploteo hay que realizar un análisis de estos.

Se debe de comprobar que tipo de movimiento se logra en dicho bombeo, en caso de conseguir un estado de no equilibrio (el que en realidad se logra en la práctica) es que se construyen dichos gráficos esta no es la única condición que se debe de cumplir sino la primera, entre las otras condiciones tenemos:

- En caso de los cubeteos (ver Anexo VI-1, VI-2, VI-4) se plotearon gráficos solamente durante la recuperación por ser el único que puede brindar datos fidedignos (el método corresponde a un gasto constante).
- Si se trata de un acuífero freático (como nuestro caso) se emplean la misma elaboración de los resultados experimentales que si fuera acuífero artesiano si el abatimiento no sobrepasa o es igual al 20% de la potencia inicial, es decir $(s \leq 0,2 H)$
- Debe aclararse además que la construcción de los diferentes gráficos está en dependencia del tiempo de recuperación si este es mayor o igual a 0,1 del tiempo de bombeo $(t \geq 0,1 t_0)$ para acuífero freático se construyen los gráficos $S(2H - S) \text{ Vs } \log \frac{t + t_0}{t}$ ó $S(2H - S) \text{ Vs } \log t$ pero si es artesiano $S(2H - S)$ se sustituye por S .

El método que se emplea corresponde al método grafo-analítico de Kakov basado en la aproximación logarítmica de la ecuación de Theiss. Durante su empleo se necesita, además de las limitaciones expuestas, de precauciones después de construídos los gráficos, estas precauciones que hay que tener es al elegir el tramo de curva:

- No se debe tomar ni el primero ni el último tramo, el primero por el efecto de la doble porosidad originada a consecuencia de la resistencia en la zona de filtración, que puede aparecer en la zona agrietada y, el último porque quizás nos encontramos en la zona de transición de un régimen a otro (equilibrio-no equilibrio)

Debe tenerse en cuenta la influencia de los fenómenos naturales.

TABLA N° 1 VOLUMENES PROYECTADOS Y REALIZADOS.

N° de orden	TIPOS DE TRABAJO	Unidad de Medida	Exploración Orientativa		Exploración Detallada	
			Volumenes Proyectados	Volumen Real	Volumenes Proyectados	Volumen Realizado
1	Itinerarios Hidrogeológicos e Ingeniero - Geológicos.	Km ²	-	-	1	1
2	Observaciones Hidrogeológicas durante la perforación.	Pozo	20	20	17	17
3	Mediciones Simultáneas.	Mediciones.	20	36	29	29
4	Perforaciones Hidrogeológicas.	$\frac{-M}{P}$	-	-	$\frac{50}{3}$	$\frac{40}{2}$
5	Bombeos de Pruebas (Cubeteos)	Bombeos	-	3	-	-
6	Bombeos Experimentales	Bombeos	-	1	3	2
7	Muestreo Hidroquímico	Mtras.	-	4	6	9
8	Muestreo de roca para ensayo físico-mecánico	Testigos	10	10	-	-

CAPITULO IV

Condiciones Hidrogeológicas del sector.

a) Referencias a la Hidrogeología de la región.

En la región de Holguín se observa en algunas zonas de dislocaciones tectónicas un contenido elevado de agua.

Según Egorov Luege la red fluvial corta al eje del Anticlinorium de la ciudad de Holguín. La divisoria de las aguas superficiales pasa aproximadamente a lo largo del límite sur del desarrollo de las serpentinitas.

Las aguas subterráneas están principalmente asociadas con la zona de intemperismo. Su movimiento está determinado por la dirección y el carácter de los valles de erosión fluvial.

En esta región se extiende el complejo acuífero de las aguas entre las grietas de las rocas efusivas de las edades Cretácico y Eoceno.

b) Referencias a la Hidrogeología del sector.

De acuerdo al grado de estudio realizado en el yacimiento desde el punto de vista hidrogeológico y geológico que se fundamentó, única y exclusivamente a detallar las condiciones geológicas e hidrogeológicas del material feldespático, se llegó a la conclusión que este último forma parte de un complejo acuífero integrado también por la Serpentinita y las Tobas que se encuentran sub-yaciendo, todo esto respecto, al sector antes mencionado, siendo las aguas subterráneas presentes del tipo agrietada, aunque es obvio señalar, que el grado de alteración del material feldespático es tan elevado, que durante el proceso de perforación se destruye, formando como si fuera una arena, no siendo así en los cortes de la cantera vieja, donde el mismo se encuentra consolidado, dando lugar a una roca bastante agrietada y alterada.

Otro aspecto importante a valorar es que a medida que se aumenta en profundidad en el corte feldespático las muestras se hacen menos deleznable.

De acuerdo al interés geológico sólo nos limitamos - al estudio de las condiciones hidrogeológicas del material feldespático.

Los principales métodos de investigación hidrogeológica, consistieron en la realización de reconocimientos de las áreas perspectivas así como las mediciones de los niveles freáticos durante el proceso de perforación y la determinación de la acuosidad de la roca dada de los resultados hidrogeológicos adquiridos con los Bombeos de Prueba y Bombeos Experimentales.

En dependencia de las variaciones presentes en cada pozo en cuanto a la potencia de la roca feldespática (en un pozo alcanzó los 80 metros y en los restantes 19 m, 20 m, etc); para el cálculo como potencia hidrogeológica se tomó un valor promedio de 20 m.

Hidrogeológicamente estamos en presencia de un acuífero freático donde las profundidades del nivel no son grandes, comprobándose con las mediciones simultáneas, donde los diferentes pozos cortaron agua a profundidades de 1,5 - 4,5 m por lo que casi en su totalidad las reservas del material feldespático están inundadas (Anexo No V)

Durante el estudio de la zona para las etapas correspondientes se construyeron los planos de hidroisohipsas de los cuales se obtienen los siguientes datos:

- La dirección de las aguas subterráneas es variable (generalmente en dirección W - E) y no coincide con la de las aguas superficiales (ver Anexo I V-1, IV-2)
- Las aguas subterráneas presentan gradiente pequeño ($I = 0,03 - 0,04$), en las determinaciones realizadas en los perfiles hidrogeológicos los valores obtenidos oscilan entre $I = 0,01 - 0,02$.
- Las divisorias de las aguas subterráneas generalmente coincide con las divisorias de las aguas superficiales.

La interrelación hidráulica entre las aguas superficiales y subterráneas como criterio solo se posee -- los resultados de los trabajos experimentales, reali

zandose un bombeo en el cual el pozo satélite estaba - del otro lado del arroyo; el mismo se abatió muy poco, lo que es muy difícil justificar, sin lugar a dudas si no hay interrelación hidráulica (ver Anexo VI-5.).

Se puede concluir diciendo que la alimentación de la - zona está dado por la precipitación; el drenaje es pobre y solo existe en el yacimiento un arroyo, el cual drena las aguas superficiales, las otras aguas se infiltran y se evaporan.

CAPITULO V

Quimismo de las aguas superficiales y subterráneas.

En las investigaciones Hidrogeológicas los análisis químicos, tanto las aguas superficiales y subterráneas revisadas especial interés, a través de los mismos se obtiene una mejor definición de las características químicas de las aguas.

Estos resultados en forma iónica nos permite interpretaciones completas y correctas pudiendose juzgar acerca de la alimentación, circulación, drenaje.

La composición química se encuentra en gran relación con las condiciones climáticas de la región, con los organismos vivos.

En la Hidrogeología Minera los resultados de la composición química de las aguas subterráneas determinan los límites recomendables de la calidad del agua, además sirven como guía de la adecuada protección de las aguas subterráneas.

Las aguas del yacimiento feldespatico son incoloras, inspidas, no presentan olor y aparecen transparentes.

En el yacimiento de estudio los análisis químicos fueron realizados tanto para las aguas superficiales como las aguas subterráneas.

En los resultados de la determinación de la composición química se concluyó que las aguas subterráneas cuyo pH es 7,5 - 8,6 (ver anexo # IX) pueden considerarse como debilmente básico. Su dureza (ver Anexo IX) es variable y oscila de 2,10 - 21,7 (mg equivalente/ lts).

La mineralización presente varía considerablemente presentando valores entre 1 - 2 gr no pudiendose considerar baja. Según la clasificación de Egorov se puede concluir -- considerandola agua poco salada.

De acuerdo a la clasificación de Kurlov estas aguas son - hidrocbonatadas, cloruradas, magnesianas, sódicas, aunque en algunos casos se presentan cloruradas hidrocbonatadas invirtiendose la cantidad de aniones Cl y HCO₃. En

cuanto a los cationes también varían; en general se puede decir que existe predominio en las aguas de **aniones** hidrocarbonatadas y de cationes magnesianos.

En el diagrama triangular se puede observar (Anexo IX) una menor concentración en la zona clorurada sódica, apareciendo generalmente una mayor concentración de los **aniones** en la zona hidrocarbonatada cálcica mientras que los cationes aparecen en la zona sulfatada magnesiana.

De los análisis químicos se puede concluir diciendo que -- debido a las descomposiciones de los análisis químicos -- donde no quedan determinados todos los elementos esto produce la variación tan grande en los valores, a pesar de -- pertenecer a una misma cuenca. Además el diagrama triangular usado contempla los elementos que se encuentran en mayor cantidad por eso es que elementos que aparecen en la tabla no quedan representados graficamente no teniéndose en cuenta en la evaluación; también se ha podido observar como estas aguas no presentan un mismo origen por la no -- concentración de los aniones y cationes.

CAPITULO VI

Determinación de los parámetros hidrogeológicos.

En la determinación de los parámetros hidrogeológicos principalmente se caracterizan las propiedades de filtración y acuosidad de las rocas. Y para su evaluación cuantitativa el comportamiento del nivel de las aguas subterráneas, así como el gasto con relación al tiempo son elementos fundamentales.

Con los datos de los bombeos de prueba y los bombeos experimentales determinamos el gasto total (Q), el gasto específico (q), el coeficiente de filtración (K), el coeficiente de conductividad (a), Transmisibilidad (T), el Radio de influencia (R). La metodología seguida para su determinación ha sido a través de fórmulas.

Gasto total:

$$Q = \frac{V}{t}$$

donde:

V : volumen

t : tiempo para llenar dicho volumen.

Gasto específico:

$$q = \frac{Q}{S}$$

donde:

Q : gasto total

S : abatimiento obtenido durante los trabajos.

Para el cálculo del coeficiente de filtración para acuífero freático se emplea:

En régimen de no equilibrio, según Theiss:

$$K = 0,366 \frac{Q}{S} \frac{C}{2H - S}$$

donde:

Q : gasto total obtenido durante el bombeo

C : es un coeficiente angular que se obtiene del gráfico $S(2H - S)$ Vs $\log t$

Se empleó además para un gasto constante la fórmula siguiente:

$$K = \frac{0,183 Q}{CH}$$

donde:

H : potencia hidrogeológica del pozo.

Q y C : fueron definidas anteriormente.

Otra fórmula empleada para régimen en equilibrio viene dada para movimiento del agua subterránea (sin presión) - hacia una toma vertical completa y se expresó como:

$$K = \frac{0,733 Q}{S(2H - S)} \log \frac{R}{r_0}$$

donde:

R : Radio de influencia (1,50 m) tomado del pozo - satélite (pozo 46) producto del bombeo por sistema de pozo (efectuado en el pozo 45).

r_0 : radio interior del pozo.

La transmisibilidad fue adquirida del producto de :

$$T = K H$$

donde:

K : coeficiente de filtración.

H : potencia hidrogeológica dada para cada bombeo.

En el método grafo-analítico para el cálculo del coeficiente de conductividad (a) empleamos para cubeteo (durante la recuperación) y en bombeo de corta duración:

$$\log a = 2 \log r_0 - 0,35 + \frac{S_{\max.}}{C} - \log t_0$$

donde:

r_0 : radio interior del pozo

$S_{\max.}$: es la distancia de la curva trazada cuando esta toca en el eje Y.

t_0 : tiempo de duración del bombeo.

Donde el abatimiento no sobrepasaba el 20% de la potencia inicial ($S \leq 0,2 H$) y en presencia de acuífero freático, empleamos:

$$\log a = 2 \log r_0 - 0,35 + \frac{A}{C}$$

donde:

A : es la distancia de la curva trazada cuando esta toca en el eje Y.

Dentro de los parámetros hidrogeológicos determinamos el coeficiente de almacenamiento (μ) del cual hablaremos posteriormente.

De los bombeos de agua subterránea en los pozos de perforación se ha obtenido: el nivel, el abatimiento para cada tiempo así como el tiempo de duración del bombeo. Estos datos (durante el bombeo y durante la recuperación) se describen a continuación en las tablas utilizadas para el cálculo de los parámetros hidrogeológicos.

TABLA No 2 DURANTE EL CUBETEO

Pozo N° 1

$t = 28 \text{ min}, Q = 17,4 \text{ m}^3/\text{dia}, H = 5,75 \text{ m}$

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
9 ³⁵	3,35	-	-	-	-	-	-
9 ³⁷	6,56	3,21	2	0,3010	26,61	15	1,1761
9 ⁴⁶	6,40	3,55	11	1,0414	28,22	3,54	0,5441
9 ⁴⁸	7,50	4,15	13	1,1139	30,50	3,15	0,5051
9 ⁵⁰	7,58	4,23	15	1,1761	30,75	2,86	0,4624
9 ⁵²	7,90	4,55	17	1,23	31,62	2,64	0,415
9 ⁵⁴	8,20	4,85	19	1,2788	32,25	2,47	0,397
9 ⁵⁵	8,00	4,65	20	1,3010	31,85	2,40	0,38
9 ⁵⁷	8,15	4,80	22	1,3424	32,16	2,27	0,36
9 ⁵⁸	8,50	5,15	23	1,3617	32,70	2,21	0,34
10 ⁰⁰	8,70	5,35	25	1,3979	32,90	2,12	0,32
10 ⁰³	8,86	5,51	28	1,4472	33,00	2,0	0,30

RECUPERACION

10 ⁰³	8,86	-	-	-	-	-	-
10 ⁰⁴	8,86	0	1	0,	0,	29	1,46
10 ⁰⁷	8,86	0	4	0,6	0,	8	0,9
10 ⁰⁹	8,86	0	6	0,78	0,	5,66	0,76
10 ¹⁴	8,72	0,14	11	1,04	1,59	3,54	0,54
10 ¹⁹	8,68	0,18	16	1,20	2,0	3,0	0,48

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
10 ²⁹	8,61	0,25	26	1,42	2,81	2,1	0,32
10 ³⁴	8,60	0,26	31	1,49	2,92	1,90	0,28
11 ³⁴	8,35	0,51	91	1,96	5,60	1,31	0,11
12 ³⁴	8,06	0,8	151	2,18	8,56	1,18	0,1
1 ³⁴	7,90	0,96	211	2,32	10,11	1,13	0,04
2 ³⁴	7,70	1,16	271	2,43	11,99	1,10	0,04
4 ³⁴	7,30	1,56	391	2,59	15,51	1,07	0,04
8 ²⁰	5,10	3,76	1337	3,12	29,10	1,02	0,03

donde:

H : hora

N : nivel (h)

A : abatimiento (S)

t : tiempo

TABLA No 3 DURANTE EL CUBETEO

Pozo N° 2

$t_0=30$ min, $Q=21,8$ m³/dia, $H=9,08$ m

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
3 ¹⁵	2,22	-	-	-	-	-	-
3 ¹⁶	2,23	0,01	1	0	0,18	31	1,49
3 ¹⁸	2,25	0,03	3	0,48	0,54	11	1,04
3 ²⁰	2,50	0,28	5	0,70	5,01	7	0,85
3 ²²	2,79	0,57	7	0,85	10,02	5,28	0,72
3 ²⁴	3,60	1,38	9	0,95	23,15	4,33	0,64
3 ²⁷	4,14	1,92	12	1,1	31,18	3,5	0,54
3 ²⁹	4,90	2,68	14	1,15	41,48	3,14	0,49
3 ³¹	5,76	3,54	16	1,20	51,75	2,87	0,46
3 ³³	6,60	4,38	18	1,26	60,35	2,66	0,43
3 ³⁷	8,06	5,84	22	1,34	71,95	2,36	0,38
3 ⁴¹	9,27	7,02	26	1,42	78,32	2,15	0,34
3 ⁴⁵	10,63	8,41	30	1,48	82,0	2,0	0,30

RECUPERACION

3 ⁴⁵	10,63	-	-	-	-	-	-
3 ⁴⁸	10,55	0,08	3	0,48	1,45	11	1,04
3 ⁵⁰	9,0	1,63	5	0,70	26,94	7	0,85
3 ⁵⁵	8,66	1,97	10	1,0	31,89	4	0,60

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
4 ⁶⁰	7,68	2,95	15	1,18	44,87	3	0,48
4 ¹⁵	5,53	5,10	30	1,48	66,61	2	0,30
5 ¹⁵	2,07	8,56	90	1,95	82,18	1,33	0,11

donde:

H : hora

N : nivel (h)

A : abatimiento (S)

t : tiempo.

TABLA No -4 DURANTE EL CUBETEO

Pozo N° 8

$t_0=15$ min, $Q=22,1$ m³/dia, $H=7,54$ m.

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
7 ³⁴	3,50	-	-	-	-	-	-
7 ³⁵	4,38	0,88	1	0	12,49	16	1,2041
7 ³⁶	5,11	1,61	2	0,3010	21,68	8,5	0,9294
7 ³⁷	6,70	3,20	3	0,4771	38,01	6	0,7782
7 ³⁹	7,80	4,3	5	0,6990	46,35	4	0,6021
7 ⁴⁰	7,60	4,1	6	0,7782	45,02	3,5	0,5441
7 ⁴²	8,38	4,88	8	0,9031	49,77	2,87	0,4624
7 ⁴⁴	9,00	5,50	10	1,0000	52,69	2,5	0,3979
7 ⁴⁵	10,00	6,5	11	1,0414	55,77	2,36	0,38
7 ⁴⁶	11,0	7,5	12	1,0792	56,85	2,25	0,3424
7 ⁴⁸	11,50	8,0	15	1,1761	56,64	2,0	0,3010
RECUPERACION							
7 ⁴⁸	11,50	-	-	-	-	-	-
7 ⁵¹	11,26	0,24	3	0,4771	3,56	6	0,7782
7 ⁵³	11,0	0,5	5	0,6990	7,29	4	0,6021
7 ⁵⁸	10,56	0,54	10	1,0	7,85	2,5	0,3979
8 ⁰³	10,15	1,35	15	1,1761	18,53	2	0,3010
8 ⁰⁸	9,67	1,83	20	1,3010	24,25	1,75	0,243
8 ¹³	9,45	2,05	25	1,3979	26,71	1,60	0,204
9 ¹³	6,30	5,2	85	1,9294	51,37	1,18	0,072
10 ¹³	4,70	6,8	145	2,1614	56,30	1,10	0,041
11 ¹³	3,95	7,55	205	2,3118	56,85	1,07	0,03
12 ¹³	3,67	7,83	265	2,4232	56,76	1,05	0,02
11 ³	3,67	7,83	325	2,5119	56,76	1,04	0,017

TABLA No 5 POZO CRIOLLO CAMPELINO

Datos durante el Bombeo

$t_0 = 91 \text{ min}$, $Q = 28,26 \text{ m}^3/\text{dia}$, $H = 2,55 \text{ m}$

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
9 ⁵⁵	1,73	-	-	-	-	-	-
9 ⁵⁶	1,97	0,24	1	0	1,1	92	1,96
9 ⁵⁸	2,02	0,29	3	0,48	1,30	31,33	1,50
10 ⁰⁰	2,28	0,5	5	0,70	2,30	19,2	1,28
10 ⁰⁵	2,54	0,81	10	1,0	3,47	10,1	1,0
10 ¹⁰	2,64	0,91	15	1,18	3,81	7,1	0,85
10 ¹⁵	2,64	0,91	20	1,30	3,81	5,55	0,75
10 ²⁵	2,68	0,95	30	1,48	3,94	4,03	0,60
11 ²⁵	2,68	0,95	90	1,95	3,94	2,01	0,30
11 ²⁶	2,68	0,95	91	1,96	3,94	2,0	0,30
RECUPERACION							
11 ²⁶	2,68	-	-	-	-	-	-
11 ²⁸	2,64	0,04	2	0,30	0,20	46,15	1,67
11 ³⁰	2,63	0,05	14	0,60	0,25	23,75	1,37
11 ³⁵	2,62	0,06	9	0,95	0,30	11,11	1,04
11 ⁴⁰	2,56	0,12	14	1,15	0,59	7,5	0,88
11 ⁴⁵	2,55	0,13	19	1,28	0,64	5,8	0,76
11 ⁵⁵	2,52	0,16	29	1,46	0,79	4,14	0,61
12 ⁵⁵	2,19	0,49	89	1,95	2,25	2,02	0,30
1 ⁵⁵	2,08	0,60	149	2,17	2,7	1,61	0,20
2 ⁵⁵	1,80	0,88	209	2,32	3,11	1,43	0,15

TABLA No 6 DURANTE EL BOMBEO

Pozo N° 45

$t = 700 \text{ min}$, $Q = 10,4 \text{ m}^3/\text{dia}$, $H = 18,70 \text{ m}$

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
7 ¹²	1,19	-	-	-	-	-	-
7 ¹³	8,83	7,64	3	0,48	227,4	234	2,36
7 ¹⁵	8,81	7,62	5	0,70	226,9	141	2,14
7 ²⁰	8,9	7,71	10	1,00	228,9	75	1,85
7 ³⁰	9,05	7,86	25	1,40	232,2	29	1,46
7 ⁵⁵	9,07	7,88	30	1,48	232,6	24,3	1,38

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
8 ²⁵	8,99	7,80	60	1,78	230,9	12,6	1,10
9 ²⁵	9,47	8,28	120	2,08	241,1	6,83	0,83
10 ²⁵	9,5	8,31	180	2,26	241,7	4,8	0,68
11 ²⁵	9,49	8,30	240	2,38	241,5	3,9	0,59
12 ²⁵	9,65	8,46	300	2,48	244,8	3,3	0,52
1 ²⁵	9,63	8,44	360	2,56	244,4	2,9	0,46
2 ²⁵	9,67	8,48	420	2,62	245,2	2,6	0,42
3 ²⁵	9,63	8,44	480	2,68	244,4	2,4	0,39
4 ²⁵	9,62	8,43	540	2,73	244,2	2,29	0,36
5 ²⁵	9,65	8,46	600	2,78	244,8	2,16	0,33
6 ²⁵	9,72	8,53	660	2,82	246,3	2,06	0,31
7 ⁰⁵	9,78	8,59	700	2,85	247,5	2	0,30

RECUPERACION

	9,78	-	-	-	-	-	-
7 ²⁶	9,31	0,47	1	0	17,4	701	2,84
7 ²⁷	9,02	0,76	3	0,48	27,8	234	2,36
7 ³⁰	8,39	1,39	10	1	50,1	71	1,85
7 ⁴⁰	6,97	2,81	20	1,30	97,2	36	1,55
8 ⁰⁰	6,24	3,51	30	1,48	119	24,3	1,38
8 ³⁰	4,5	5,28	60	1,78	169,6	12,6	1,10
9 ³⁰	2,31	7,47	120	2,08	223,6	6,83	0,83
10 ³⁰	1,72	8,06	180	2,25	236,5	4,8	0,68
11 ³⁰	1,35	8,43	240	2,38	244,2	3,9	0,59
12 ³⁰	1,24	8,54	300	2,48	246,5	3,3	0,52

donde:

H : hora

N : nivel (h)

A : abatimiento (S)

t : tiempo

TABLA No 7 DURANTE EL BOMBEO

Pozo N° 79

$t_0 = 960$ min, $Q = 16,4$ m³/dia, $H = 19,98$ m

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
8 ⁰⁶	1,92	-	-	-	-	-	-
8 ⁰⁷	10,70	8,78	3	0,48	274	321	2,50

H	N	A	t (min)	log t	S(2H-S)	$\frac{t+t_0}{t}$	log $\frac{t+t_0}{t}$
8 ¹⁰	10,78	8,86	5	0,69	275,5	193	2,28
8 ¹⁵	10,81	8,89	10	1	276,2	97	1,98
8 ²⁵	10,81	8,89	15	1,18	276,2	65	1,81
8 ⁴⁰	10,86	8,94	20	1,30	277,3	49	1,69
9 ⁰⁰	10,84	8,92	30	1,47	276,9	33	1,51
9 ³⁰	10,84	8,92	60	1,77	276,9	17	1,23
10 ³⁰	10,88	8,96	120	2,07	277,8	9	0,95
11 ³⁰	10,89	8,97	180	2,25	278	6,3	0,79
12 ³⁰	10,8	8,88	240	2,38	276	5	0,69
1 ³⁰	10,8	8,88	300	2,47	276	4,2	0,62
2 ³⁰	10,81	8,89	360	2,55	276,2	3,6	0,55
3 ³⁰	10,8	8,88	420	2,62	276	3,2	0,50
4 ³⁰	10,8	8,88	480	2,68	276	3	0,47
5 ³⁰	10,85	8,93	540	2,73	277,1	2,7	0,43
6 ³⁰	10,82	8,90	600	2,77	276,4	2,6	0,41
7 ³⁰	10,84	8,92	660	2,81	276,9	2,4	0,38
8 ³⁰	10,83	8,91	720	2,86	276,5	2,3	0,36
9 ³⁰	10,81	8,89	780	2,89	276,2	2,2	0,34
10 ³⁰	10,85	8,93	840	2,92	277,1	2,1	0,32
11 ³⁰	10,86	8,94	900	2,95	277,3	2,0	0,30
12 ³⁰	10,86	8,94	960	2,98	277,3	2	0,30

RECUPERACION

	9,78	-	-	-	-	-	-
12 ²⁶	9,31	0,47	1	0	17,4	701	2,84
12 ²⁷	9,02	0,76	3	0,48	27,8	234	2,36
12 ³⁰	8,39	1,39	10	1	50,1	71	1,85
12 ⁴⁰	6,97	2,81	20	1,30	97,2	36	1,55
1 ⁰⁰	6,24	3,51	30	1,48	119	24,3	1,38
1 ³⁰	4,5	5,28	60	1,78	169,6	12,6	1,10
2 ³⁰	2,31	7,47	120	2,08	223,6	6,83	0,83
3 ³⁰	1,72	8,06	180	2,25	236,5	4,8	0,68
4 ³⁰	1,35	8,43	240	2,38	244,2	3,9	0,59
5 ³⁰	1,24	8,54	300	2,48	246,5	3,3	0,52

Los valores de los parámetros hidrogeológicos que se obtuvieron son los siguientes:

El gasto como se puede apreciar en los esquemas geólogo-técnico es bajo y oscila entre 10,4 y 28 m³/día con un abatimien

to elevado (ver tablas), $S= 5,5$ a $8,94$ m, mientras que -- en el pozo campesino donde se efectuó un bombeo de corta -- duración es de $0,95$ m, esto puede deberse a la presencia -- (en la pared Este del pozo) de una surgencia de agua a u na profundidad de $2,68$ m que coincide en la dirección del pozo. Los datos de este bombeo, que aunque no es muy con-- fiable por su corta duración, revelan que la acuosidad es elevada, con respecto a los otros pozos bombeados y cube-- teados (ver esquema geólogo-técnico).

Se puede decir además, que la duración de los trabajos -- fue pobre en los cubeteos (ver tabla), se empleó de 17 minutos a 1 hora y 8 minutos agotándose totalmente los pozos para un número reducido de cubetas ($30, 52, y 24$) -- esto demuestra la poca afluencia de las aguas subterrá-- neas a los pozos.

Los bombeos experimentales con bomba del tipo Air Life -- (pozos # 45 y 79), la duración no fue la programada(--- 24 horas) por presentar problemas con los equipos. En el pozo 45 (ver tabla) duró 12 horas (700 minutos) y en el pozo 79 se efectuó durante 16 horas (960 minutos). -- El bombeo con motobomba (pozo campesino) su duración -- fue menor (91 minutos).

La solución obtenida para el coeficiente de filtración en el régimen de no equilibrio oscila de $0,1 - 1,73$ m/día no presentando gran variación comparado con el régimen de equilibrio ($0,1 - 1,94$ m/día) (ver Anexo VI-1, VI-2, -- VI-3, VI-4, VI-5, VI-6). En ambos se presenta un valor de K mayor que la unidad (ver Anexo # VI-3) quizás se deba a la duración del bombeo del pozo campesino, a la profundidad del mismo que no abarcó potencia hidrogeológica completa; todo esto decidió que nosotros a la hora de hacer el capítulo VII no tomáramos en consideración el valor de los parámetros en este pozo.

De acuerdo a la permeabilidad del yacimiento de una roca feldespática se clasifica en el grupo III, que son los pocos permeables donde $K= 0,1 - 10$.

Haciendo un análisis de otros parámetros comprobamos la -- variación de la productividad entre $0,67 - 29,74$ m³/día/m se observa una baja productividad, siendo esto propio de

la baja permeabilidad.

Las fluctuaciones de la potencia en los pozos utilizados - en los trabajos hidrogeológicos aparece muy variada (2,55 - 19,80 m) a través de la cual se ha podido obtener con - el conocimiento del coeficiente de filtración, la transmi- sibilidad adquiriéndose valores de 0,6 hasta 4,84 (ver -- los esquemas geólogo-técnico).

El coeficiente de conductividad se obtuvo a través de las fórmulas expuestas anteriormente adquiriéndose valores muy reducidos ($a = 0,1 \text{ m}^2/\text{dia}$) y valores elevados ($a = 184,4$) (ver anexo VI-4), quizás esta variación se deba a la poca duración de los bombeos.

El coeficiente de almacenamiento (μ) en la zona de estudio fue adquirido con un valor de $\mu = 0,634$, para las caracterís- tas de la zona donde las rocas aparecen agrietadas de for- ma muy desordenada es considerable dicho valor.

La metodología seguida para el mismo es la siguiente: (ver anexo #VI D)

- 1.- De la superposición de los planos de hidroisohipsa y - donde las curvas (correspondientes a diferentes planos) se unan, obtenemos un punto que tendrá como valor el adqui- rido de la resta de dichas curvas. Este valor puede ser po- sitivo o negativo, en dependencia de cual es la curva ma- yor (para nuestro caso todos los puntos son positivos y - oscilan entre 1 y 0)
- 2.- Los puntos que obtuvimos del procedimiento anterior - fueron unidos logrando curvas de igual valor, las cuales - serán encerradas formando áreas.
- 3.- Por planimetría determinamos las áreas obtenidas por -- las diferentes curvas.
- 4.- Calculamos luego el volumen:

$$V = A \cdot \Delta h \quad (I)$$

donde:

- A : área adquirida por planimetría
- Δh : diferencia de curva obtenida de la unión de puntos (siendo $\Delta h = 1$).

Después procedemos al cálculo del coeficiente de almacena- miento para conocer el agua drenada en la zona.

$$\mu = \frac{Q}{V} \quad (\text{II})$$

donde:

V : volumen

G : gasto de las corrientes superficiales (Valor des conocido para nuestra zona de estudio).

5.- Obtuvimos el gasto a través de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{1,73 K S (2H - S)}{\log \frac{R}{r}} \quad (\text{III})$$

donde:

H : potencia (H=20 m) profundidad supuesta de explo tación.

r : radio obtenido de:

$$r^2 = \frac{A}{\pi} \quad (\text{IV})$$

donde:

A : área, valor conocido por cálculos anteriores.

π : constante (3,14).

K : coeficiente de filtración promedio de los trabajos hidrogeológicos en la exploración orientativa (pozos 1, 2, 8)

R : radio de influencia lo obtuvimos de datos del bom beo (R = 150 m) en el pozo # 45.

S : Δh^k .

Producto de la superposición obtuvimos:

$$A_1 = 1600 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 5320 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 4160 \text{ m}^2$$

Pero si sustituimos en (I) se obtiene:

$$V_1 = 1600 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m.}$$

$$V_1 = 1600 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 5320 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V_2 = 5320 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 4160 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V_3 = 4160 \text{ m}^3$$

Después calculamos el volumen total que viene dado por la suma de los anteriores:

$$V_T = 11080 \text{ m}^3$$

Tomamos luego la fórmula # III y sustituyendo en ella adquirimos Q, antes fue necesario determinar por la fórmula IV el radio (r) sustituyendo tenemos que:

$$r = \frac{11080}{3,14}$$

$$r = 59,37 \text{ m}$$

Entonces:

$$Q = \frac{1,73 (0,13) [2 (20) - 1]}{\log \frac{150}{59,37}}$$

$$Q = 6,26 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Por último se multiplica el gasto obtenido por los días - del período de la medición de los niveles (60 días):

$$Q = 6,26 \text{ m}^3/\text{dia} \times 60 \text{ días}$$

$$Q = 376 \text{ m}^3$$

Sustituyendo en la fórmula # II obtenemos:

$$\mu = \frac{376 \text{ m}^3}{11080 \text{ m}^3}$$

$$\mu = 0,034$$

Cálculo de afluencia.

Las afluencias de agua existente en el yacimiento de roca Feldespática en los diferentes frentes de cantera de donde se extrae el mineral, proviene de las precipitaciones atmosféricas y de las aguas subterráneas (afloramiento de manantiales en las paredes sur oeste de la cantera antigua). Este flujo de agua durante el destape de la misma ha producido una dificultad en la extracción del mineral, viendonos en la necesidad de realizar el cálculo de la posible afluencia de agua para la explotación de la futura mina.

Las posibles afluencias de agua se hizo de la siguiente forma: (ver Anexo #VIII)

- Primeramente se calcularon para el área que ocupa las reservas en categoría geológica B.
- Luego en las áreas que ocupan las reservas en categoría geológica B + C₁
- Por último en las áreas que ocupan las reservas en categoría geológica B + C₁ + C₂

Es importante señalar atendiendo a las condiciones minero-técnica de explotación que el yacimiento será explotado mediante el laboreo minero a cielo abierto.

En el cálculo se emplearon diferentes parámetros hidrogeológicos como son: coeficiente de filtración (K), coeficiente de conductividad (a) y transmisibilidad (T).

El coeficiente de filtración utilizado ha sido el obtenido durante los bombeos experimentales, pero para lograr que este sea lo más exacto se tomó en cuenta los coeficientes adquiridos durante la recuperación y el valor del cálculo realizado a través de la fórmula del régimen en equilibrio hallándose un K promedio.

Esto se debe fundamentalmente a que para un método tan exigente como el método de Jacob es difícil adquirir con la bomba utilizada (Air Life) lo planteado por el método: Un gasto constante y un abatimiento variable, además de que los bombeos fueron unitarios y se vieron afectados por el salto hidráulico.

Los coeficientes de filtración utilizados han sido ($K=0,06$ m/día), obtenido del bombeo experimental en el pozo # 45 (ver Anexo # VI-5) y ($K=0,1$) del bombeo experimental en el pozo # 79 (ver Anexo VI-6).

Para la utilización del parámetro "a" nos vimos en la necesidad de utilizar para el cálculo de afluencia el valor de $a = T/\mu$ ya que los valores del coeficiente de conductividad (a) obtenido durante los bombeos son muy variables y a la vez tienen un comportamiento no muy real.

Entendemos que el valor de "a" más fiable es el que se obtiene de la fórmula anterior, en primer lugar el μ utilizado es un valor muy representativo y de una buena confiabilidad (su explicación se dió en el capítulo anterior) igualmente sucede con la transmisibilidad. Por lo tanto su valor fué $a = 41$ m²/día.

Es necesario aclarar que la profundidad considerada para la cantera es de 20 m.

Para el cálculo de la afluencia de agua al yacimiento - empleamos la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{afluencia}} = \frac{\pi K (h_1^2 - h_2^2)}{2,3 \log \frac{R}{r_K}}$$

donde:

K : tendrá diferentes valores, obtenido de los bombeos experimentales.

h_1 : potencia hidrogeológica (20 m) coincide con la profundidad de la cantera.

h_2 : profundidad del nivel de agua (3 m).

R : Radio de influencia de la cantera y viene expresado a través de la fórmula que a continuación se expresa:

$$R = r_K + 1,5\sqrt{at}$$

donde:

r_K : radio de la cantera (ver Anexo VIII) - se obtiene a través del cálculo de las diferentes áreas - de las reservas en las categorías dadas por planimetría.

t : tiempo de explotación de la cantera, se cal---

cula para 27 años, según la norma soviética (10 000 días).

a : coeficiente de conductividad (41 m²/dia.)
su obtención fue explicada anteriormente.

Cálculo de las afluencias para las reservas en áreas de categoría B.

Sustituimos en la fórmula II por sus valores y conociendo que para esta categoría A= 64680 m², entonces:

$$r_K = 143,52 \text{ m.}$$

Tenemos:

$$R = 143,52 \text{ m} + 1,5 \sqrt{41 \text{ m}^2/\text{dia} \times 10\,000 \text{ dia}}$$

$$R = 1104 \text{ m.}$$

Sustituyendo en la fórmula II utilizamos para este cálculo el K obtenido en el bombeo del pozo # 45 de donde:

$$Q_{af} = 3,14 (0,06 \text{ m}^2/\text{dia}) (20^2 - 3^2) \text{ m} / 2,3 \log \frac{1104}{143,52}$$

$$Q_{af} = 36 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Cálculo de las afluencias para las reservas en categoría C₁ + B.

Sabemos que : A = 175 856 m² de donde:

$$r_K = 237 \text{ m}$$

Por tanto:

$$R = 237 \text{ m} + 1,5 \sqrt{41 \text{ m}^2/\text{dia} \times 10\,000 \text{ dia}}$$

$$R = 1197 \text{ m.}$$

Sustituimos en la fórmula I, utilizamos para este cálculo de afluencia el K = 0,1 obtenido durante el bombeo experimental en el pozo # 79:

$$Q_{af} = 3,14 (0,1 \text{ m}^2/\text{dia}) (20^2 - 3^2) \text{ m} / 2,3 \log \frac{1197}{237}$$

$$Q_{af} = 76 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Cálculo de las afluencias para las reservas en categoría C₂ + C₁ + B.

El valor de A = 224 411 y al igual que en los casos ante

rios sustituímos en la fórmula II para un $r_K = 267$ m:

$$R = 267 \text{ m} + 1,5 \sqrt{41 \text{ m}^2/\text{dia} \times 10 \text{ 000 dia}}$$

$$R = 1227 \text{ m.}$$

Luego procedemos a sustituir en la fórmula I utilizamos el coeficiente de filtración $K = 0,1$ obtenido durante el bombeo experimental en el pozo 79:

$$Q_{af} = 3,14 (0,1 \text{ m/dia}) (20^2 - 3^2) \text{ m} / 2,3 \log \frac{1227}{267}$$

$$Q_{af} = 101 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Cálculo de la afluencia de agua procedente de las precipitaciones atmosféricas.

Tenemos que:

$$Q_{ll} = F \sum u / 180$$

de donde:

F : área obtenida por planimetría y presenta los valores expuestos anteriormente para las diferentes áreas.

$\sum u$: sumatoria promedio de lluvia caída en los años 1976, 1977, 1978 con valor de $0,373$ m determinada con pluviómetro (en San Andrés).

Cálculo para la cantidad de lluvias en área de categoría B.

Donde:

$$F = 6468 \text{ m}^2$$

Sustituimos en la fórmula anterior quedando:

$$Q_{ll} = 6468 \text{ m}^2 \frac{0,373 \text{ m}}{180 \text{ dia}}$$

$$Q_{ll} = 12,93 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Cálculo para la cantidad de lluvia en área de categoría C₁ + B.

Para un área de 175 866 m^2 tenemos que:

$$Q_{ll} = 175 \text{ 866 m}^2 \times \frac{0,373 \text{ m}}{180 \text{ dia}}$$

$$Q_{ll} = 351,7 \text{ m}^3/\text{dia.}$$

Cálculo para la cantidad de lluvia en área de categoría C₂ + C₁ + B.

El área es de 224 411, sustituimos en la fórmula y obtuvimos un:

$$Q_u = 224\ 411\ m^2 \times \frac{0,373\ m}{180\ dia}$$

$$Q_u = 449\ m^3/dia.$$

Cálculo de la afluencia total de agua:

$$Q_T = Q_{afluencia} + Q_u$$

Para área en categoría B.

$$Q_T = 36\ m^3/dia + 12,9\ m^3/dia$$

$$Q_T = 49\ m^3/dia.$$

Para área en categoría C₁ + B

$$Q_T = 76\ m^3/dia + 352\ m^3/dia$$

$$Q_T = 428\ m^3/dia.$$

Para área en categoría C₂ + C₁ + B.

$$Q_T = 101\ m^3/dia + 449\ m^3/dia$$

$$Q_T = 550\ m^3/dia.$$

Por la complejidad hidrogeológica, teniendo en cuenta - el gasto de afluencia total (categoría C₁ + B + C₂) y el coeficiente de filtración (entre 5 - 0,05 m/dia) - se puede clasificar el yacimiento, como poco complejo - donde las condiciones de apertura no son muy difíciles.

CAPITULO VIII

Condiciones Ingeniero Geológicas del sector.

Los fenómenos Ingeniero Geológicos son las respuestas de las condiciones de yacencia de la roca de su grado de alteración, así como de las estructuras internas de la corteza terrestre y la formación del relieve de la tierra.

En el presente trabajo el estudio ingeniero geológico se ha efectuado a través de los itinerarios hidrogeológicos e ingeniero geológicos y el muestreo de ensayos físicos.

Durante los itinerarios sólo se observó como fenómeno físico-geológico el agrietamiento, este se encuentra en todas direcciones por lo que no hay predominio en una dirección, excepto en algunos casos.

A través de las investigaciones en la zona se detectaron en algunos lugares fallas de pequeño desplazamiento, la cual presenta dirección sublatitudinal con 250° y un buzamiento de 90° S.

También en los itinerarios se visitaron algunos laboreos superficiales en los cuales se ha podido apreciar que los taludes que forman dichos frentes de cantera se comportan estables con inclinaciones de 70° - 80° y altura de hasta 5 m.

En cuanto a las propiedades físicas-mecánicas de la materia prima fueron efectuados con el fin de dar una valoración de la misma obteniéndose las propiedades físicas: peso volumétrico, peso específico y granulometría (Tabla N^o 8) las propiedades mecánicas aún no se han obtenido los resultados.

De los resultados de las propiedades físicas para los eluvios, donde el intemperismo es elevado el comportamiento de la gradación de los agregados componentes del suelo es del tipo arcilla limosa. Por la presencia de este suelo y aunque no aparezcan reflejadas dichas propiedades durante el análisis se puede decir que el coeficiente de filtración consecuentemente en las arcillas es bajo, mientras que la capilaridad es elevada (1500 cm). Otro parámetro que cualitativamente se podría evaluar para las arcillas es la densidad presentandonos un suelo poco compacto.

En las propiedades físicas (ver tabla) aparecen los va-

lores adquiridos para el peso volumétrico que según la metodología de clasificación se obtiene una roca arenosa arcillosa, con una composición mineralógica dada en Cuarzo, Feldespato y Mica.

Según el peso específico para el yacimiento varía entre 2,43 y 2,65 no encontrándose lejos del rango de valores de la mayoría de las rocas (2,5 y 2,8), aunque se puede considerar baja.

Por lo antes expuesto nos hemos visto en la necesidad de hacer un análisis somero de las propiedades físico mecánicas por carecer de datos de las propiedades físicas y además no tener datos de propiedades mecánicas.

Para la futura explotación de la mina no existirán complejidades desde el punto de vista de las condiciones ingeniero geológicas, pero se debe realizar un análisis de las propiedades físico mecánicas de las rocas más en detalle, además tener en cuenta los fenómenos y procesos físicos geológicos que puedan surgir como resultado de la explotación, ya que durante la misma los taludes van a presentar una mayor altura que la existente en la actualidad. Además es necesario realizar investigaciones minero geológicas en la cantera existente.

TABLA N° 8 PROPIEDADES FISICAS

N° Pozo	INTERVALO Desde Hasta	Peso		Volumé- trico.	GRANULOMETRIA (mm)							
		Especí- fico.	Espe- cífico.		4,75	2,36	1,18	0,600	0,3000	0,150	0,071	-0,071
8	3,00 6,00	2,64	2,64	2,28	26,14	5,21	6,40	5,42	4,84	2,91	2,36	48,00
8	12,60 15,35	2,64	2,64	2,35	9,43	9,39	11,67	8,60	5,65	3,46	2,81	48,95
13	1,50 4,00	2,61	2,61	2,37	7,52	11,12	12,63	9,61	6,10	5,76	3,27	43,95
13	6,00 9,00	2,59	2,59	2,40	18,47	8,27	9,17	6,42	3,64	3,64	1,85	44,54
13	9,00 11,00	2,52	2,52	2,40	16,31	8,64	7,05	6,01	5,09	2,89	1,87	52,10
7	11,20 15,25	2,65	2,65	2,32	32,74	8,93	8,06	5,60	3,23	1,60	1,09	38,70
2	2,40 4,50	2,62	2,62	2,37	3,29	7,12	11,27	11,06	11,20	8,38	5,27	42,38
40	4,00 8,00	2,61	2,61	2,32	39,23	6,86	6,09	3,55	3,08	1,21	1,08	38,74
21	8,20 11,40	2,58	2,58	2,28	11,42	9,44	10,01	7,80	6,30	3,41	2,90	48,67
6	10,00 12,00	2,43	2,43	2,23	10,54	10,28	10,04	8,40	5,34	3,66	2,11	49,61
PROMEDIO ARITMETICO		2,59	2,59	2,33	17,51	8,53	9,24	7,25	5,45	3,69	2,46	45,56

CAPITULO IX

Análisis Críticos del trabajo realizado

Comenzaremos este capítulo, expresando que, durante la -- confección del proyecto, no se hizo un análisis exhaustivo acerca de las condiciones hidrogeológicas del yacimiento atendiendo a trabajos realizados anteriormente, de ahí se derivó que se dejaran de proyectar una serie de métodos hidrogeológicos, que luego hubo que hacerlos como complemento, debido a la presencia del agua subterránea en los pozos de perforación y laboreo. De ahí se desprende la importancia que tiene en los trabajos hidrogeológicos una buena proyección de los métodos hidrogeológicos a aplicar.

Durante los trabajos hidrogeológicos se presentaron deficiencias debido a no estar representada por un personal que garantizara los trabajos de campo permanentemente. No fueron realizadas las mediciones hidrométricas a las corrientes superficiales del área del yacimiento.

Los pozos utilizados para los trabajos hidrogeológicos no poseían potencia hidrogeológica completa ya que los mismos fueron perforados con fines geológicos y solo se perforó la materia prima utilizable.

Aunque a través de los cubeteos se obtuvo una valoración preliminar de las condiciones hidrogeológicas los mismos fueron realizados con una corta duración.

El régimen de no equilibrio fue el sistema de cálculo empleado para la obtención de los parámetros hidrogeológicos durante los trabajos de gabinete, el cual es muy poco conocido; aunque se adapta a las condiciones existentes en la realidad pudiendo calcular con gran exactitud el coeficiente de permeabilidad y el coeficiente de conductividad, a pesar de que los bombeos no fueron realizados con el tiempo requerido (sobrepasar las 48 horas). Aunque en algunos casos para el cálculo del coeficiente de permeabilidad (K) se empleó el régimen de no equilibrio y el régimen de equilibrio esto ha sido debido al comportamiento de la curva G vs t donde se observa la estabilización del gasto en el tiempo (Es bueno señalar que esto se hizo con la finalidad de comprobar).

Antes de finalizar la confección de este capítulo se --

Antes de finalizar es necesario hacer referencia a los --
reajustes que fueron necesarios durante el cálculo de a--
fluencia, de los cuales creemos que han sido un logro.

Entendemos además que debe ser señalada la gran dificul--
tad presente en la valoración de las condiciones ingenie--
ro geológicas por las pocas propiedades físicas disponi--
bles y por la escases de las propiedades mecánicas, con --
las cuales hubieramos realizado una valoración cuantitati--
va del yacimiento Feldespático; todo esto decidido, a que
a nuestro trabajo, se le dejara el título de Condiciones
hidrogeológicas único y exclusivamente.

CAPITULO X

Conclusiones y Recomendaciones.Conclusiones.

- 1.-La red hidrografica es sencilla y los arroyos presentes en el área del yacimiento tienen carácter intermitentes.
- 2.-El relieve de la zona del yacimiento es suave.
- 3.-La Reolita se ha comprobado que su homogeneidad es relativamente alta.
- 4.-En el área del yacimiento no existen afloramientos, se conoce del cuerpo feldespatico gracias a las perforaciones y laboreos viejos.
- 5.-De acuerdo a los planos de hidroisohipsas y perfiles del yacimiento Feldespato Purnio, en el mismo se encuentran gran parte de las reservas anegadas.
- 6.-De acuerdo a los parámetros hidrogeológicos y en función del parámetro K (permeabilidad) el yacimiento cae en el grupo III poco permeable.
- 7.-En bombeos en pozos aislados, se comprobó una vez más que el uso del Air Life no es el más recomendable para la toma del nivel.
- 8.-En el capitulo de cálculos de afluencias, de acuerdo al gasto de afluencia y el coeficiente de permeabilidad según la clasificación de los yacimientos atendiendo a su grado de complejidad, el yacimiento es del tipo poco complejo.
- 9.-En el yacimiento no fueron detectados fenómenos y procesos físicos geológicos complejos que puedan interrumpir el proceso de explotación; los taludes de los laboreos superficiales antiguos, se presentan estables hasta con inclinaciones de 70° - 80° y alturas de hasta 5 - 6 m.
- 10.-Desde el punto de vista minero técnico, se llegó a la conclusión de explotar el yacimiento hasta la profundidad de 20 m, mediante el laboreo superficial.

Recomendaciones.

- 1.-Se recomienda que en futuros trabajos geológicos en yacimientos no metálicos, se realicen mediciones del régimen de las aguas subterráneas (mediciones del nivel en el tiempo) para poder delimitar bien las reservas - secas y húmedas, en los períodos del año (seca y lluvia), no importa que los trabajos geológicos duren - por lo general menos de un año. Esto vela por la calidad del trabajo.
- 2.-Se recomienda que para próximos proyectos de no metálicos que la parte de hidrogeología e ingeniería geológica realice un capítulo sobre propiedades físico-mecánicas ya que, en el mayor de los casos, la parte de tecnología utiliza propiedades especiales que en realidad no son de nuestra utilidad y sobre todo que se orienten muestras para realizarles ensayos mecánicos.
- 3.-Se recomienda, dadas las características del yacimiento donde gran parte de sus reservas se encuentran anegadas, desaguar el yacimiento por medio de la utilización de motobombas, ya que el yacimiento presenta un relieve llano y no es posible utilizar la fuerza de gravedad.
- 4.-Se debe entrar a analizar por parte del organismo competente que va a ejecutar la explotación, el factor económico y de análisis si en definitiva, dada las condiciones hidrogeológicas el yacimiento es rentable durante su explotación.
- 5.-Aunque dentro de las conclusiones se plantea en la N^o-9 que los taludes son estables a 5 - 6 m de altura, de bemos recomendar que se tomen durante la explotación - algunas medidas desde el punto de vista minero-técnico, ya que las alturas de los taludes ahora serán mayores y en ellos pudieran generarse algunos fenómenos ingenieros geológicos que pudieran entorpecer la explotación.

52

A N E X O S G R A F I C O S

- ANEXO I : Mapa de ubicación geográfica.
- ANEXO II: Mapa Geológico de la región.
- ANEXO III: Mapa de datos reales.
- ANEXO IV.1: Plano de Hidroisohipsas de la Exploración Orientativa (octubre-noviembre 1977)
- ANEXO IV.2: Plano de Hidroisohipsas de la Exploración Detallada (agosto-septiembre 1979).
- ANEXO V : Perfiles Hidrogeológicos.
- ANEXO VI.1: Esquema Geólogo Técnico del Pozo N° 1
- ANEXO VI.2: Esquema Geólogo Técnico del Pozo N° 2
- ANEXO VI.3: Esquema Geólogo Técnico del Pozo Campesino.
- ANEXO VI.4: Esquema Geólogo Técnico del Pozo N° 8.
- ANEXO VI.5: Esquema Geólogo Técnico del Pozo N° 45.
- ANEXO VI.6: Esquema Geólogo Técnico del Pozo N° 79.
- ANEXO VII: Plano de las variaciones de los niveles en dos - períodos.
- ANEXO VIII: Plano de cálculo de las posibles afluencias de a gua.
- ANEXO IX : Tabla de los resultados de los Análisis Químicos.

Bibliografía.

- 1.-Kukla J. - Informe Final sobre el cálculo de reservas de Feldespato en Holguín.
Fondo Geológico E.G.S. (Junio 1975)
- 2.-Ing. Vidal P. y Apud A. - Proyecto Técnico Económico sobre la Búsqueda y Exploración de materias primas Feldespáticas en el área del yacimiento "El Purnio" Holguín.
Archivo Sección No Metálicos. E.G.S. (1977)
- 3.-Ing. Merconchini H. Proyecto Búsqueda Detallada Piedra (Caliza) Holguín-Gibara.
Archivo Sección No Metálicos. E.G.S.(Julio 1979).
- 4.-Furrazol G. Bermudez y otros. Geología de Cuba.
Ministerio de Industria. Instituto Cubano de Recursos Minerales. (1964).
- 5.-Barrabí H. Particularidades Geológicas y Petrográficas de Cuba Oriental (Tesis). (1978).
- 6.-Nagy E, y otros. Texto explicativo del mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1 : 250 000. Informe inédito. Archivo del Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de Cuba.
- 7.-Profesores del ISMM: Conferencias de Hidrogeología, Ingeniería Geológica, Dinámica de las aguas subterráneas y Geología de Cuba.
Dominguez E.
Hernández M.
Sanjurjo J.
Cobiella J.
L.
- 8.-Castany G. Libro del Tratado práctico de las aguas subterráneas y Prospección y Exploración de las aguas subterráneas.

- 10.-Pérez M. Valoración de las condiciones hidrogeológicas del sector Concordia del yacimiento Hierro Santiago (1979)
- 11.-Egorov L. Libro de Hidrogeología de Cuba.

I N D I C E

TEMAS	PAGINAS
INTRODUCCION	1
CAPITULO I : Condiciones físico geográficas de la región	
I.1: Condiciones orográficas, hidrográficas y clima.....	3
I.2: Características Económicas....	4
I.3: Datos de las investigaciones - anteriores sobre el yacimiento.	5
CAPITULO II : Geología de la región y el sector.	
II.1: Introducción.....	8
II.2: Geología de la región.....	8
II.3: Geología del sector.....	10
II.4: Forma de los cuerpos útiles...	13
II.5: Composición Mineralógica del yacimiento.....	13
CAPITULO III : Tipos, volúmenes y metodología de los trabajos.	
III.1: Itinerarios Hidrogeológicos e Ingeniero Geológicos.....	15
III.2: Observaciones Hidrogeológicas durante la perforación..	15
III.3: Mediciones Simultáneas.....	16
III.4: Perforaciones Hidrogeológicas.	16
III.5: Bombes de Prueba.....	17
III.6: Bombes Experimentales.....	18
III.7: Muestreo Hidroquímico.....	18
III.8: Muestreo para Ensayo Físico-mecánico	19

TEMAS	PAGINAS
CAPITULO IV : Condiciones Hidrogeologicas del Sector.....	23
CAPITULO V : Quimismo de las aguas subterráneas y superficiales	26
CAPITULO VI: Determinación de los parámetros hidrogeológicos.....	28
CAPITULO VII : Cálculo de las afluencias.	40
CAPITULO VIII: Condiciones Ingeniero Geológicas del Sector.....	45
CAPITULO IX : Análisis Crítico del trabajo realizado.....	48
CAPITULO X : Conclusiones y recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFIA :	52