

# **EXPLORACIÓN TEMPRANA DE QUEBRADA BLANCA 1977-1978: Mapeo geológico para estimar el potencial de recursos**

**TALLER DE EXPLORACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE  
RECURSOS MINERALES**

Organizado por:  
**Comisión Calificadora de Competencias  
en Recursos y Reservas Mineras**

Juan C. Marquardt  
Santiago, 7 de mayo de 2019

---

# PROYECTO DE EXPLORACIÓN DE QB

**1977 – 1985, J.V. Superior Oil-Falconbridge-ENAMI**

- *Compañía Exploradora Doña Inés Ltda.*
  - **1977-1978: Mapeo Geológico para delinear la zona mineralizada de mayor interés**
  - **1978-1979: Delineación del cuerpo mineralizado y sondeo sistemático con DDH, malla 100x100m (in-fill drilling)**
  - **1979-1980: Construcción de un túnel de exploración (ap. 2Km) y sondeo en malla de 50x50m en sector del *“payback period”*.**
- En total se sondearon 45Km.**

# PROYECTO DE EXPLORACIÓN DE QB

## 1977 – 1983 (cont.)

- **1982-1983: Estudio de Factibilidad**
  - **Modelo Geológico y Estimación de Recursos:**
    - **150 Mt de Sulfuros de Enriq. Secundario @ 1,1 % Cu** (ley de corte 0,4 % Cu)
    - **750 Mt de Sulfuros Primarios (Hipógenos) @ 0,6 % Cu** (ley de corte 0,4 % Cu)
  - **Pruebas Metalúrgicas de Flotación y Lixiviación de Sulfuros**
  - **Exploración por agua subterránea en los salares alrededor de Ujina.**
- **1985: Cae el precio del Cu a < USD 0,7/lb Cu. Se devuelve a Enami**

# QUEBRADA BLANCA

- ENAMI licitó posteriormente QB y fue adquirido por COMINCO/TECK en 1992, cuyos ingenieros revisaron y aceptaron los datos de la *Cía. Exploradora Doña Inés*.
  - En 1994 Q.B. INICIÓ PRODUCCIÓN, usando un proceso metalúrgico patentado por SMP (obtuvo 13,5% de participación), para producir 75Kt de cátodos de Cu/año.
  - Primera planta en el mundo que lixivia cc en pilas a esa altura (> 4.000m snm).
  - Se proyecta el agotamiento de las reservas de cc supérgena hacia el 2020.
-

# QUEBRADA BLANCA



# Proyecto Fase II de Quebrada Blanca o QB2 (Teck)

**SE PLANTEA CONTINUAR CON LA EXPLOTACIÓN DE LOS SULFUROS PRIMARIOS CON MOTIVO DEL AGOTAMIENTO DE LOS SULFUROS SECUNDARIOS**

- Explotación de la zona de sulfuros primarios o hipógenos mediante profundización del rajo y concentración por flotación. La producción anual sería de 275Kt Cu con Mo como subproducto.
  - Podría entrar en operación en 3 años más, el 2021.
-

# QB2 Proyecto de Explotación de los sulfuros hipógenos

## Minera canadiense Teck ve con optimismo posible segunda expansión de Quebrada Blanca

Minera canadiense anunció el **inicio de los movimientos de tierra para QB2, proyecto de US\$5.500 millones** en que es socia de Sumitomo, mientras piensa en un proyecto que incluso podría duplicar su capacidad.

Publicado el **15 de febrero del 2019**

**(La Tercera /Pulso)** Datos preliminares más que positivos son los que la minera Teck, con sede en Vancouver, Canadá, ha recibido en relación con el desarrollo futuro de la mina Quebrada Blanca. El yacimiento, ubicado en la Región de Tarapacá -y vecino de Collahuasi-, por estos días avanza en el desarrollo de su Fase 2, que costará US\$5.500 millones.

Ejecutivos de la empresa, que en Chile controla y opera las minas Quebrada Blanca y Carmen de Andacollo-además de participar en el proyecto Nueva Unión-, dijeron estar “**muy entusiasmados**” con los datos relativos a una eventual segunda ampliación de Quebrada Blanca, posterior al proyecto que en diciembre fuera aprobado por el directorio de la canadiense luego de incorporar como socio al grupo japonés Sumitomo.

.....  
“Es importante tener en cuenta que nuestro objetivo principal es avanzar en la construcción de QB2 con un enfoque en seguridad, ejecución eficiente y compromiso responsable con las comunidades locales”, agregó la compañía...

# . y QB3 **Proy. de Explotación de Sulfuros hipógenos + profundos**

## Minera canadiense Teck ve con optimismo posible segunda expansión de Quebrada Blanca

Publicado el 15 de febrero del 2019

**(La Tercera /Pulso)** Datos preliminares más que positivos son los que la minera Teck,... Ejecutivos de la empresa, que ...opera las minas Quebrada Blanca., dijeron estar **“muy entusiasmados” con los datos** relativos a una eventual segunda ampliación de Quebrada Blanca, ...

Desde la compañía destacaron **Quebrada Blanca Fase 3** podría incluso duplicar la producción o más y que, por ello, ha decidido iniciar estudios sobre esta opción.

**“Estamos entusiasmados con el potencial de QB3**, que es una oportunidad de expansión con el potencial de duplicar la producción o más. Teck ha iniciado un estudio conceptual sobre las oportunidades de expansión. Más allá de eso, se requerirían más estudios técnicos, permisos ambientales y participación comunitaria e indígena”....

Más eficiente

**“Es importante tener en cuenta que nuestro objetivo principal es avanzar en la construcción de QB2 con un enfoque en seguridad, ejecución eficiente y compromiso responsable con las comunidades locales”**,...

El jueves, en conferencia con inversionistas a propósito de la entrega de resultados del cuarto trimestre, el CEO de la empresa Don Lindsay, indicó que **QB3 será más barato de desarrollar y otorgará más retorno a la inversión.**

**“QB3 será mucho más eficiente en capital que QB2, porque aprovechará una gran parte de la infraestructura que estará disponible”**, señaló el máximo ejecutivo del grupo canadiense.

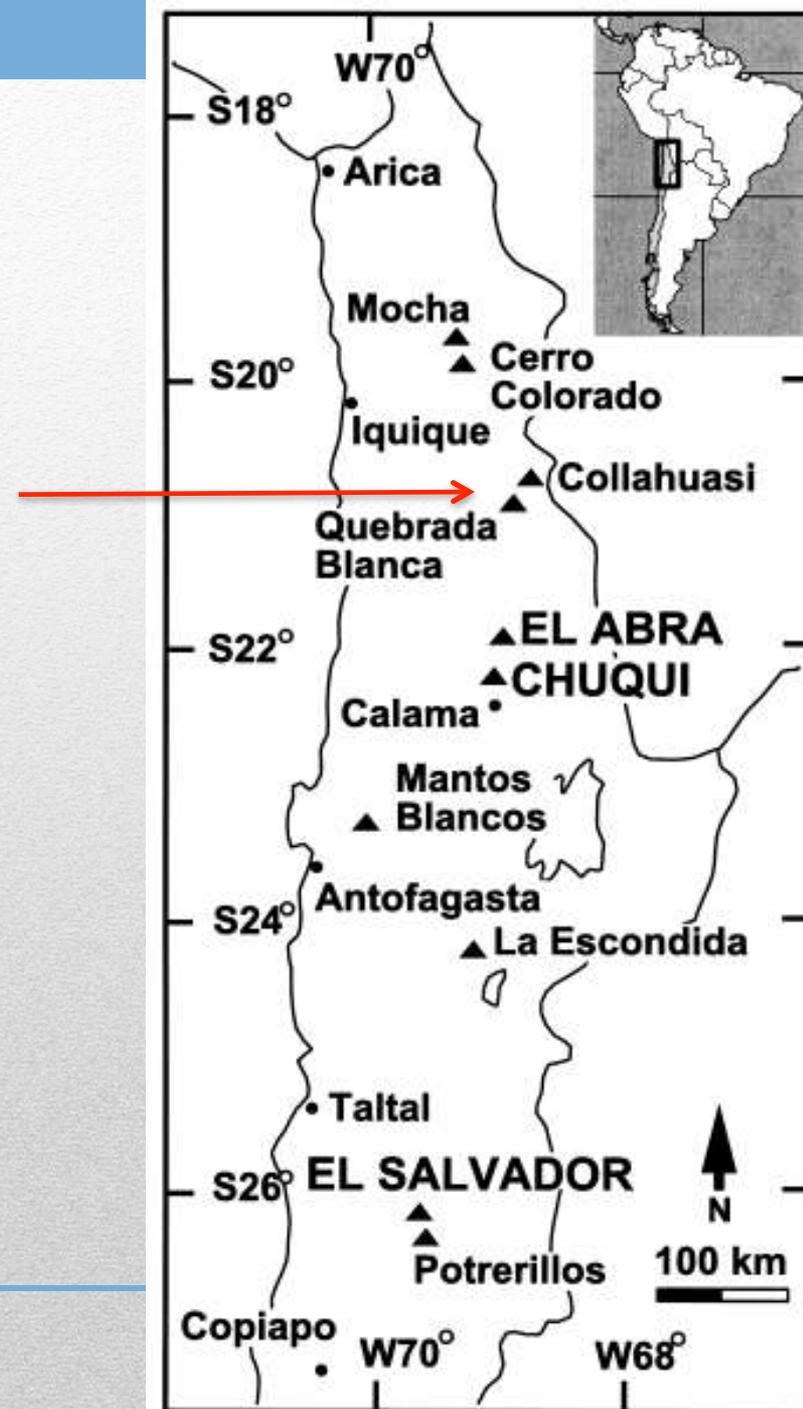
# MAPEO GEOLÓGICO PARA ESTIMAR EL POTENCIAL DE RECURSOS

- APLICACIÓN DEL MAPEO GEOLÓGICO PARA ESTIMAR EL POTENCIAL DE RECURSOS EN LA EXPLORACIÓN TEMPRANA DE QUEBRADA BLANCA, PREVIO AL SONDEO SISTEMÁTICO (1977).
-

# EXPLORACIÓN DE QUEBRADA BLANCA Y COLLAHUASI

1977-85

*COMPAÑÍA  
EXPLORADORA DOÑA  
INÉS LTDA.*





QUEBRADA BLANCA PROSPECT/DEPOSIT - 1978  
Exploration Campsite - center, right (4,150 m elev.)

# Historia del descubrimiento y exploración de Quebrada Blanca

**1880-1930 Auge del Distrito de Collahuasi**

**1956-1958 Exploración de Anaconda**

**1956 Vuelo con fotografía a color y Reconocimiento aéreo**

**1957 Visita preliminar de Swayne y Hamilton**

**1958 Mapeo geológico de Hamilton, Brower y Thomson.**

**Escala 1 : 10K, 25 km<sup>2</sup>, 1 : 1000, 8 km<sup>2</sup>= prospecto de 1ª calidad; pórfido cuprífero con potencial de gran tonelaje y enriquecimiento secundario o supérgeno. El área con mejor potencial, asumiendo un espesor de 100m, podría contener: 150 Mt de mineral enriquecido.  
**Anaconda consolida la PM y queda archivado por otros compromisos.****

# Historia del descubrimiento (cont.)

**1971-1973** Exploración por el IIG (GL, GQ y GF)

**1975-1976** Codelco-Chuquicamata

1 DDH que entró unos metros en la zona de sulfuros de enriquecimiento (> 1% Cu) y fue detenido por estar la propiedad en negociación.

**1977-1985** J.V. *CIA. EXPLORADORA DOÑA INÉS*

con **ENAMI** (se realiza los trabajos vistos al inicio de la charla)

---

# Exploración temprana de Quebrada Blanca

*Compañía  
Exploradora  
Doña Inés  
Ltda.*



**1977 MAPEO GEOLÓGICO PREVIO A INICIAR EL SONDEO DEL YACIMIENTO**  
**J. Bratt, John P. Hunt (Q.E.P.D.) y C. Münchmeyer**

---

©1975 Society of Economic Geologists, Inc.  
Economic Geology, v. 70, pp. 857-912

**SE APLICAN EN Q. B. CONOCIMIENTOS  
GEOLÓGICOS OBTENIDOS EN LA MINA  
EL SALVADOR**

**ECONOMIC GEOLOGY**

AND THE

**BULLETIN OF THE SOCIETY OF ECONOMIC GEOLOGISTS**

---

**VOL. 70**

**AUGUST, 1975**

**No. 5**

---

**The Porphyry Copper Deposit at El Salvador, Chile**

**LEWIS B. GUSTAFSON AND JOHN P. HUNT**

**Abstract**

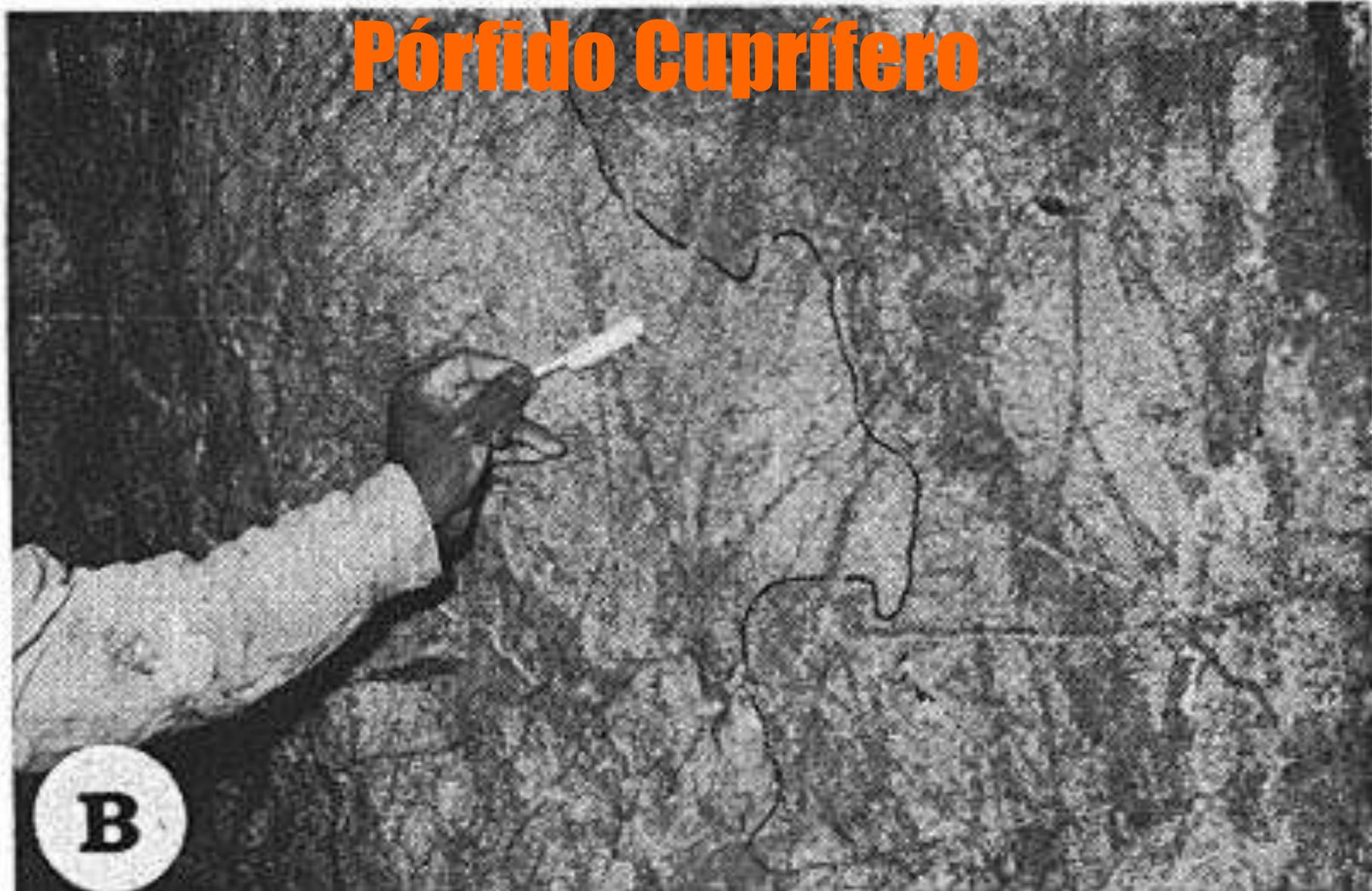
The formation of the porphyry copper deposit at El Salvador culminated volcanic activity in the Indio Muerto district. Host rocks for the ore are Cretaceous andesitic flows and sedimentary rocks overlain unconformably by lower Tertiary volcanics. Early rhyolite domes, formed about 50 m.y. ago and roughly contemporaneous with voluminous rhyolitic and andesitic volcanics, were followed by irregularly shaped subvolcanic intrusions of quartz rhyolite and quartz porphyry about 46 m.y. ago. Minor copper-molybdenum mineralization accompanied this event. A steep-walled granodioritic porphyry complex and the closely associated main center of mineralization and alteration were emplaced 41 m.y. ago.

The oldest of these porphyries, "X" Porphyry, is fine grained, equigranular to weakly porphyritic. Porphyritic textures are seen in deep exposures, whereas strong K-silicate

# Depósitos Tipo Pórfido Cuprífero

- Depósito de gran tonelaje y relativamente baja ley (100s Mt - <2% Cu)
  - Tienen origen magmático (pórfidos intrusivos) - hidrotermal (soluciones mineralizadoras)
  - La interacción de los fluidos con la roca genera una zonación de alteración hidrotermal y de mineralización.
  - La mineralización primaria o hipógena corresponde a sulfuros de Fe y Cu principalmente, diseminados y en vetillas.
-

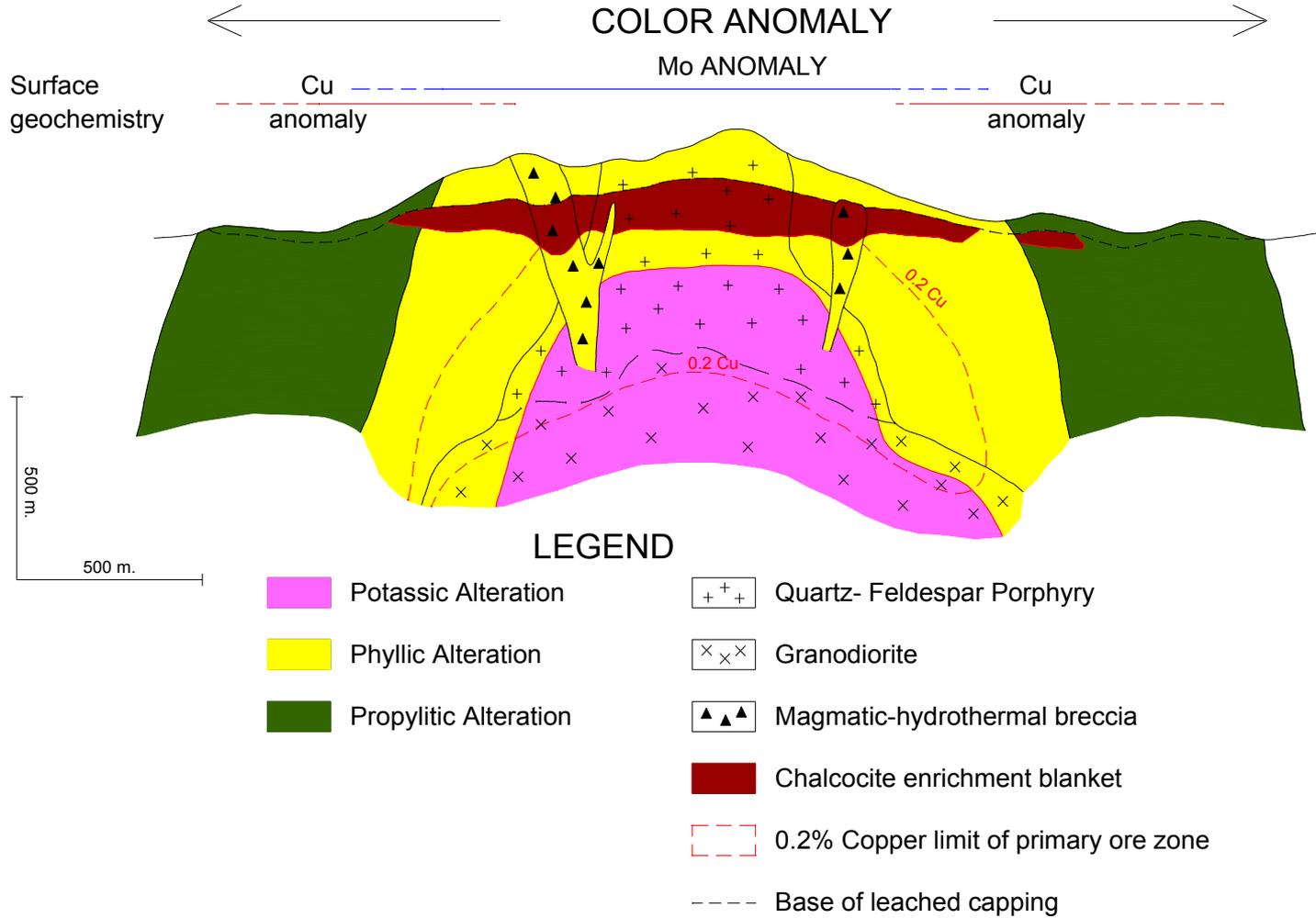
# Pórfido Cuprífero



STOCKWORK DE VETILLAS DE CUARZO CON SULFUROS DE Cu DISEMINADOS  
EN EL CONTACTO ENTRE DOS PULSOS DE “PÓRFIDO K” (Gustafson y Hunt, 1975)

# MODELO DE EXPLORACIÓN DE UN YACIMIENTO TIPO PÓRFIDO CUPRÍFERO CON ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO

## Sección Tipo



### LEGEND

- Potassic Alteration
- Phyllic Alteration
- Propylitic Alteration
- +++ Quartz- Feldespar Porphyry
- xxx Granodiorite
- ▲▲▲ Magmatic-hydrothermal breccia
- Chalcocite enrichment blanket
- 0.2% Copper limit of primary ore zone
- Base of leached capping

FIGURE 1 : Exploration Models Cross Section  
A : Exposed enriched porphyry copper system

## 1.a MAPEO GEOLÓGICO (datos)

- Mapeo geológico detallado de afloramientos, escala 1: 2.000 (en hojas tamaño carta)
  - Mapeo “estilo Anaconda”: estándares de mapeo, simbología, códigos y nomenclaturas desarrolladas en la mina de El Salvador (derivados de Potrerillos y otras minas de Anaconda)
  - Área de aprox. 1 x 3 km<sup>2</sup>
-

## 1.b MAPEO GEOLÓGICO (datos)

- Mapeo G1 acompañado de muestras de roca para estudios mineralógicos:
  - Confirmar los minerales de alteración (sericita, arcillas, feldespatos, biotita, etc.)
  - Encontrar en rocas lixiviadas sulfuros “relictos” y sus proporciones, para establecer las zonaciones de sulfuros típicas de un PCD

Nota: Los estudios mineralógicos fueron realizados en el Laboratorio Geológico de la mina El Salvador, usando los estándares elaborados en ese laboratorio.

---

## 1.c MUESTREO GEOQUÍMICO (datos)

- Muestras de roca para análisis geoquímico por Cu, Mo, Au, Ag, K y otros elementos, con el fin de establecer zonaciones típicas en Pórfidos de Cobre. Se sacaron >500 mts.

Nota 1: Trabajo realizado inicialmente en el Laboratorio Químico de la mina Chuquicamata y, después, en otros laboratorios comerciales de Iquique.

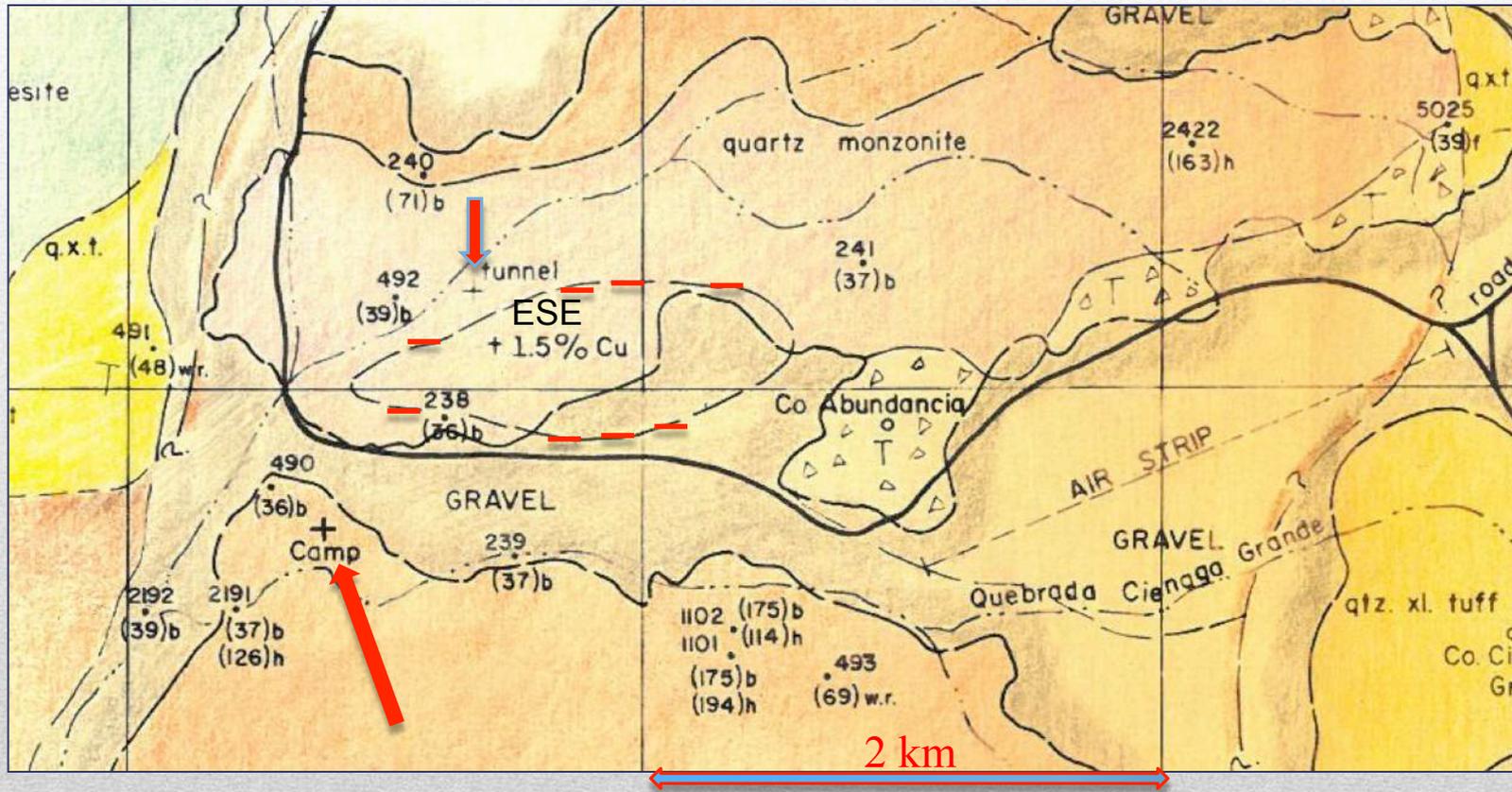
Nota 2: todas las muestras, tanto para geoquímica como para mineralogía, fueron numeradas, registradas en un libro con las coordenadas respectivas y ubicadas en un mapa.

---

## 2.a TRASPASO DE LOS DATOS E INTERPRETACIÓN EN MAPAS TEMÁTICOS (información)

- **LOS DATOS DEL MAPEO GEOLÓGICO DETALLADO 1/2K (HOJAS TAMAÑO CARTA) FUERON TRASPASADOS A MAPAS TEMÁTICOS TRANSPARENTES (OVERLAYS) DE APRÓX. 1x1,5 m<sup>2</sup>, COMPILANDO POR SEPARADO:**
    - **ROCAS Y ESTRUCTURAS**, e interpretando los contactos entre rocas y la continuidad de las fallas.
    - **ALTERACIÓN DE LA ROCA**, e interpretando la zonación de minerales indicadores hipógenos y/o supérgenos
    - **MINERALIZACIÓN**, e interpretando las diferentes zonas minerales,
    - **ABUNDANCIA DE VETILLAS DE CUARZO Y VETILLAS “D”**, y estableciendo zonas de acuerdo a su abundancia.
-

# Mapa Geológico generalizado de Quebrada Blanca



(Tomado de Ware, Münchmeyer y otros, 1981)

## 2.b INFORMACIÓN DE MINERALOGÍA

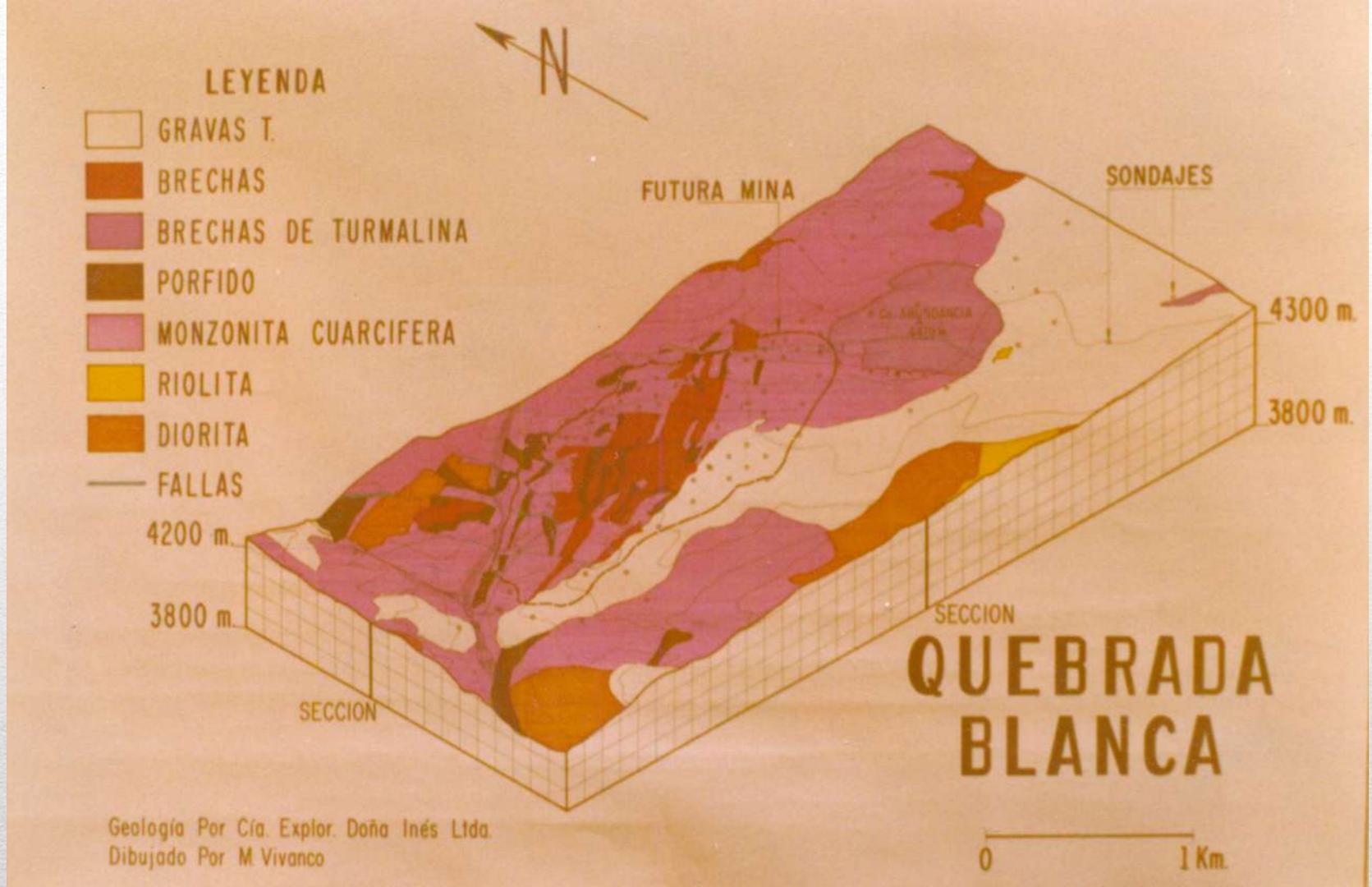
- **LOS DATOS DE LOS ESTUDIOS MINERALÓGICOS DE MUESTRAS DE MANO INFORMADOS POR EL LABORATORIO GEOLÓGICO DE LA MINA EL SALVADOR, FUERON PLOTEADOS TAMBIÉN EN MAPAS TEMÁTICOS (OVERLAYS):**
    - **MINERALES DE ALTERACIÓN**, lo cual se usó para validar la interpretación del mapa temático de alteración.
    - **SULFUROS “RELICTOS”**, para establecer la zonación original de sulfuros hipógenos, de manera complementaria con el mapa de mineralización y, a la vez, la posible zonación de minerales supérgenos (óxidos vs sulfuros secundarios de Cu)
-

## 2.c INFORMACIÓN DE GEOQUÍMICA

- **LOS RESULTADOS (DATOS) DEL LABORATORIO QUÍMICO DE MUESTRAS DE ROCA FUERON PLOTEADOS TAMBIÉN EN MAPAS TEMÁTICOS (OVERLAYS):**
    - **MAPAS POR CADA ELEMENTO (Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, K, etc.), e interpretación de curvas con isocontenidos que tienen correspondencia con ciertas zonas del modelo de un yacimiento tipo Pórfido de Cobre.**
-

# 3. INTERPRETACIÓN

- **LA INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN GL Y GQ DE LOS MAPAS TEMÁTICOS, PERMITIÓ ZONIFICAR EN EL MAPA DE QUEBRADA BLANCA, EL POTENCIAL DE MINERALIZACIÓN A PROFUNDIDAD:**
  - **UN ÁREA DE APROX. 3x1 km<sup>2</sup> QUE REPRESENTA LA EXTENSIÓN ORIGINAL DE LA MINERALIZACIÓN PRIMARIA ORIGINAL MÁS IMPORTANTE (típicamente > 0,5% Cu en un Pórf. de Cobre), actualmente oxidada y/o lixiviada en superficie.**
  - **UN ÁREA DE 750x1500 m<sup>2</sup> CON POTENCIAL PARA PRESENTAR ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO (cc-cv con típicamente el doble o triple de la ley del primario, es decir, 1-1,5% Cu), bajo la zona superior lixiviada-oxidada o cubierta con gravas post-minerales.**
-



# Bloque 3D: LITOLOGÍA Y ESTRUCTURAS

# QUEBRADA BLANCA

## SECCION 519.900 E

### ROCAS Y ESTRUCTURAS

- FALLA
- GRAVAS TERCIARIAS
- BRECHA CAVERNOSA
- BRECHA IGNEA
- PORFIDO
- MONZONITA CUARCIFERA
- DIORITA



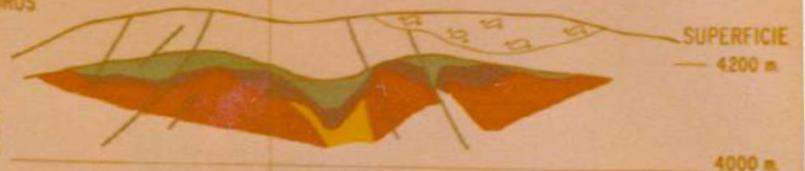
### TIPOS DE ALTERACION

- CAOLIN SUPERGENICO
- SERICITA PENETRATIVA
- POTASICA (BIOT)
- POTASICA (FELD K)
- PROPLITICA



### ASOCIACIONES DE SULFUROS

- CALCOSINA
- CALCOSINA - COVELINA
- CALCOPIRITA > PIRITA
- PIRITA > CALCOPIRITA



INTERPRETACION POR H. SOTO P

0 300  
Metros

## INTERPRETACIÓN

(una vez perforados  
varios sondajes)

-Rocas y estruc-  
turas

-Alteración

-Mineralización

EN SECCIÓN  
TRANSVERSAL

# 4. CONCLUSIONES

- **EL PRIMER MAPEO GEOLÓGICO DE QUEBRADA BLANCA (1959) PERMITIÓ ESTABLECER UN AMBIENTE DE PÓRFIDO CUPRÍFERO Y ESTIMAR UN POTENCIAL MUY APROXIMADO DE:**  
**150Mt DE MINERALIZACIÓN CON ENRIQUECIMIENTO SECUNDARIO (asumiendo un manto de 100m de espesor)**
  - **ESTO FUE LA BASE PARA JUSTIFICAR UN TRABAJO DE EXPLORACIÓN SISTEMÁTICO EN 1977.**
-

# 4. CONCLUSIONES (cont.)

- **EL MAPEO GEOLÓGICO COMPLEMENTADO CON MINERALOGÍA Y GEOQUÍMICA QUE REALIZÓ CÍA. EXPLORADORA DOÑA INÉS LTDA. EN 1977, COMPROBÓ LA INTERPRETACIÓN PREVIA Y PERMITIÓ ESTIMAR PRELIMINARMENTE UN POTENCIAL DE:**
    - **+100 Mt DE ENRIQUECIMIENTO ( $> 1\%$  Cu, asume 75m espesor)**
    - **+ VARIOS 100's Mt DE MINERAL PRIMARIO ( $\geq 0,5\%$  Cu)**
    - **ESTO FUE LA BASE PARA JUSTIFICAR CAMPAÑAS CONSECUTIVAS DE SONDAJES:**
      - **DE COMPROBACIÓN (1977) CON RESULTADOS FAVORABLES,**
      - **DE EVALUACIÓN (1978-1981) EN MALLAS DE 100m y 50m EN EL SECTOR DE PAGO DE LA INVERSIÓN INICIAL (PAYBACK PERIOD).**
-

# 4. CONCLUSIONES (cont.)

- **DEL POTENCIAL ESTIMADO PRELIMINARMENTE CON EL MAPEO DE:**
    - **+100Mt DE ENRIQUECIMIENTO > 1% Cu,**
    - **+ VARIOS 100's Mt DE MINERAL PRIMARIO  $\geq$  0,5% Cu**
  - **AL TERMINO DE LAS MALLAS REGULARES DE SONDAJES (1981), SE ESTIMÓ UN RECURSO IN-SITU DE:**
    - **150 Mt de ENRIQUECIMIENTO @ 1,1% Cu – 150 ppm Mo**
    - **750 Mt de PRIMARIO y ENR. DÉBIL @ 0,6% Cu -150 ppm Mo**
  - **LO QUE JUSTIFICÓ LLEVAR A CABO EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (1982)**
-

# Bibliografía

- Hunt, J. P., Bratt, J. A. and Marquardt, J. C., 1983. **Quebrada Blanca, Chile: An Enriched Porphyry Copper Deposit.** Mining Engineering, June 1983, p. 636-644.
-

A photograph of a snowy construction site. In the foreground, five men are standing on a snow-covered ground. One man in a brown jacket and tan pants stands on the left. Another man in a white jacket and tan pants stands next to him. A man in a dark blue jacket and dark pants stands with his back to the camera. A man in a grey jacket and blue pants is bent over, working on the snow. A man in a grey jacket and light-colored pants is walking away in the background. To the right, there is a light blue building with a white door that is open. The building has a small window. In the background, there are rows of wooden forms and a yellow barrel. The sky is clear and blue. The word "FIN" is written in blue capital letters in the top left corner.

**FIN**

**Q. B. NEVAZÓN 1982**