

C.44  
I.117

**Cantera de Dolomita "Agua Chica"**

**Departamento Tumbaya – Prov. de Jujuy**

**Por: Ing. H. Leidhold**

**Dr. Leandro J. de Los Hoyos**

**1968**

*ML*



PROVINCIA DE JUJUY

DIRECCION PROVINCIAL DE MINERIA

LAMADRID 438 - 1.º PISO

C. 44  
I. 117

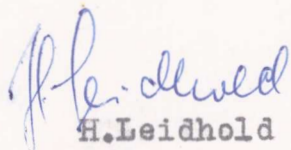


Ref: E/informe sobre cantera de dolomita  
"Agua Chica" , Depto. Tumbaya.


Señor Director:

Adjuntamos el informe sobre la cantera de dolomita de "Agua Chica", en el departamento de Tumbaya, correspondiente al expediente D.P.M. N°57/67 y que se realizó de acuerdo a la resolución N°229.-

S.S. de Jujuy , 22 de enero 1968

  
H. Leidhold

Ing. de Minas

  
L. de los Hoyos  
Geólogo



DIRECCION PROVINCIAL DE MINERIA

JUJUY

INFORME

SOBRE LA INSPECCION DE LA CANTERA DE DOLOMITA "AGUA CHICA",  
DEPARTAMENTO DE TUMBAYA -PROVINCIA DE JUJUY

Helmut Leidhold  
Ing. de Minas

Leandro de los Hoyos  
Geólogo

San Salvador de Jujuy  
1968



## 1. RESUMEN.

1.1 Objetivo de la inspección: Se ha modificado la designación de la materia prima dolomítica. Esta fué estudiada anteriormente por Altos Hornos Zapla para utilizarla como fundente y en acería; ahora se pretende usarla como materia prima refractaria solamente, con lo que han surgido inconvenientes debidos al gran porcentaje de "finos" que contiene el material.

Por esto se planteó como objetivo de la inspección tomar sobre el terreno una impresión de la situación y dar, en principio, las vías de solución factibles, lo que se hace con el presente informe.

1.2 Característica del yacimiento: El yacimiento dolomítico de Tumbaya es un depósito sedimentario de edad precámbrica que se distingue en forma notable por las condiciones de perturbación tectónica. Se observan dislocaciones por plegamiento y fracturación; el fallamiento que muestra el frente de la cantera es de menor cuantía; el diaclasamiento es intenso. En general la roca exhibe un fuerte quebrantamiento y está atravesada en todas direcciones por venas y venillas de cuarzo. Además ha sido afectada por metamorfización.

Estos caracteres condicionan la calidad industrial de la dolomita.

1.3. Explotación actual : Se trabaja un frente de 40 m de altura en el cuerpo 1. El arranque se efectúa a mano, con barretas y en algunas partes se usa explosivo para aflojar la dolomita. El material se deja caer por la ladera hasta la plataforma del buzón que alimenta la zaranda vibratoria, hasta el cual es empujado por una topadora.

Este método deja una pendiente del faldeo que a la larga imposibilitará la extracción a cielo abierto; es muy peligroso, la gran caída por la ladera y la remoción con la topadora triturarán adicionalmente a la roca y exige un exceso de mano de obra que incide en los costos.

A la fecha de la inspección (18 al 20/XII/67) la cantera producía 75 t/día de material de la clase de tamaños 40-100 mm y 75 t/día de la clase 10-40 mm.

## 1.4 Conclusiones y recomendaciones

1.4.1 Consideraciones fundamentales: Es necesario asegurar la continuidad del negocio (reservas y mercado) en la extensión que justifique las inversiones sugeridas en este informe. En principio este aspecto sería favorable en lo que se refiere a las reservas de materia prima. Hay que determinar esas reservas más detalladamente, procediendo en dos etapas: tantear primero el yacimiento en profundidad y luego cubicarlo debidamente.

1.4.2 Método de explotación sugerido: La explotación debe realizarse por un método definido y planificado. Se sugiere que se haga por bancos de baja altura (6 a 8 metros) utilizando máquinas perforadoras adecuadas montadas sobre ruedas y con rotación independiente; si no se puede contar con ellas, se podría trabajar en sub-escalones de unos 2 m de altura. Usando este método, se considera conveniente mecanizar las operaciones de carga, incorporando una pala cargadora frontal de brazo articu-

//

lado o pala de descarga lateral, sobre ruedas neumáticas. Para un aprovechamiento integral del material se estima necesario la instalación de una planta de trituración y zarandeo más adecuada; si no se beneficiaran los "finos", la nueva planta se adaptaría a los fines que se pretendan.

Para el mejor aprovechamiento de la materia prima conviene apilar el material clasificado según tamaño y calidad, lo que permitiría un mezclado y control de calidad correctos.

Se estima que las inversiones necesarias para seguir el esquema descrito son del orden de los 20.000.000 de pesos m/n.

1.4.3. Solución integral. Basándose en el uso actual de la dolomita, es evidente que el factor limitante es el tamaño. El porcentaje de "finos" sólo puede reducirse en un grado muy pequeño por el método de explotación, debido al gran quebrantamiento de la dolomita.

Por eso hay que pensar en el aprovechamiento del material fino. Hay que investigar la posibilidad de calcinar la dolomita para el uso actual incluyendo los finos e incluso estudiar la posible utilización de los materiales más finos (< 5 mm) y subproductos tales como el dióxido de carbono o sus derivados.

Para calcinar la dolomita de menor tamaño, digamos de 5 a 40 mm, es necesario un horno rotativo y además la instalación de trituración y zarandeo.

Partiendo de los datos actualmente conocidos y de hipótesis razonables se considera que la inversión necesaria para el horno y equipo secundario sería del orden de los 70.000.000 de pesos m/n, con una rentabilidad aproximada del 225%.-

-----

## 2. GENERALIDADES.

### 2.1 Origen y objetivo de la inspección.

La inspección de la cantera "Agua Chica" fué motivada por una presentación de la empresa "Eugenio A. Romero e Hijos" S.R.L., con la que se abrió el expediente D.P.M. N° 57/67 y se realizó según la resolución D.P.M. N° 229/67.

También se interesó por ella la empresa Altos Hornos Zapla, (AHZ), que utiliza la materia prima dolomítica, con la cual nos pusimos en contacto a través del técnico de la misma, Sr. Barsimanto.

El problema planteado consiste esencialmente en que se ha modificado la designación de la materia prima. Este yacimiento fué estudiado por AHZ con el objeto de determinar la característica química de la dolomita para fundente y acería, pero ahora se pretende usarla como materia prima refractaria solamente, habiéndose presentado inconvenientes con respecto a la granulometría del material, ya que el porcentaje de "finos" es considerable. No han sido efectuadas pruebas tecnológicas en cuanto a la recuperación de material comercial. El Sr. Barsimanto nos indicó que la recuperación del tamaño requerido (40 a 100 mm) es del 20%, el resto corresponde a tamaños inferiores. El encargado de la cantera nos señaló que los porcentajes varían entre el 25 y 30% para el "grueso" (40 a 100 mm). Por lo tanto podemos adoptar con cierta aproximación una recuperación de material aceptable del 25%. En todos los casos el contenido de SiO<sub>2</sub> no debe sobrepasar el 1,7%.-

No obstante las exigencias de AHZ, el encargado de la cantera nos informó que esa empresa seguiría comprando material de la clase de tamaños 10 a 40 mm, aunque no en su totalidad.

En base a esto, nuestra inspección tuvo como objetivo interiorizarnos sobre el terreno de la situación y dar las vías de solución que consideramos factibles, lo que queda cumplimentado con el presente informe.

### 2.2 Ubicación/

La cantera "Agua Chica" está 5 km al S de la localidad de Purmamarca y 9,5 km al NNW de Tumbaya, en línea recta. Desde Tumbaya el recorrido hasta el cuerpo 1 es de 11,4 km, de los cuales 3 km se hacen por la ruta nacional N°9 hacia el N, tomando luego un camino hacia el W.

Las coordenadas geográficas del yacimiento son 23°47' de latitud sur y 65° 31' de longitud oeste de Greenwich. Su altura sobre el nivel del mar está comprendida entre 2500 y 3000 m.

## 3. BREVE CARACTERIZACION GEOLOGICA.

El yacimiento dolomítico de Tumbaya es un depósito sedimentario de edad precámbrica que se distingue en forma notable por sus condiciones de perturbación tectónica. Se registran en él dislocaciones por plegamiento y fracturación; en el cuerpo 1 - que fué donde se centraron nuestras observaciones - los estratos aparecen curvados sin llegar a formar algún pliegue conspicuo, pero las estructuras de plegamiento existen sin duda alguna y ya el géologo de AHZ, señor Romani, señala en su informe sobre el yacimiento (X) la existencia de pliegues cerrados de char-

---

(X) "El Yacimiento Dolomítico de Tumbaya" .R.R.Romani ,Altos Hornos Zapla, Jujuy , Año 1961.-



//

nela muy aguda. El fallamiento que se ve en el frente de la cantera es de menor cuantía, a la vez que el diaclasamiento es intenso. En general la roca exhibe un fuerte quebrantamiento.

En el área del cuerpo 1, el frente de la cantera muestra que la estratificación va de fina a gruesa (algunos metros); el rumbo de los estratos es WNW-ESE ó NW-SE y yacen monoclinamente con buzamiento 55°-60° al SW, en forma general.

Además, el estudio microscópico de la dolomita, cuyos resultados aparecen en el mismo informe, reveló en ella la presencia parcial de cristales de un tamaño superior a los 50 micrones, producidos por recristalización, lo que indica la acción de procesos metamórficos. Además, la roca está atravesada por venillas y vetas de cuarzo, aunque es bueno hacer notar que el rellenamiento de las fisuras en la dolomita por cuarzo es un hecho que se observa a simple vista en el yacimiento.

Los caracteres apuntados someramente son los que condicionan en esencia la calidad industrial de la dolomita.

#### 4. RESERVAS.

Actualmente AHZ tiene estimada una reserva de 1.200.000 toneladas de mineral "in situ". (comunicación verbal del técnico de AHZ, Sr. Barsimanto) químicamente aptas para acería, que podrían clasificarse en la categoría de posibles.

La determinación de reservas de materia prima en categorías industriales más altas es de fundamental importancia. Para llevar la explotación con un alto rendimiento es necesaria una inversión sustancial, que debe estar respaldada por la cubicación correspondiente.

Es evidente la necesidad de explorar el yacimiento en profundidad, determinando el límite de explotabilidad (ya sea por pasaje a otras rocas o por degradación de la calidad). Hay que asignar una suma de dinero y equipos adecuados a tal finalidad. Tal como ocurre para adoptar una decisión al respecto de las demás inversiones, también en este caso es necesario contar con el correspondiente respaldo financiero, que está dado en mayor grado por la continuidad del negocio, la cual, dado el relativamente bajo valor unitario del material, debe estar asegurada por un tiempo largo. Igualmente son necesarias estas condiciones si se piensa solucionar el problema general. (ver párrafo 6.).

Como orientación para cualquier decisión que involucra una inversión sustancial ya sea en exploración o explotación, hay que hacer algunas investigaciones del yacimiento en profundidad mediante laboreo minero y/o perforaciones, siguiendo un programa cuyo alcance debe estudiarse para lograr la máxima eficacia técnica-económica.

#### 5. TÉCNICA DE EXPLOTACION .

##### 5.1 Método actual.

Se trabaja un frente de 40 m de altura, en el cuerpo 1, arrancando el mineral a mano (barretas) y dejándolo correr por la ladera. En algunos lugares se afloja la dolomita con explosivos.

Luego, el mineral se empuja con topadora hasta el buzón que alimenta la zaranda vibratoria. (ver la sección topográfica en escala 1:1000 que se acompaña).

//

//

Evidentemente este método sólo puede tener una aplicación temporaria por adolecer de varios inconvenientes:

- a) Deja una pendiente local del faldeo que a la larga imposibilitará la explotación a cielo abierto.
- b) Es muy peligrosa
- c) La gran caída desmenuza el mineral produciendo mayor cantidad de finos
- d) No permite adecuado control de calidad
- e) El movimiento reiterado del mineral, especialmente con topadora tritura adicionalmente al mismo.
- f) Ocupa mucha mano de obra, encareciendo los costos.

### 5.2 Equipo y personal.

El equipo principal está integrado así: Una topadora Caterpillar D-6, 1 topadora Bucyrus-Erie, una topadora Fiat de 50 HP, un compresor Davey de 3 cilindros (una etapa), una zaranda vibratoria (largo 2,5 m, ancho 1,0 m), dos camiones Dodge (diesel), dos camiones fleteros.

En cuanto al personal, trabajan 25 obreros en un turno de 11 horas (de 7 a 18 h).

### 5.3. Producción

A la fecha de la inspección (18 al 20 /XII/67) la cantera estaba produciendo estos tipos y cantidades de mineral:

Clase 40 - 100 mm	:	75 t/día
Clase 10 - 40 mm	:	75 t/día.

La clase 40-100 mm es adecuada para horno de cuba y es adquirida por AHZ. La clase 10-40 mm aunque no tan adecuada, es absorbida por esa empresa en un 40% del producido, el resto va al desmonte junto con los materiales de tamaño inferior a 10 mm.

### 5.4. Método recomendado

Se aconseja trabajar de la siguiente manera:

- a) Llevar una explotación por bancos de baja altura, de aproximadamente 6 a 8 m, que permitiría, además de eliminar una gran parte de los inconvenientes señalados en el párrafo 5.1, tener un estrecho control de la calidad, al posibilitar un fácil análisis del mineral "in situ" ( se puede aprovechar en parte las perforaciones para voladuras) y una sencilla eliminación del mineral que no cumple con las especificaciones.
- b) Mecanizar convenientemente las operaciones. Usando el método por bancos se hace conveniente y necesario utilizar máquina perforadora adecuada para 6 a 8 metros de profundidad. Debe ser una máquina preferentemente montada sobre ruedas y con rotación independiente (para evitar los problemas debidos al mineral altamente quebrantado). No consiguiéndose ésta, se puede trabajar en subescalones más bajos.

Para cargar el mineral es conveniente usar una cargadora frontal con brazo articulado o pala de descarga lateral, sobre ruedas neumáticas.

- c) Instalar una planta de zarandeo más adecuada. Como parte de la solución integral (de la solución aprovechando el mineral menor de 40 mm) se puede instalar una planta de trituración y zarandeo en un lugar y forma que permita su fácil alimentación y eliminación de los productos.

El caso ideal del monto de inversiones se obtiene si se pue-

//

den beneficiar los finos (ver parrafo 6.), si no , la planta se adaptará a las finalidades que se pretendan.

d) Apilar el mineral en reservas relativamente elevadas, clasificando segun tamaño y calidad. Ello permitiría un correcto mezclado para mantenerse dentro de las especificaciones para el mineral a despachar. Además redundaría en un mejor aprovechamiento de la materia prima. Esto solo es factible económicamente si se dispone de la pala mecánica.

Las inversiones necesarias para el cumplimiento de los pasos descritos serían aproximadamente:

1 pala mecánica	\$ m/n	12.000.000.-
2 perforadoras	"	3.000.000.-
1 compresor	"	5.000.000.-
TOTAL	\$ m/n	<u>20.000.000.-</u>

Cabe insistir aquí que la extensión y planificación de las inversiones deben estar, como es lógico, regidas por la continuidad del negocio (reservas y mercado).

6. SOLUCION INTEGRAL

6.1 Enfoque general.

Tomando como base el uso actual del mineral es evidente que el factor preponderante es la limitación impuesta por el tamaño.

Debido al gran quebrantamiento de la dolomita la producción de material "fino" sólo puede reducirse en un grado muy pequeño por el método de explotación.

Conociendo la gran proporción de material fino (dos a tres veces más que el grueso) hay que pensar forzosamente en el aprovechamiento del mismo. En primer término hay que investigar la posibilidad de calcinar la dolomita para el uso actual y, si es factible, tratar de colocar el material más fino aun, digamos menor que 3 mm, para otras aplicaciones (p.ej. agricultura). También conviene estudiar el posible aprovechamiento del dióxido de carbono o productos derivados del mismo.

Para poder calcinar dolomita de tamaño menor, digamos entre 5 y 40 mm, es necesario un horno rotativo. Hay que determinar si es ventajoso triturar toda la producción, por la posibilidad de que de esta manera parte de la sílice quede liberada y se aloje preferentemente en las arenas de menos de 5 mm, que se descartan de todos modos para el uso en acería.

Se necesitaría además del horno rotativo la instalación de trituración y zarandeo, pues el horno rotativo sólo trabaja eficientemente en clases de tamaño bastante cerradas.

De los datos actualmente disponibles sólo se puede hacer una estimación conceptual, debiendo determinarse mediante un estudio definitivo los factores intervinientes con todo detalle. Se destacan por su importancia:

Determinación más ajustada de reservas, previa verificación aislada de las características del yacimiento en profundidad.  
Comportamiento del mineral ante el método de tratamiento propuesto (trituración-zarandeo-calcinación en horno rotativo).

6.2. Estimación económico-financiera.

Partimos de los datos actualmente conocidos y de las hipótesis

//

razonables que en cada caso se señalan.

6.2.1. Reservas . A las 1.200.000 toneladas de reserva les aplicamos por su categoría una probabilidad del 50%, considerando entonces 600.000 toneladas, a las que, con los datos aproximados disponibles podemos subdividir de la siguiente manera.

Material de 40-100 mm :	600.000 x 0,25	150.000 t
" " menos 40 mm:	600.000 tx 0,75 =	450.000 t
" " 5-40 mm :	450.000 x 0,47 <sup>(x)</sup>	210.000 t
" " 0- 5 mm :	450.000 x 0,53 <sup>(x)</sup>	240.000 t
		<hr/>
		600.000 t

(x)

Valores supuestos por falta de datos.

6.2.2. Vida de la cantera. Con los datos anteriores y tomando como base la producción anual requerida por AHZ, tendremos:

a) Considerando únicamente material de 40-100 mm

$$\frac{150.000 \text{ t}}{21.000 \text{ t/año}} = 7 \text{ años}$$

b) Considerando el material 5 - 100 mm

$$\frac{210.000 \text{ t} + 150.000 \text{ t}}{21.000 \text{ t/año}} = 17 \text{ años}$$

Observamos que, verificadas las reservas que se estimaron, hay suficiente vida para planear la mecanización de la cantera y la instalación de un horno de calcinación rotativo. (ver párrafo siguiente).

6.2.3. Estimación del costo de una planta de calcinación.

Para la producción referida (unas 80 t/día) se necesita un horno de aproximadamente 1,8 m de diámetro por 30 m de largo.

Horno	60.000 dólares	
Refractarios	4.000	"
Trituración	15.000	"
Zarandas	5.000	"
Tolva y cintas	6.000	"
Suma	90.000	"
Obras civiles y montaje	90.000	"
Suma	180.000	"
Imprevistos y varios	20.000	"
Total	200.000	"

Esa suma corresponde actualmente a \$ m/n 70.000.000.-

6.2.4. Rentabilidad . Como el producto final es dolomita calcinada para acería adoptamos el precio de 1450 \$/t de la dolomita cruda.

Material adicional disponible debido al horno rotativo  
Valor

210.000 t  
305.000.000 \$



//

De este valor restamos los costos aproximados como sigue:

a) Costo de calcinación. No se calcula pues será por lo menos igual y probablemente menor, que el actual y es el monto en el cual, por lo menos, incrementa el valor del producto.

b) Costos de operación y financiero.

La explotación se reduce a cargar el material del desmonte, ya que se trabaja con mineral que de otro modo se desecharía. Los costos se calculan por cada mes:

Mano de obra: 3 hombres x 22 días/mes x 1500 \$/hom. = 100.000 \$

Combustible : 3000 l/mes x 20 \$/l = 60.000 "

Amortización e intereses al 10% s/saldo (créditos internacionales) = 950.000 \$

Imprevistos y varios 90.000 \$

Total 1.200.000 \$

Los costos por tonelada son:

$$\frac{1.200.000 \text{ \$/mes}}{1750 \text{ t/mes}} = 690 \text{ \$/t}$$

Para las 210.000 t tendremos:

$$690 \text{ \$/t} \times 210.000 \text{ t} = 147.000.000. \$$$

Valor neto de las reservas:

$$305.000.000 - 147.000.000 = 158.000.000 \$$$

De donde resulta una rentabilidad mínima de:

$$r = \frac{158.000.000 \$}{70.000.000 \$} \times 100 = 225 \%$$

Que es un valor muy favorable.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1. Consideraciones fundamentales.

Es necesario asegurar la continuidad del negocio en la extensión que justifique las inversiones sugeridas. Este aspecto es favorable, en principio, en cuanto a reservas se refiere.

Hay que determinar las reservas de materia prima más detalladamente, procediendo en dos etapas: tantear primeramente el yacimiento en profundidad y luego cupicarlo en forma debida.

Como se trata de un material relativamente barato es necesario encontrar un mecanismo que asegure la colocación del material por un lapso prolongado, en el mercado.

### 7.2. La explotación:

Esta debe realizarse por un método definido y planificado. Se recomienda efectuarla por bancos de poca altura (aproximadamente 7 m de altura), mecanizar las operaciones de carga (pala cargadora frontal sobre ruedas), mejorar la instalación de zarrandeo y disposición de las "colas" y apilar el mineral clasi-

//

ficado segun tamaño y calidad para facilitar su correcto mezclado y su mejor aprovechamiento. Además debe llevarse un control de calidad constante.

Las inversiones estimadas tentativamente para este rubro son del orden de los 20.000.000 \$

Se impone un muestreo y análisis continuos para poder realizar una explotación selectiva.

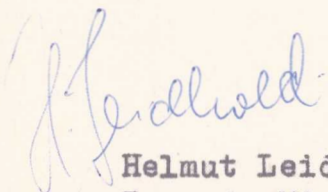
### 7.3. Solución integral /

Ella consiste en aprovechar también los tamaños de 5 a 40 mm. Para ello se necesita, previo zarandeo, la trituración y división en clases de tamaños de los materiales resultantes, alimentándolos a un horno rotativo. Ello pone el material fino en la misma categoría de precio que el grueso, ya que el producto calcinado final es el mismo. Se puede estudiar el aprovechamiento de subproductos, como p. ej. el dióxido de carbono.

La inversión necesaria para el horno y equipo secundario sería del orden de los 70.000.000 \$ m/n con una rentabilidad de aproximadamente 225% (basándose únicamente en los datos preliminares de reservas).

--- 000 ---

San Salvador de Jujuy , 22 de enero 1968



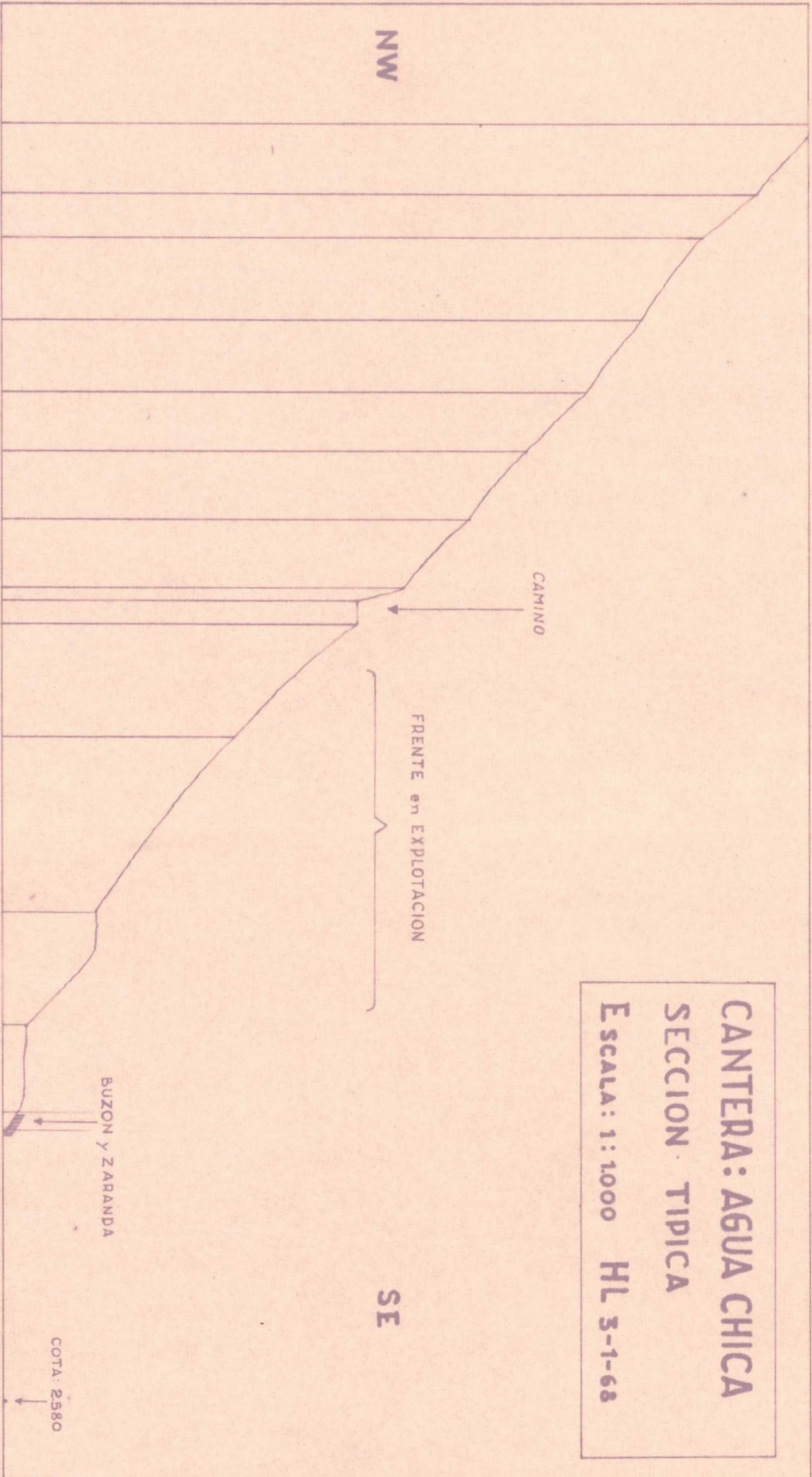
Helmut Leidhold  
Ing. de Minas



Leandro de los Hoyos  
Geólogo



**CANTERA: AGUA CHICA**  
**SECCION TIPICA**  
**ESCALA: 1:1000 HL 3-1-68**



018. IBÁÑEZ