

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica



**Características Geológicas de Algunos
Yacimientos de Tungsteno**

INFORME DE INGENIERIA

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO GEOLOGO

Luis Enrique Seijas Peñaherrera

Lima - Perú

1996

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS
DE ALGUNOS
YACIMIENTOS DE TUNGSTENO

A MIS PADRES LUCRECIA Y ENRIQUE
Y A MIS HERMANAS GLORIA Y MIRIAM
POR EL APOYO CONSTANTE QUE ME HAN
BRINDADO SIEMPRE

A

DAYNA

GABRIELA

BEATRIZ

CON AMOR

INDICE

	PAG
PRESENTACION	1
RESUMEN	2
EL TUNGSTENO	3
DESCRIPCION DE ALGUNOS YACIMIENTOS	7
SAN JOSE DE BERQUE	7
MINA LA CHOJLLA	11
HIMALAYA	15
MINA PANASQUEIRA	19
MINA PALCA 11	24
MINERIA	31
METALURGIA	33
TIPOS DE YACIMIENTOS	35
CONCLUSIONES	36

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se describen algunos yacimientos de tungsteno conocidos por el autor, y su modo de aprovechamiento económico.

El tungsteno, ha sido considerado durante mucho tiempo como "estratégico" por sus cualidades, que lo hace muy usado, especialmente en la industria bélica, por ello la minería de este metal ha tenido un desarrollo irregular, basado principalmente en las tensiones mundiales que han imperado en el mundo a lo largo del tiempo.

Épocas de auge se sucedían con grandes depresiones, así "acabada la "guerra fría", las grandes potencias se encontraron con grandes stocks de este metal que, al salir al mercado, trajeron abajo los precios del tungsteno, ocasionando con ello la actual y mayor crisis de su historia.

A pesar que los usos en la industria continúan en aumento, la mayoría de minas de tungsteno del mundo se han visto obligadas a cerrar, operando solo aquellas consideradas de alta ley (más de 1% de WO₃), cuyos costos unitarios sean relativamente bajos.

Teniendo en cuenta que el porcentaje de tungsteno que se recicla es pequeño (menos del 15%), se estima que las existencias (stocks) seguirán afectando el precio, por lo menos los dos próximos años, después de ello se prevee un nuevo auge de la minería de este metal, debido a una mejora en los precios, toda vez que el abastecimiento estaría restringido a unas cuantas minas en operación.

Con esta monografía se pretende mantener el interés por el tungsteno, ante la perspectiva de una reactivación en el mediano plazo.

RESUMEN

El Tungsteno o Wolframio es el elemento n° 74 de la tabla periódica, tiene un peso atómico de 183.92, gran dureza, alto peso específico, alto punto de fusión, resistente a la fricción, buena conductividad eléctrica, por lo que es muy usado en muchas industrias.

Se presenta en la naturaleza en forma de compuesto, principalmente como wolframita (Fe,Mn) WO₄ y scheelita CaWO₄. Ambos son usados como mena de tungsteno, aunque la comercialización de cada uno tiene ciertas diferencias.

La mineralización de tungsteno tiene una relación estrecha con procesos magmáticos que han originado la depositación hidrotermal. La wolframita mayormente se presenta en vetas de cuarzo, mientras que la scheelita ocurre tanto en vetas, algunas veces junto a wolframita, como también, con frecuencia en vaciamentos de metamorfismo de contacto.

En el presente trabajo se muestran las características de tres minas de Bolivia, una del Perú y otra de Portugal, donde se pueden apreciar algunas diferencias y grandes similitudes entre ellas. En los 5 casos se tratan de minas de wolframita, y en uno de ellos (Palca 11, Puno-Perú) se presenta además scheelita en concentraciones económicas.

La explotación minera varía de acuerdo a las características del depósito, usándose los mismos métodos que para depósitos de otros metales. En cambio la concentración utiliza como fundamento las características físicas de estos minerales, principalmente su alta gravedad específica, por lo que la recuperación gravimétrica es mayormente empleada, y en muchos casos la separación magnética es utilizada al final del proceso.

EL TUNGSTENO

Historia

El tungsteno o Wolframio fue conocido en forma indirecta desde la edad media. Los mineros de Sajonia se percataron que ciertas menas de casiterita, a partir de la cual obtenían estaño, eran fuertemente disturbadas por otro mineral durante el proceso metalúrgico, impidiéndoles obtener un buen producto. Según ellos este mineral “devoraba el estaño como un lobo (wolf) devora una oveja”. Los mineros dieron a este mineral nombres como “wolfart”, “wolframita” o “wolfram”.

Es en 1758 cuando un químico y mineralogista sueco llamado Axel Frederik Cronstedt, descubrió y describió un mineral extraordinariamente pesado al que llamó “tung-sten” que en sueco significa piedra pesada. Él estaba seguro que este mineral contenía un elemento nuevo y aún no descubierto.

A Karl Wilhelm Scheele, se debe el descubrimiento del ácido túngstico (trióxido de tungsteno) en 1781. Independiente de Scheele, los hermanos Elhuyar de Suvisa, químicos españoles, lograron reducir tungsteno metálico a partir de la wolframita en 1783.

El nombre wolfram (wolframio) se estableció en Alemania y los países escandinavos, mientras que en los países de habla inglesa se continuó llamando tungsten (tungsteno) a este elemento. Aunque la “International Union of Pure and Applied Chemistry” ha recomendado que se debería establecer el nombre Wolframio y abandonar el de tungsteno, ambos se siguen usando indistintamente y tienen un uso generalizado.

Propiedades y Usos

El tungsteno es un metal perteneciente al grupo VI de la tabla periódica, su número atómico es 74 y peso atómico 183.92.

Su punto de fusión es el más alto de los metales (3,410°C) y de cualquier elemento, excepto el carbón. Tiene el más bajo coeficiente de expansión de todos los metales y además presenta las mejores características mecánicas a altas temperaturas. Para que alcance el punto de ebullición se requieren temperaturas de 5,900°C que corresponde a la superficie del sol aproximadamente. Posee una alta dureza y alta densidad (19.3, igual que el oro), además es un buen conductor de la electricidad, a 0°C es de 28% del de la plata.

El tungsteno puro es blanco brillante, de hábito cúbico. Extraordinariamente estable a temperatura ambiente. Los ácidos minerales como el fluorhídrico, nítrico o clorhídrico lo corroen muy lentamente. Aunque se disuelve muy rápidamente en una mezcla de ácidos fluorhídrico con nítrico.

El tungsteno completamente puro es dúctil y se mantiene así inclusive a temperaturas tan bajas como -196°C , que es la temperatura en que se tiene nitrógeno líquido. Sin embargo es frecuente que contenga pequeñas cantidades de carbón y oxígeno, lo que le da al metal su extrema dureza y fragilidad. Dependiendo de la cantidad de carbón que se agrega, su dureza puede variar desde 4.5 hasta 8.0 en la escala de Mohs.

Si bien no se conoce mucho sobre la toxicidad del tungsteno, se considera que es muy baja.

Por las características del tungsteno, éste tiene una variedad de usos como son: aceros especiales, principalmente en los de alta velocidad y alta dureza, aceros y aleaciones para aplicaciones de alta temperatura, carburos de tungsteno, también como tungsteno metálico para electrodos de arco eléctrico en lámparas, etc.

Forma en que se presenta

El tungsteno no ocurre en la naturaleza como metal nativo, sino como minerales de éste, los cuales se dividen principalmente en dos categorías, wolframita y scheelita, ambos son menas del tungsteno.

La wolframita es una serie isomorfa de wolframato de hierro y manganeso. Si el hierro es predominante en la serie, se denomina ferberita, si es el manganeso, se denomina hubnerita, la parte intermedia recibe el nombre genérico de wolframita. Es monoclínico. Tiene brillo submetálico, dureza de 4 a 4.5, gravedad específica de 7 a 7.5, dependiendo de la composición. La ferberita es de color negro y la hubnerita pardo-rojizo.

La scheelita es el wolframato de calcio y es otra mena importante de tungsteno. Tiene cristalización tetragonal, gravedad específica 6, dureza de 4.5 a 5, brillo vítreo, color blanco, amarillo a translúcido. Tiene la propiedad de ser fluorescente a la luz ultravioleta de onda corta, emitiendo una luz azul celeste lo que da muchas ventajas para la prospección.

Los yacimientos de tungsteno tienen una estrecha relación con intrusiones ígneas, presentándose mayormente la wolframita en vetas de cuarzo, encontrándose scheelita algunas veces. Otro mineral que frecuentemente lo acompaña es la casiterita.

Los yacimientos de scheelita son principalmente del tipo de metamorfismo de contacto, producidos por un intrusivo que corta calizas.

Si bien existen algunos otros minerales de tungsteno, éstos no tienen importancia económica. A modo de ilustración se los mencionan:

Tungstita	H_2WO_4
Cuprotungstita	$Cu_2WO_4 \cdot (OH)_2$
Hidrotungstita	$WO_3 \cdot (H_2O)_2$
Ferrotungstita	$Ca_2Fe_4(WO_4)_7 \cdot 9H_2O$
Stolzita	$PbWO_4$

Los acompañantes comunes de los minerales de tungsteno son la casiterita, cuarzo, feldspatos, pirita, sulfuros de minerales base, molibdenita, topacio, fluorita y bismutinita.

Mercado

El tungsteno se comercializa a partir de concentrados de wolframita y scheelita. Estos concentrados son vendidos a unas pocas procesadoras de "productos intermedios", para producir principalmente el paratungstato de amonio (APT).

Sin embargo los usuarios finales si son numerosos; de esta manera los procesadores de productos intermedios siendo los compradores de los concentrados son los abastecedores de los consumidores finales, de tal forma que pueden controlar el precio del mercado del tungsteno.

Las transacciones son registrados por el "Metal Bulletin" de Londres, que aparece dos veces por semana, y señala los extremos promedios entre los que se han realizado las ventas y se conocen como "LOW" y "HIGH". Estos valores sirven a su vez de referencia de nuevas transacciones.

Las cotizaciones están referidas en UTM, que significa Unidad de Tonelada Métrica y equivale a 10 kilos o 1% de la tonelada de tungsteno puro, contenido en el material.

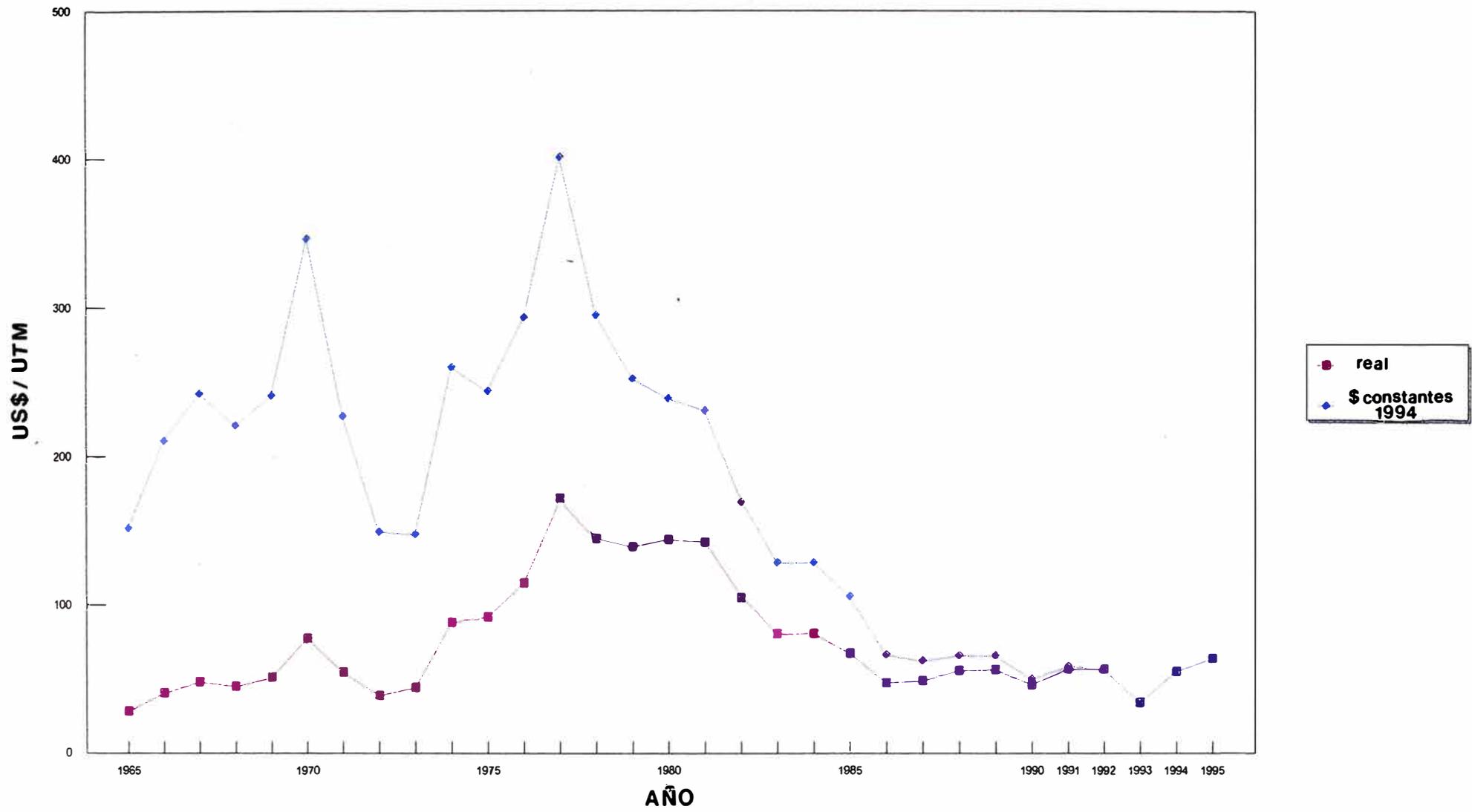
De otra parte, si bien el consumo industrial del tungsteno se ha mantenido e incluso incrementado, se tiene la gran producción china que ha inundado el mercado, con precios inclusive por debajo de los costos de producción.

En décadas pasadas el tungsteno era considerado "metal estratégico", ya que por sus cualidades es muy utilizado en los equipos de guerra. Por ello las grandes

potencias acumularon durante años, grandes stocks de este metal. Con el fin de la guerra fría, comenzaron a reducir sus existencias, sacándolas al mercado, especialmente Rusia.

Todo lo anterior ha producido la caída espectacular del precios del tungsteno en los últimos 12 años, lo que ha ocasionado que muchas minas de tungsteno del mundo cierren, mateniéndose aquellas cuyas leyes son relativamente altas (más de 1% de WO_3) y de bajos costos. A modo de ilustración se muestra el gráfico G-1 en donde se puede apreciar las variaciones de los precios desde 1965 a 1995, en valores realiz y en U.S. dólares constantes 1994.

En cuanto a los mecanismos de comercialización, éstos varían dependiendo de los centros procesadores, ya que algunos prefieren wolframita y otros scheelita, en función al proceso que utiliza su planta. En algunos casos se daban premios dependiendo de la calidad del material y normalmente los concentrados de scheelita eran un poco mejor pagados por U.T.M. que los de wolframita. Las impurezas comúnmente asociadas y que son penalizadas a la wolframita son: el estaño, arsénico, azufre, antimonio, fósforo, calcio y molibdeno. En la scheelita el estaño y el arsénico no son problema, pero si lo es el molibdeno, principalmente, el cual es fuertemente penalizado.



Precio de Concentrado 1965-1995

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
VARIACION HISTORICA DEL PRECIO DE CONCENTRADO ENTRE 1,965 Y 1,995	
LUIS SEIJAS	JUNIO 1,996

G-1

DESCRIPCION DE ALGUNOS YACIMIENTOS

MINA SAN JOSE DE BERQUE

Introducción

La mina San José de Berque, ha sido trabajada en pequeña escala, desde hace muchos años, y la empresa San José de Berque Ltda. la opera desde hace 20 años a la fecha, habiendo tenido que parar las operaciones entre octubre del 92 hasta abril del 93, por problemas con el precio del tungsteno.

En la actualidad vienen produciendo 40 T.M. de concentrado con una ley de 70% de WO_3 por mes.

Generalidades

La mina San José de Berque se encuentra en el extremo sur de Bolivia, a menos de 10 Km. de la frontera con Argentina (ver plano P-1). Políticamente pertenece al cantón de Esmoraca, provincia de Sur Chichas, departamento de Potosí. El centro poblado más importante es Tupiza que se encuentra a 137 Km. al NE y dicho recorrido se realiza en 5 horas mediante camioneta.

La planta concentradora se encuentra a 4.200 m.s.n.m. y la mina entre los 4,200 y 4,500. El clima es seco y frío. Los insumos y materiales son traídos de Tupiza ya que en el área cercana no hay mayores recursos.

Geología General

Las rocas más antiguas que afloran en el área están constituidas por una secuencia de filitas de edad ordovícica, las que se encuentran subyacentes a capas rojas cretácicas (Grupo Puca). En San José las capas rojas están cubiertas por ignimbritas (composición dacítica?) del terciario.

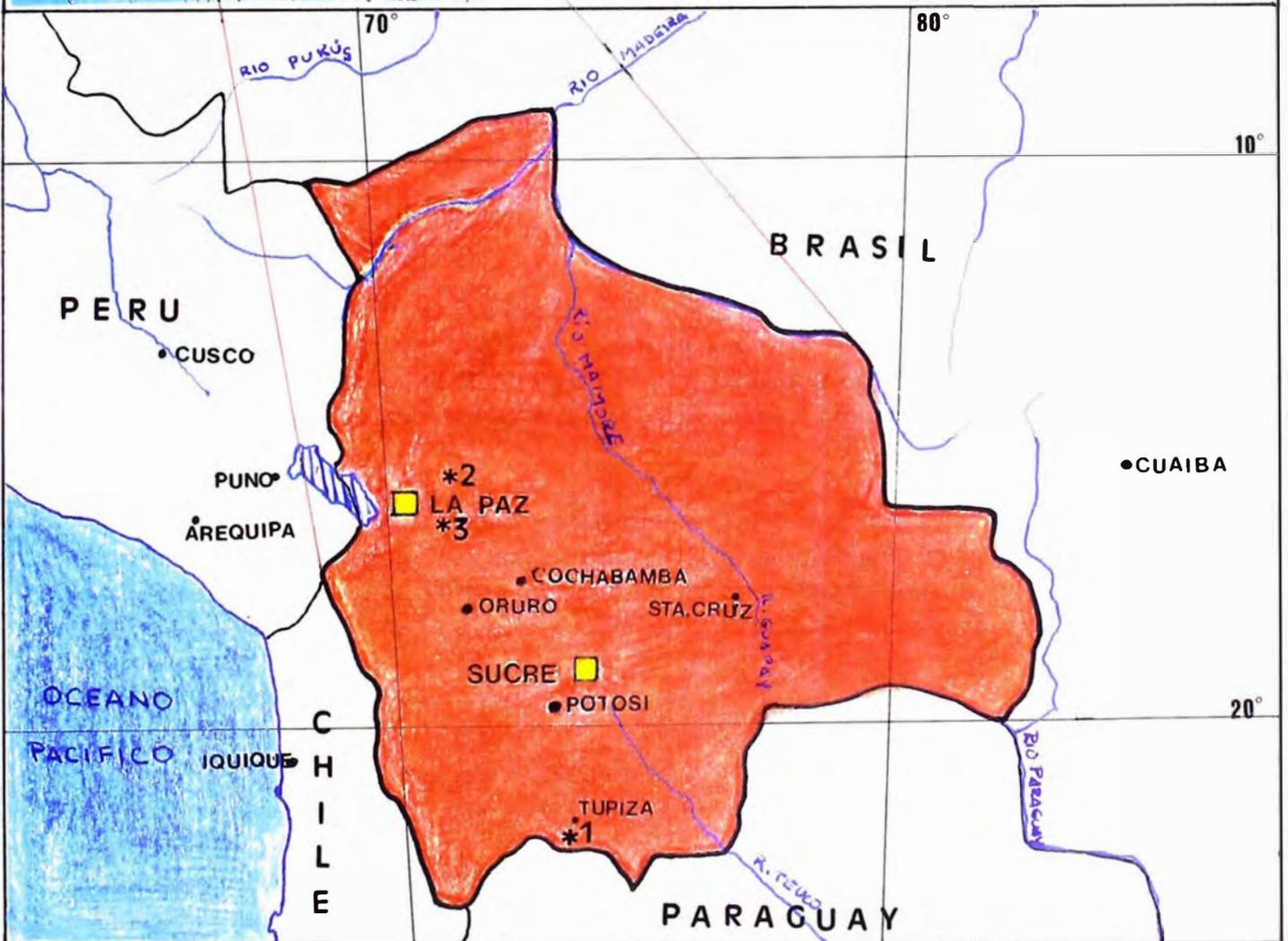
Geología Económica

Las vetas se ubican en las ignimbritas, existiendo dos sistemas uno NS y otro, que es el principal EW, con buzamientos, en ambos casos, subverticales siendo las potencias irregulares, variando entre 0.1 y 0.8 mt. presentándose como lazos simoides. La ley de las áreas de explotación está alrededor de 2.1 % WO_3 sin diluir. El intrusivo al cual se debe la mineralización no ha sido aún reconocido. En



YACIMIENTOS

- 1 SAN JOSE DE BERQUE
- 2 CHOJLLA
- 3 HIMALAYA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
MAPA DE UBICACION YACIMIENTOS EN BOLIVIA	
LUIS SEIJAS	JUNIO 1996

P- 1

las partes altas, encima de los 4,500, las estructuras presentan valores de bismuto, oro y plata, aunque no se han definido valores económicos.

En el sistema E-W existen dos vetas importantes que son la veta San Martín y la veta Inesperada. Presentan un claro zonamiento de E a W y de abajo hacia arriba, así se tiene especularita en el borde E por 80 mts., y corresponde a la parte baja, hacia el centro se encuentran los mejores valores de WO_3 por unos 250 mts. y más al oeste hacia arriba la veta presenta relleno de pirita mayormente y sin valores económicos de tungsteno. Es importante anotar que la veta presenta muy poco cuarzo, hasta estar casi ausente en muchas partes, siendo el relleno mayormente pirita y wolframita, en la zona económica. No se ha investigado por la presencia de scheelita en la mina, sin embargo en la planta si se le detecta en forma de cristales de 2-3 milímetros.

Se han desarrollado niveles cada 30 metros, siendo el principal el nivel Balderrama. En la actualidad queda mineral sin explotar, desde Balderrama al nivel superior. De allí hacia arriba ya se han explotado alrededor de 200,000 T.M. en 22 años.

Las reservas sobre el nivel Balderrama son 30,000 T.M. de 2.34% de WO_3 , diluidas a un metro.

Las reservas debajo del nivel Balderrama son consideradas probables y se tienen cubicadas 25,000 T.M. de 3.25% WO_3 . En la actualidad están evaluando la posibilidad de bajar un pique de 50 metros. o una cortada de 1,200 metros. en el nivel -45, con lo que se podría obtener 50,000 T.M. adicionales con una ley de 2% de WO_3 .

La cubicación de reservas se realiza en bloques de 30x40 mts. Los altos erráticos se determinan visualmente y se reemplaza por el promedio ponderado de los 5 anteriores y 5 posteriores. Adicionalmente la ley es castigada con un 25% por diferentes correcciones.

Otras Areas de interés

Existen dos áreas cercanas que son Germania y Cañaditas y que contienen estructuras paralelas a Inesperada y San Martín, siendo muy similares a éstas.

Germania se encuentra a 4,350 m.s.n.m. presenta una veta principal y se tiene 15,000 T.M. cubicadas, con 0.8% WO_3 , siendo factible poder encontrar más mineral.

N

AREA DE CAÑADITOS

EXTREMO W
FUERTE ALTERACIÓN
HIDROTHERMAL



VETA

ZONA DE GERMANIA

ZONA DE ACTUAL
TRABAJO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA SAN JOSE DE BERQUE

VISTA PANORAMICA

LUIS SEIJAS JUNIO 1.996

F-1

S

Hacia el Sur y paralela a las vetas de Germania existe otro grupo de vetas conocidas como Cañaditas y que se encuentran a una cota de 4,400 m.s.n.m. (ver fotos F-1) Aquí se tienen 2 vetas principales y 2 secundarias, en superficie. Se tienen potencias de alrededor de 0.8 mts. y ley de 1.83%, estimándose un potencial de 100,000 T.M., siendo interesante, poder realizar un programa de exploraciones agresivos en toda el área, que al parecer, aunque la empresa no parece estar en condiciones de poder efectuarlo en este momento.

Minería

Debido a las características del depósito, principalmente por la consistencia de las cajas y el alto buzamiento, se utiliza para explotar el método de shrinkage, considerándose un ancho mínimo de explotación de 0.90 mts. en los tajos. La sección de galería es 2.20 de ancho por 1.80 de alto.

Se trabajan 2 turnos de 12 horas de lunes a sábado y se extraen 70 a 80 T.M./día, con una ley de 1.8% de WO_3 . Laboran 69 personas en total, es decir su eficiencia está en 1 tonelada /hombre-guardia.

Según informaciones proporcionadas en la mina el costo total mina es de US \$ 60,000, es decir \$32/tonelada tratada.

El equipamiento de la mina, si bien no es grande, es lo suficiente para los actuales requerimientos de la mina. A parte de perforadoras tienen 2 palas neumáticas Eimco 12B, para la limpieza de los frentes y 2 locomotoras a baterías de 2 T.M. cada una.

Las filtraciones de agua son abundantes, siendo el nivel Balderrama el que sirve de labor de drenaje. El problema se presentaría si decidieran bajar un pique, como es uno de los proyectos, ya que en la zona del ore shoot hay un caudal, de agua de 50 lts./sg. y en la bocamina alcanza los 150 lts./sg. Como se ve, este caudal deberá ser tomado en cuenta a la hora de decidir la forma de acceder a niveles inferiores a Balderrama.

Metalurgia

La planta concentradora trabaja 2 turnos de 12 horas cada uno, tratan 2,200 T.M./mes, con una ley de 1.8% de WO_3 y una recuperación de 68% produciendo 2,877 UTM/mes. Tienen proyectado pasar a 2,800 TM/mes, manteniendo la ley en 1.8, y, levantar la recuperación a 75%, lo que les permitiría producir 55.3 T.M./mes en concentrados con una ley de 70% , es decir 3,864 UTM/mes.

Los cristales de wolframita son bastante gruesos y no presentan intercrecimientos con otros minerales, por lo que con una mejor clasificación, se podría mejorar la recuperación. Además los valores altos que obtienen en CaO se deben a la presencia de scheelita en su concentrado, ya que hasta este momento no cuentan con separadores magnéticos para la refinación. En la actualidad se encuentran implementando un sistema de refinación en Tupiza, con lo que debe mejorar la calidad de su concentrado de wolframita y obtener scheelita como subproducto. Se calcula que en los preconcentrados se tiene alrededor de 5% de scheelita, por lo que su recuperación será muy beneficiosa.

Como datos adicionales se tiene que el costo del transporte de la mina a Tupiza es de \$ 20/T.M. De Tupiza a Arica por tren es \$ 43/T.M. lo que da \$ 63/T.M. de concentrado de 70% de WO_3 , es decir menos de \$ 1/U.T.M.

MINA LA CHOJLLA

Introducción

La Chojlla es una mina que fue trabajada por más de 70 años por International Mining, propiedad de la empresa E.W. GRACE. En los años 70 la familia Iturralde tomó posesión de la Compañía hasta la fecha. Cuenta con 2 unidades, La Chojlla propiamente y La Enramada. La Chojlla fue una de las mayores productoras de tungsteno de Bolivia, teniendo la particularidad que juntamente con el tungsteno (ferberita) se presenta asociado estaño en forma de casiterita.

En la actualidad las operaciones están restringidas a trabajos de extracción realizados por pequeños contratistas.

La Chojlla se ubica en la provincia de Yungas, al ENE de la ciudad de La Paz (ver plano P-1) en el lado oriental de la Cordillera Oriental. Se requieren 3 horas para realizar el viaje de aquí a la mina, por una vía asfaltada en la primera parte, y luego continuar por una carretera afirmada en buen estado de conservación.

Geología

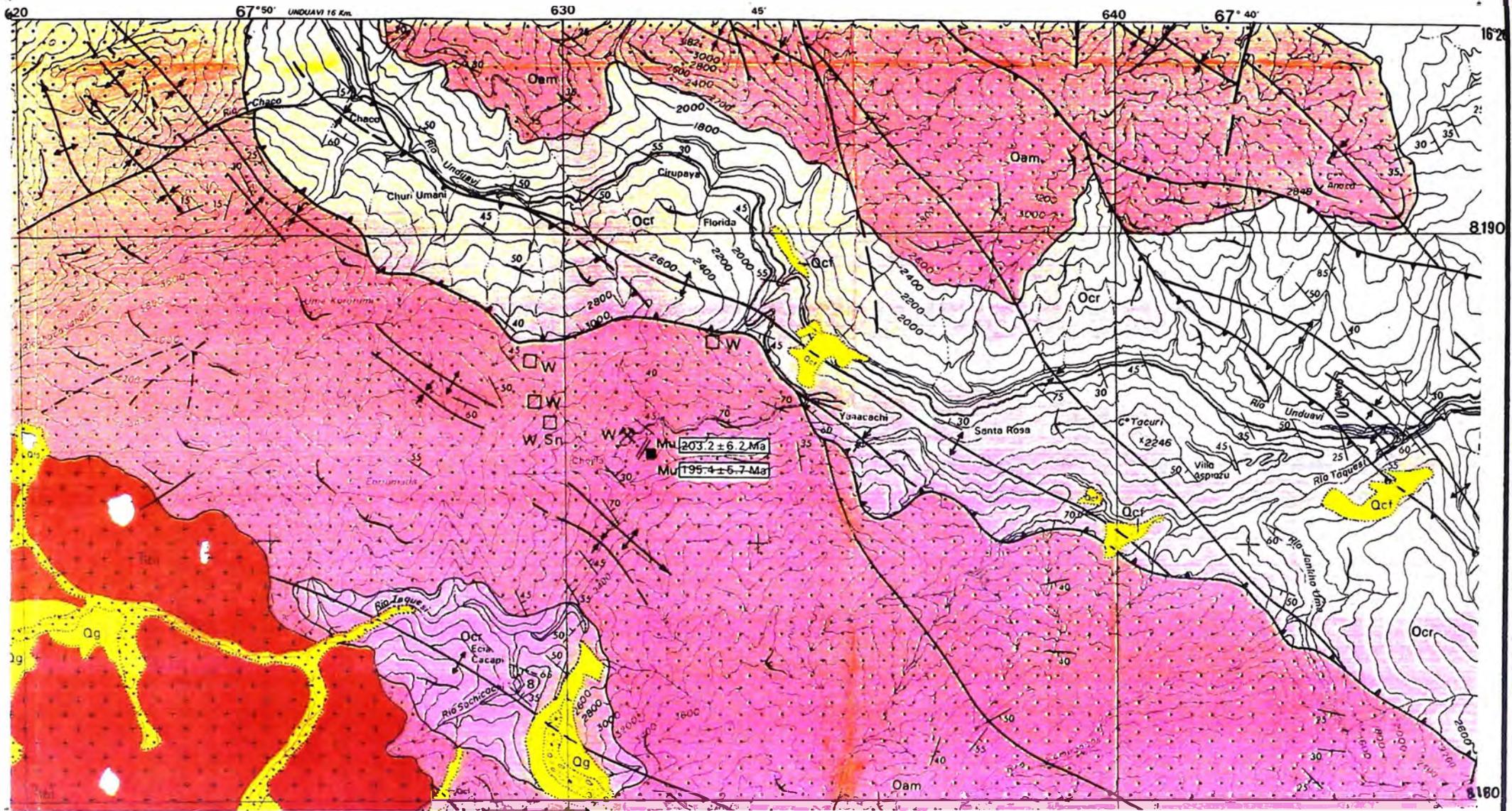
En el área afloran pizarras ordovícicas de la formación Amutara, las cuales han sido intruídas por una cuarzo-monzonita, de 200 millones de años de antigüedad conocido como batolito de taquesi al cual se asocia la mineralización. (ver plano geológico P-2)

El yacimiento consiste en una franja de fracturas tensionales de alrededor 400 metros de ancho, en la que se emplazan las vetas con un rumbo general N 15° -30° W, buzando 60 °SW.

En los años anteriores, la producción provino mayormente del sector de las vetas en las pizarras. Sin embargo, conforme fueron bajando los niveles y aproximándose al intrusivo, la mineralización mejoraba hacia el contacto, para luego volver a disminuir en el intrusivo. (Ver corte esquemático P-3)

En esta franja de 400 mts. se ubican alrededor de 16 vetas principales subparalelas separadas entre 10 y 20 mts. La potencia es variable, pero en general son delgadas, menos de 0.30 mts. y sólo en casos excepcionales alcanzan 1 metro.

El relleno consiste de cuarzo, ferberita, arsenopirita, casiterita. La casiterita y la ferberita se presentan en forma aislada en las vetas, pero se tienen concentraciones importantes en algunas zonas. Los cristales de ferberita son gruesos y bien formados, lo que ayuda a la recuperación en la planta.



TOMADO DE CARTA GEOLOGICA DE BOLIVIA, HOJA CHULUMANI, esc 1/100,000

ESTRATIGRAFIA

TRIÁSICO		Batolito Taquesi granito, granodiorita y diorita
SIL. inf.		Scc Fm. Cancañiri cuarcitas lenticulares y pizarras
ORD.		Oam Fm. Amutara pizarras y metacuarcitas
P. sup.		Ocr Fm. Coroico metalimolitas, pizarras.

SIMBOLOGIA

	contacto geológico		estructura mineralizada
	Dirección de rumbo y buzamiento		Carretera, camino
	Eje anticlinal		Río, quebrada
	Eje sinclinal		Fallas
	Fallas		sobrescurrimiento
	sobrescurrimiento		estructuras indican bloque elevado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**MINA CHOJLLA
PLANO GEOLOGICO**

P. 2

LUIS SEIJAS JUNIO 1996 escala: 1/100,000

La ley de explotación actual es de alrededor de 1.8% de (WO₃ + Sn), pero hay que tener en cuenta que el modo artesanal como se trabaja, hace muy selectivo el mineral que se extrae. Existen varios niveles, separados entre sí 30 metros, considerándose al nivel Carmen como la base o nivel 0. Hay 10 niveles hacia arriba que han sido intensamente trabajados.

Del nivel Carmen hacia abajo se han explotado, hasta el nivel -90 inclusive, y en forma relativa en el -120, debajo de este nivel no se ha extraído mineral.

Reservas

De acuerdo a reportes de la mina, existen en reservas debajo del nivel Carmen hasta el nivel -150 entre probadas y probables, accesibles:

T.M.S.	% WO ₃	%Sn
400.000	0.9	0.70

Las vetas han sido muestreadas sistemáticamente cada 2 metros, cuando la mina operaba normalmente, existiendo los reportes y las hojas por cada bloque de cubicación.

El cálculo de las reservas se ha realizado obteniendo la ley promedio por ponderación. La ley sufre un castigo de -30% por error de muestreo y análisis, y se diluye a 1 metro. Cuando hay un solo lugar de reconocimiento los bloques tienen un largo de 30 metros, y un ancho de 10 metros. Se considera un p.e. de 2.8 T.M./M³

En la actualidad trabajan alrededor de 150 personas al día, en equipo de 2 personas, en la modalidad de contrato, las cuales deben buscar su propia zona de trabajo, lo cual puede ocasionar cierto desorden en la mina.

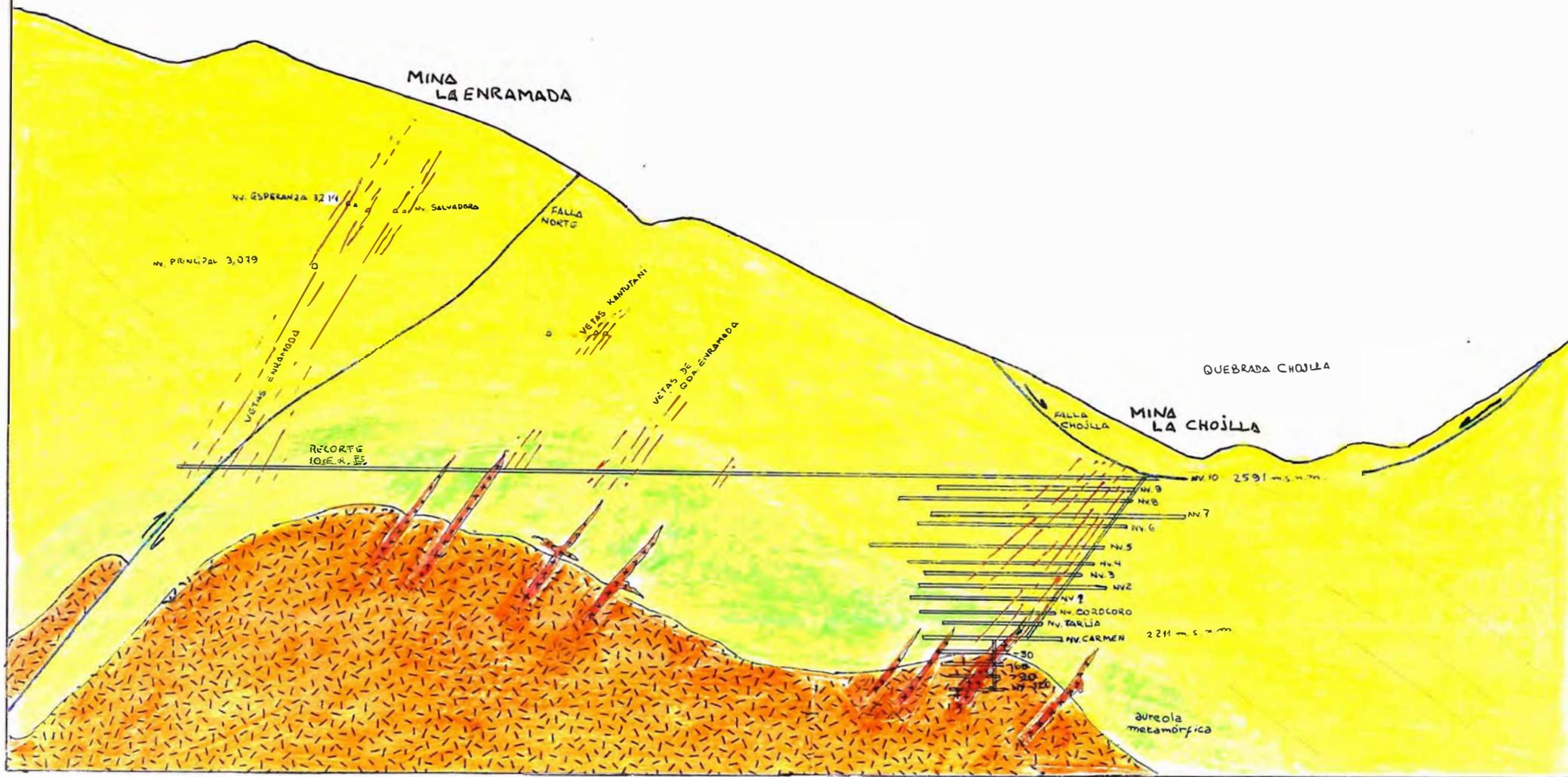
La Enramada

La Enramada está constituida por un sistema de vetas paralelas similar a las de la Chojlla, las cuales han sido explotadas desde la cota 3,000 hacia arriba, pero la mineralización profundiza cuando menos, hasta la cota 2,600, (comunicación de la compañía).

Lo anterior es conocido porque desde La Chojlla, en el nivel 10 (2,600) han realizado una cortada de 2,000 metros hacia La Enramada cortando la prolongación de las vetas en lo que se conoce como el "Proyecto 10 E.K.I". De estas vetas sólo la veta Susana ha sido reconocida, por más de 400 metros, mas no así las otras. La mineralización en este nivel se encuentra todavía en las pizarras (ver corte P-3).

SW

NE



LITOLOGIA

- Diques correspondientes al evento del Batolito de Taquesi
- Batolito Taquesi granito, granodiorita y diorita 203 Ma.
- Oam Fm. Amutara pizarras y metacuarzos

SIMBOLOGIA

- contacto geológico
- Dirección de rumbo y buzamiento
- Eje anticlinal
- Eje sinclinal
- Fallas
- Sobreescurrimiento
- Carretera, camino
- Río, quebrada
- estructura mineralizada
- densidad indican bloque elevado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA CHOJLLA
CORTE GEOLOGICO

P. 3

Minería y Metalurgia

En la actualidad las labores mineras se encuentran paralizadas, realizándose sólo la explotación de las zonas ricas de las vetas, por parte de trabajadores en la modalidad de contratos.

Sin embargo quedan evidencias de los trabajos realizados para soportar una operación de 800 T.M./día, completamente mecanizada.

Del nivel Carmen hacia los niveles superiores se accede mediante una rampa. Para los niveles inferiores se construyó un pique vertical. El nivel Carmen ha sido utilizado como nivel de extracción con rieles.

La planta es de concentración gravimétrica con refinación magnética, donde obtienen concentrados de ferberita y casiterita. La recuperación histórica es de 70% aproximadamente, que debería haber sido mejorado teniendo en cuenta las características del mineral que se explota.

Energía

La mina cuenta con una central hidroeléctrica con capacidad para generar 1.4 MW a 60 ciclos, suficiente para abastecer los requerimientos actuales de la mina, consta de:

1 FRANCIS		600 KW
2 PELTON	250 KW c/u	500 KW
3 PELTON	100 KW c/u	300 KW
TOTAL		1400 KW

Esta energía se genera con una caída de 180 metros y un caudal de 1 m³/sg., aunque el caudal del río es mucho mayor. La eficiencia estimada del sistema es de 80%.

Observaciones

El principal problema de La Chojlla es que debido a la fisiografía es difícil el almacenamiento de relaves, con el consiguiente riesgo para el medio ambiente.

También se considera que con los actuales niveles de precio, y por el tipo de mineralización, el costo de exploración y explotación resultan ser muy altos, por

N

S



INSTALACIONES
PLANTA
CONCENTRADORA

CAMPAMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA CHOJLLA

VISTA PANORAMICA
MIRANDO AL ESTE

F. 2

LUIS SEIJAS JUNIO 1996

lo que se ve muy difícil que se pueda reactivar una operación, similar a la que había en los '80, en el mediano plazo.

MINA HIMALAYA

Introducción

Empresa Minera Himalaya S.A. viene explorando un yacimiento de tungsteno ubicado en el flanco SE del nevado Illimani. De toda el área que detenta Himalaya, aproximadamente el 75% pertenece a la Compañía y lo restante está arrendando de COMIBOL, por un periodo de 10 años.

Ubicación

Como ya se mencionó, el yacimiento se encuentra en el flanco sur este del nevado Illimani, a 4.000 m.s.n.m., entre las quebradas Himalaya y Resguardo. Dista 115 Km. de La Paz, empleándose un tiempo de 4 horas por una carretera en regular estado de conservación.(ver plano P-1).

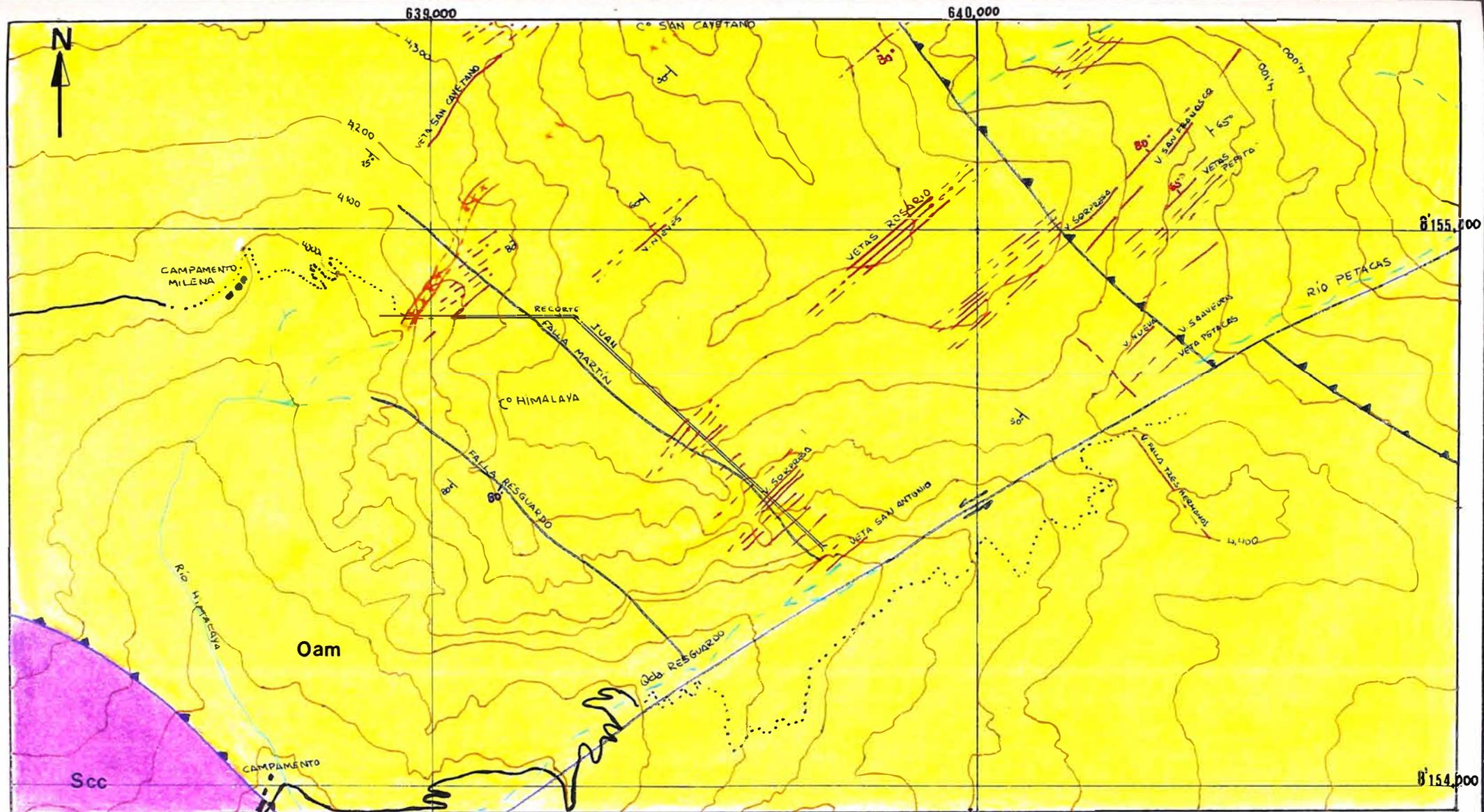
Geología

En el área aflora una secuencia potente de pizarras intercaladas con cuarcitas, pertenecientes a la formación Amutara del ordovícico superior, las cuales han sido cortadas por fracturas tensionales en una franja de 500 metros y es donde se emplaza la mineralización (ver plano P-4). El yacimiento se encuentra ubicada en la faja boliviana de tungsteno-estaño.

En las inmediaciones no afloran intrusivos, los más cercanos se encuentran a 20 Kms. al oeste y corresponden a apófisis del plutón Illimani, de 27 millones de años de antigüedad, siendo mucho más joven que el intrusivo de Chojlla que tiene 200 millones de años y que se encuentra en la misma franja de mineralización.

Las estructuras principales corresponden a fallas de sobreescurreamiento, de rumbo N45°W, que siguen la dirección general de los Andes en esta parte, y que luego han sido cortados por fallas sinistralas de dirección N60°E, y que corresponden probablemente a una fase distensiva final. La quebrada Resguardo se ha desarrollado sobre una de éstas fallas.

Entre estos dos sistemas de fallamiento se encuentra una zona de intenso fracturamiento tensional que a su vez está conformado por dos familias, una de rumbo N45°E, que es la más importante y otra menos intensa de rumbo N40°W, en ambos casos las fracturas son verticales.

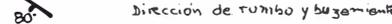
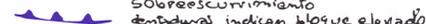


FUENTES: HOJA GEOLOGICA SAPAHAQUI 1/100,000, REPORTE INTERNOS

ESTRATIGRAFIA

-  Dique
-  Scc Fm. Cancañisi cuarcitas lenticulares y pizarras
-  Oam Fm. Amutara pizarras y metabasaltos

SIMBOLOGIA

-  contacto geológico
-  Dirección de rumbo y buzamiento
-  Eje anticlinal
-  Eje sinclinal
-  Fallas
-  Solerescurrimiento dentaduras indican bloque elevado
-  estructura mineralizada
-  Carretera, camino
-  Río, quebrada

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA HIMALAYA

PLANO GEOLOGICO

P. 4

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

escala 1/10,000

C H I M A L A Y A



fracturas rellenas con cuarzo

Oda. RESGUARDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA HIMALAYA

MIRANDO AL NORTE

F- 5

LUIS SEIJAS

JUNIO 1.996



BOCAMINA DEL RÉCORTE JUAN
EN QUEBRADA HIMALAYA

Nótese el intenso fracturamiento vertical en las pizarras

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA HIMALAYA
MIRANDO AL ESTE

F- 3

LUIS SEIJAS | JUNIO 1,996

Básicamente sólo con esta información, la compañía estima en estas vetas 400,000 T.M. con 1.39 % WO₃. La wolframita se presenta bien cristalizada y de grano grueso, lo cual beneficia a la recuperación metalúrgica.

Como información se anota que Minera Himalaya ha realizado un estudio sistemático en el Recorte Juan, habiendo procedido a contar las fracturas que se presentan en este tramo de 500 metros, dando lo siguiente:

Venas de:	Potencia	Número
	0.01 - 0.04	3,423
	0.05 -0.07	259
	0.08 - 0.11	261
	> 0.12	142

De acuerdo a estimaciones de la compañía la ley promedio de estos 500 metros en el crucero es de 0.58% de WO₃, si se explotara todo el volumen. (ver fotos F-4).

Por lo que se aprecia en superficie y en otras labores, aunque más cortas que el Recorte Juan. se debería hacer un trabajo similar en otros niveles para reconocer mejor la mineralización y además dar acceso para poder realizar una campaña de sondajes diamantinos con taladros en abanico que permitan la exploración y cubicación del depósito, considerándolo como un cuerpo mineralizado de gran volumen.

Por ello se debería muestrear sistemáticamente las galerías existentes mediante canales de muestreo y en cuanto a sondajes se estima necesario alrededor de 8,000 metros de taladros para poder cubicar un volumen de mineral que justifique su explotación. suponiendo que se puede conseguir una ley promedio de 0.5% de WO₃.

Consideraciones finales

Existen algunos inconvenientes propios del yacimiento, que se deben tener en cuenta:

- Las fracturas por ser tensionales no son continuas en extensión y presentan irregularidades tanto en la potencia como en su contenido metálico, si lo vemos vena por vena por lo que se debe considerar al depósito no como vetiforme sino como un gran cuerpo mineralizado, y su exploración y desarrollo debe hacerse como tal.



DER.- Relleno de cuarzo en fracturas tensionales de las pizarras de la Fm. Amutara.
IZQ.- Detalle de una vena típica. Nótese la ferberita en cuarzo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA HIMALAYA

RECORTE JUAN

LUIS SEIJAS JUNIO 1,996

F- 4

- La explotación minera debe ser de gran volumen, pero por las características del terreno, es muy difícil hacerlo mediante open pit, por lo que métodos subterráneos apropiados deben ser evaluados. (ver foto F-5)
- Por la fisiografía de los alrededores de HIMALAYA, la disposición de una cancha de relaves cerca a la mina es difícil.

Conclusiones

1. HIMALAYA es un depósito importante de tungsteno ubicado en el SE del nevado Illimani, cerca a la ciudad de La Paz. Se puede considerar que se trata de un gran cuerpo mineralizado.
2. Se debe evaluar adecuadamente este yacimiento, el cual debería realizarse con perforación diamantina. Se estima que se requeriría 8,000 metros de taladros.
3. Es necesario tener en cuenta los inconvenientes que presenta el yacimiento para una explotación racional, principalmente el no tener en los alrededores un lugar aparente, para el almacenamiento de los relaves.

C'HIMALAYA



fracturas rellenas con cuarzo

Oda. RESGUARDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA HIMALAYA

MIRANDO AL NORTE

F- 5

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

PANASQUEIRA

Introducción

La mina Panasqueira, propiedad de Beralt Tin and Wolfram Portugal S.A. se encuentra ubicada entre las localidades de Panasqueira y Barroca Grande en la provincia de Beira Baxia, en la parte central de Portugal, a 300 Km. al NNE de Lisboa.(Ver plano P-5).

El yacimiento está constituido por un sistema de vetas subhorizontales en filitas pre-ordovícicas. Si bien no aflora ningún intrusivo en los alrededores del yacimiento, sí ha sido encontrado en la parte baja de la mina, en las labores subterráneas.

Este intrusivo, al cual se asocia la mineralización forma parte de un gran batolito granítico hercínico, que se extiende ampliamente en la parte norte de Portugal, siguiendo una dirección general noroeste, ubicándose la mina en el extremo sur del mismo.

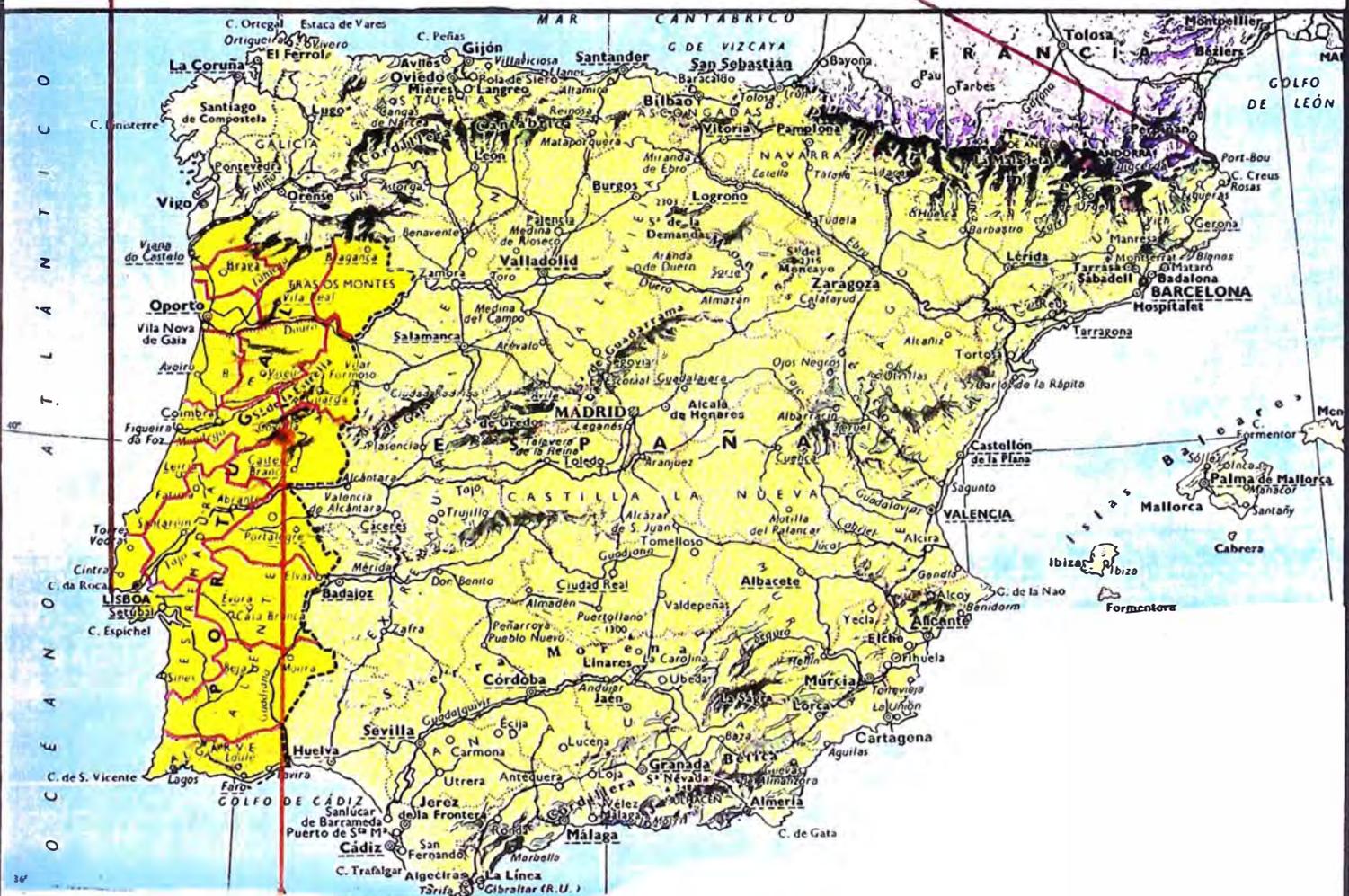
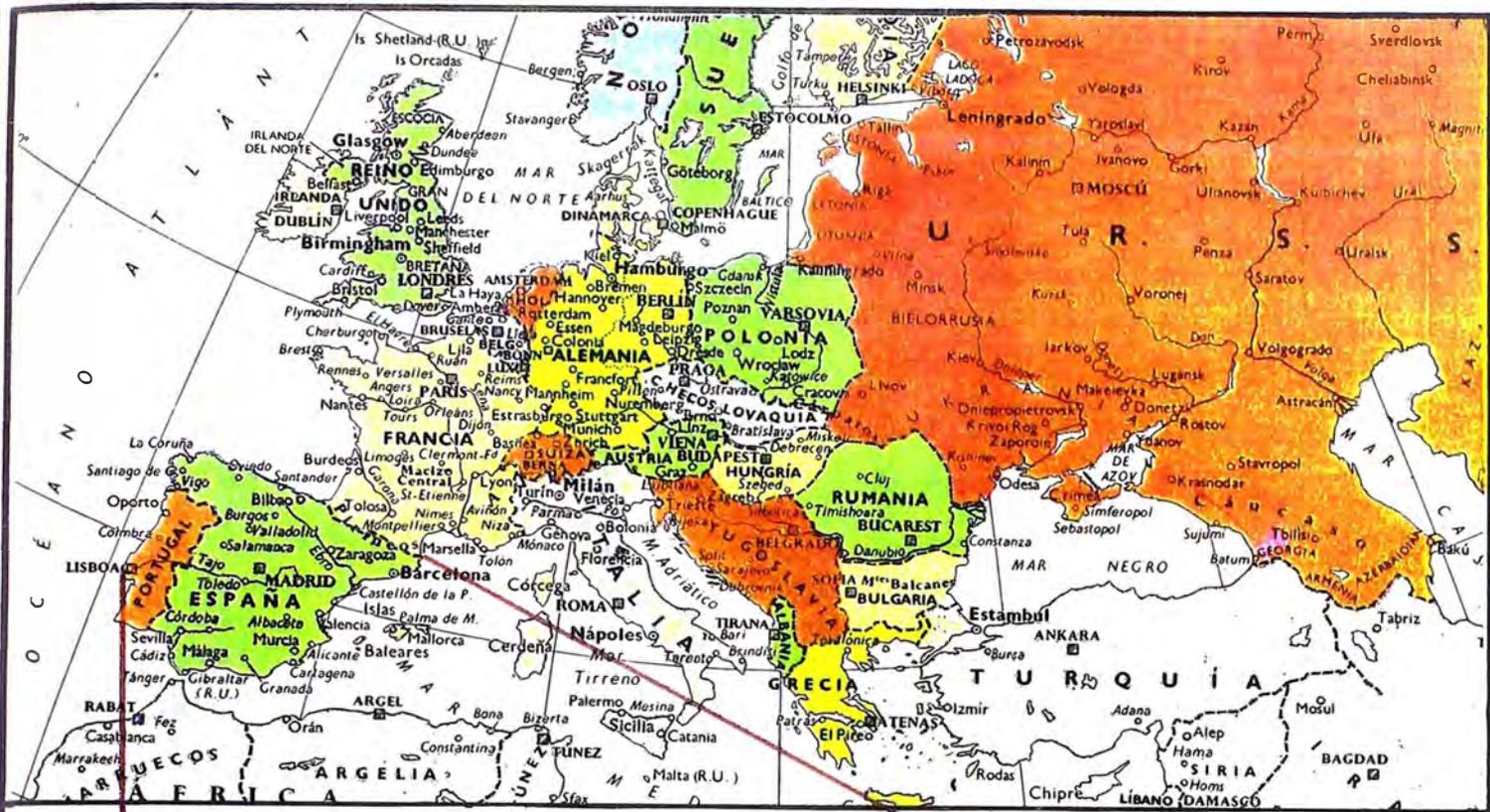
El relleno de las vetas está conformado por cuarzo, wolframita, casiterita y calcopirita, con potencia de 0.4 m en promedio y rumbo general N 30°E y buzamiento 12°SE.

Geología

La mina Panasqueira se encuentra en esquistos complejos, bastante deformados de edad pre-ordovícica, existiendo intercalaciones de cuarcitas; todo el conjunto ha sido intruído por un granitoide hercínico (260-280 millones de años), al cual se asocia la mineralización.

La mineralización se presenta como vetas paralelas subhorizontales en los esquistos, rellenando fracturas producidas por diaclasamiento, conformando una franja de 6 Km² y más de 500 metros de espesor, la cual presenta alteración hidrotermal mostrando mayormente muscovita y en menor proporción turmalina. El intrusivo presenta un ensamble de alteración compuesto por cuarzo, albita, muscovita y cantidades menores de apatito, wolframita, arsenopirita, casiterita, calcopirita, pirita, pirrotita y esfalerita (Polya, 1989).

Mineralización



**PANASQUEIRA
Y
BARROCA GRANDE**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
MAPA DE UBICACION	P- 5
MINAS DE PANASQUEIRA	
LUIS SEIJAS	JUNIO 1996

La mineralización de las vetas está constituida básicamente por cuarzo, wolframita, arsenopirita, pirita, marcasita, además de mica blanca (flúor muscovita?), fluorita, y un poco de topacio.

Si bien se tienen valores de estaño y éste es recuperado en la planta, es raramente visible en la mina.

Existe un zonamiento vertical entre las vetas. Según informaciones históricas, las vetas de la parte superior presentaban más fluorita, topacio y pirrotita, la wolframita era de grano más fino, y había valores económicos de estaño. En las vetas inferiores casi no se ve fluorita, topacio ni pirrotita, los valores de estaño han disminuido y el grano de la wolframita es más grueso. Por tanto es notable que más cerca al intrusivo disminuye el estaño, cuando se pensaba que debería ser al revés. Como ya se mencionó las vetas tienen 0.40 m. de potencia en promedio, aunque se trabajan hasta 0.20 m., pero ocasionalmente alcanzan potencias superiores a 1 metro.

También se debe señalar que los mejores valores de wolframita se tienen a menores potencias (entre 0.2 y 0.4 m.), a mayor potencia el relleno es principalmente cuarzo.

Las vetas no presentan paniso, la mica se ha depositado hacia las cajas, junto con la wolframita, y hacia el centro se encuentran los sulfuros en una playa de cuarzo.

Profundización

Las vetas están dispuestas en un paquete de más de 500 metros verticales en los esquistos, sólo en el sector NE y en profundidad ha sido detectado el intrusivo, sin embargo las vetas cruzan el intrusivo sin mayor variación en su contenido.

Actualmente se explota el nivel -2, que está a 560 m.s.n.m. y está en preparación el nivel -3 a 470 m.s.n.m. Por perforación diamantina, se tiene reconocido que las vetas continúan debajo del futuro nivel -4, por lo que se puede hablar de una profundización de más de 600 metros de la mineralización en sentido vertical. En las vetas se puede apreciar que hay una tendencia horizontal de dirección NE en la mineralización, de tal manera que se tienen mejores valores hacia el centro de la franja que hacia los bordes, aunque no hay variaciones notables en potencia.

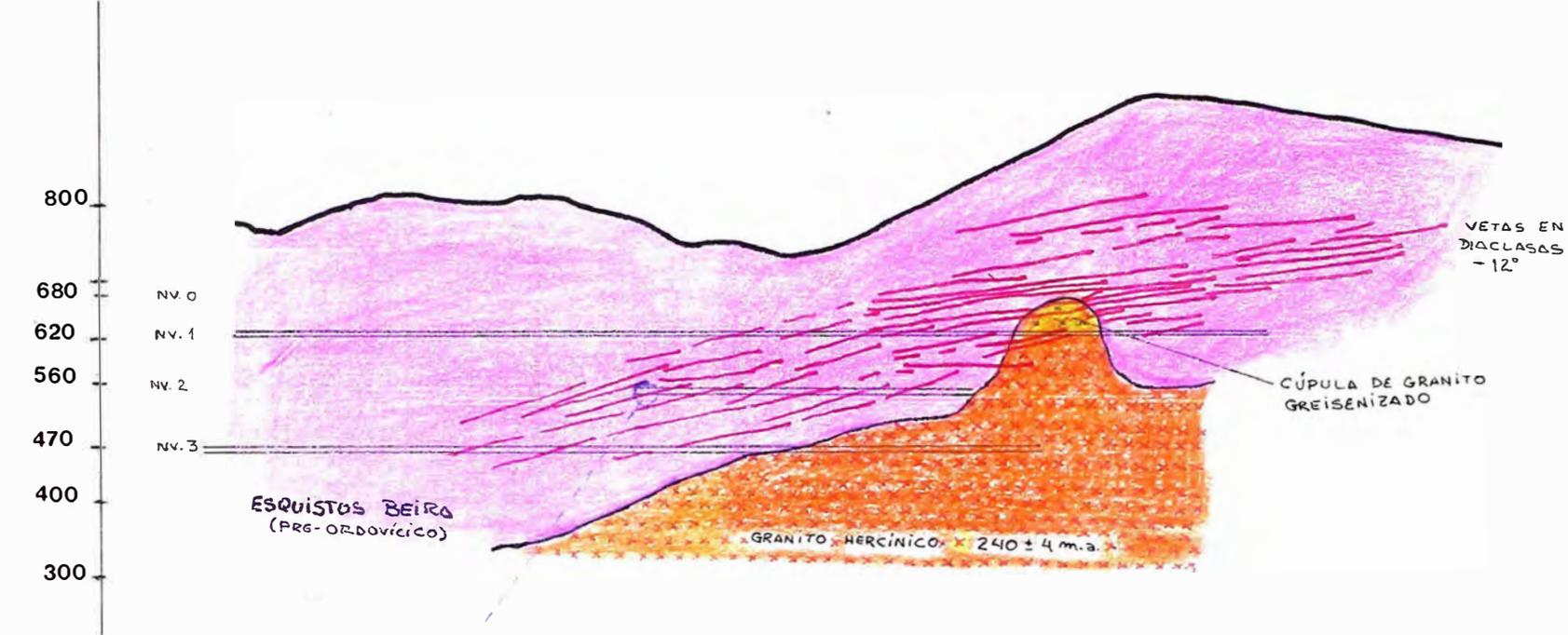
Estimación de Reservas

Debido a lo errático que resulta la mineralización de tungsteno, especialmente en Panasqueira, se utilizan los sondajes sólo para evidenciar la continuidad de las vetas, mas no así para la estimación de las leyes; inclusive no se muestrea por

S 30° W

N 30° E

COTA



DETALLE DE UNA VETA (BOSQUEJO)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINAS DE PANASQUEIRA

CORTE GEOLOGICO

(ESQUEMATICO)

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

escala: 1/10,000

P. 6

canales ni se realizan análisis químicos para obtener la ley promedio, si no que se emplea una medida que se denomina Kgs. de WO₃/m².

Por lo peculiar que resulta esta forma de control se hace una breve explicación. En primer lugar sólo el mineral probado tiene tenor (ley), al probable sólo se le asigna área, mas no tenor.

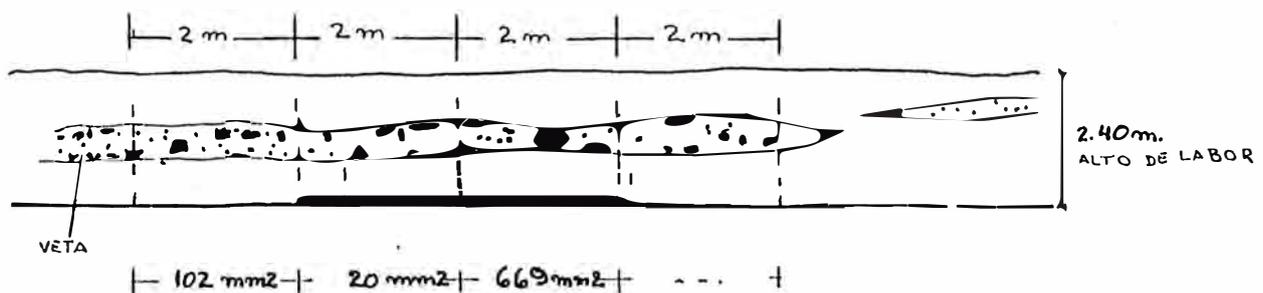
Para considerar un block de una determinada veta como probado, debe estar reconocido por sus cuatro lados. Luego un equipo de muestreros, ya entrenados y con mucha experiencia, marca a lo largo de una cara de la veta, segmentos de 2 metros de largo y luego mide el área de wolframita expuesto dentro de cada tramo (en mm²), y se aplica la fórmula

$$\text{TEOR} = \frac{S}{m \times k}$$

Donde:

TEOR = "ley" en Kgs/m²,
 S = Sumatoria de áreas en mm² de wolframita en los segmentos
 m = Es la suma de las distancias de los segmentos considerados
 K = Constante histórica, que debe corresponder a una tercera dimensión y donde está considerado el peso específico. Esta constante es práctica y ha ido variando con el tiempo, en la actualidad es 1.8.

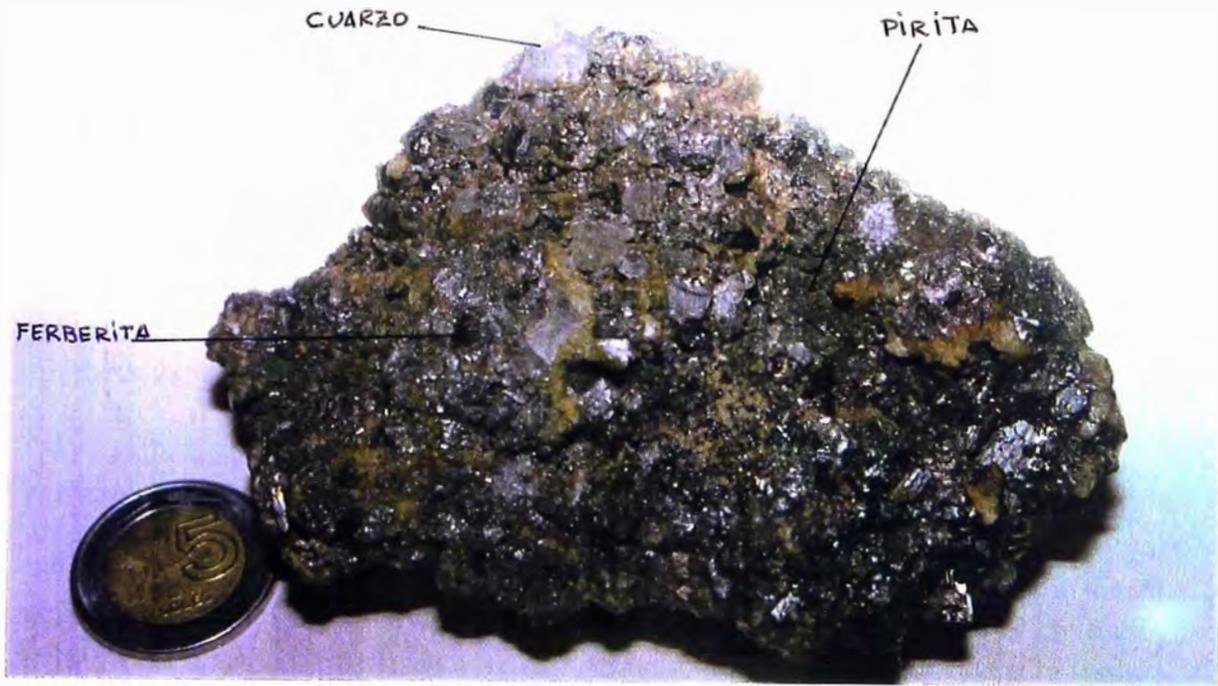
Para el ejemplo:



$$\text{TEOR} = \frac{S}{m \times k} = \frac{(102 + 20 + 669)}{(2 + 2 + 2) \times 1.8} = \frac{791}{6 \times 1.8} = 73.2 \text{ Kgs./m}^2$$

El valor mínimo explotable (cut off) se considera 13 kgs/m².

Esta forma de calcular el contenido tiene su razón en que las vetas siendo subhorizontales, son de alta ley, no son homogéneas y son angostas, entonces les



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINAS DE PANASQUEIRA
TIPOS DE MINERALIZACION

F-6

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

interesa saber por cada m² que corten, visto en planta, cuánto de tungsteno van a obtener, pues independiente de la potencia de la veta y de la sección de la labor de mina, el contenido fino será constante.

Las reservas son calculadas en base a las labores sobre el filón y constituyen reservas probadas. En las reservas probables, sólo se estima el área mas no la ley o teor, pues no hay valor para extrapolar, ya que no se utiliza la ley del bloque probado contiguo para asignarla al probable.

No se eliminan o corrigen los altos erráticos, tampoco se realizan correcciones por errores de muestreo, ya que si hay duda se mide nuevamente.

Posteriormente, durante la explotación, se hace un cruce de información de la cubicación estimada antes de la explotación, menos lo extraído y se mide nuevamente lo que queda, sin embargo no se utilizan estas diferencias para futuras correcciones.

Hay que indicar que la constante K del cálculo de la ley ha variado con el tiempo, mucho tiempo atrás era 2.17, en la actualidad es 1.8 y se está pensando en que debería ser 1.6, esto indudablemente va a repercutir en el valor de las reservas y en los cálculos de las recuperaciones.

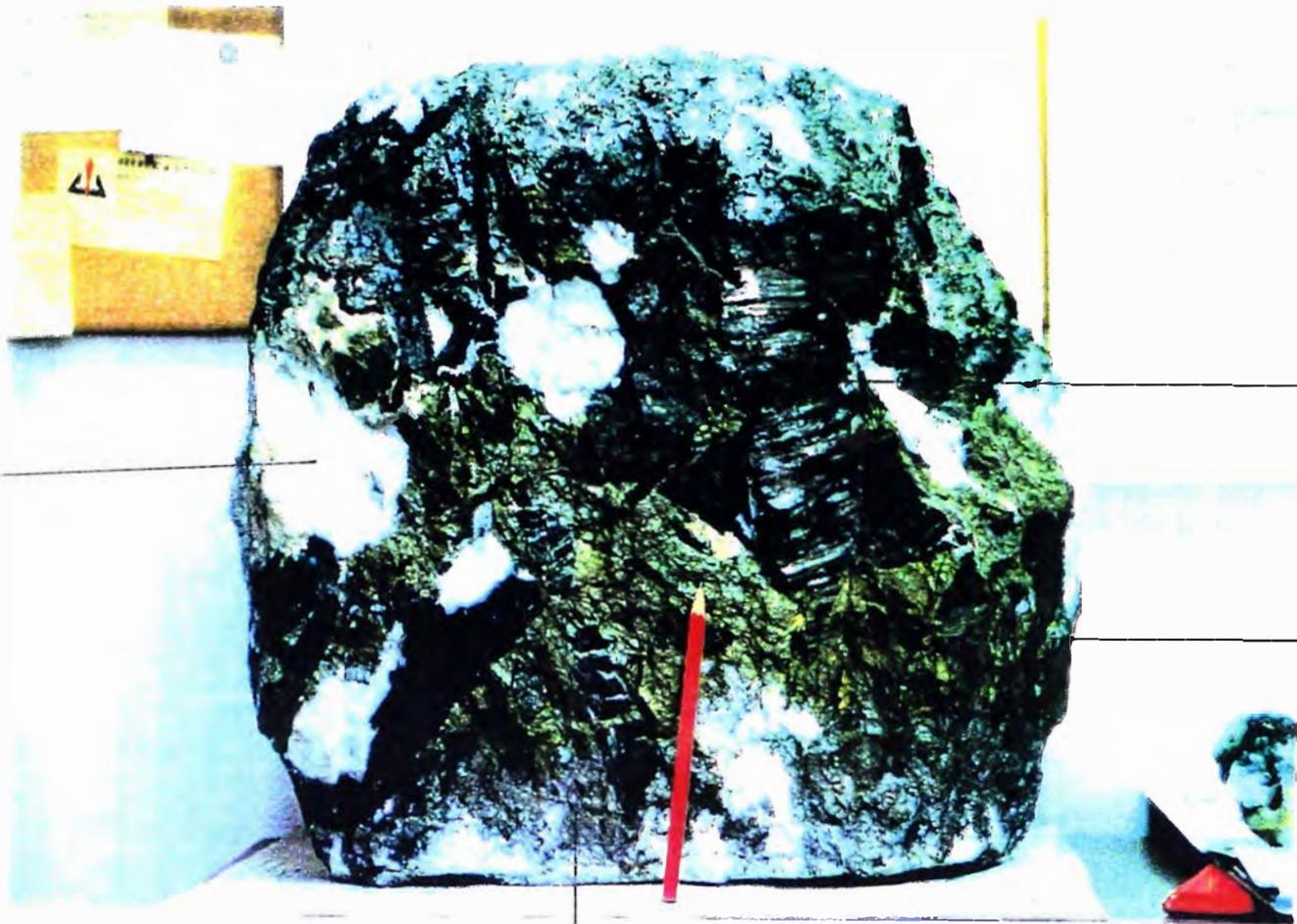
La cubicación efectuada se considera como recurso geológico. Por el método de explotación que se emplea, aproximadamente un 16% del mineral se queda como pilares en la mina.

La sección de mina también lleva un control que es llamado MCF que es la relación del mineral (kilos) recibido por planta dividido por lo estimado que ha enviado mina.

Aspectos Operacionales

La explotación se realiza mediante cámaras y pilares. Debido al método utilizado teóricamente se alcanza una recuperación máxima de 84% del mineral in situ, pero por eficiencia de operación se extrae un 95% de lo máximo recuperable, siendo la recuperación total de mina del orden del 80%.

La eficiencia de la planta es de 85%, uno de los factores que ayudan a esta buena recuperación es que la wolframita se presenta en forma de cristales bien desarrollados y libres de otros minerales, que podrían ser considerados perjudiciales.



CUARZO

FERBERITA
CRISTALIZADA

CALCOPIRITA

PIRITA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
PANASQUEIRA	F· 7
TIPOS DE MINERALIZACION	
LUIS SEIJAS	JUNIO 1,996

En la actualidad se procesan 1,700 T.M./día con una ley de 0.4% de WO_3 trabajando 20 días al mes, y un solo turno de trabajo aunque la capacidad real es del orden de 60,000 T.M./mes. No se trata más mineral debido al mercado restringido que existe en la actualidad, y que no justifica un incremento en la producción.

La ley de cabeza es calculada a partir de los productos que se obtienen en la planta , tanto en relaves como en concentrados.

MINA PALCA 11

Introducción

La mina Palca 11, propiedad de S.A. Minera Regina, es un importante productor de tungsteno en el hemisferio occidental. Se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental en el sur del Perú y en la prolongación norte de la franja de W-Sn de Bolivia.

Las estructuras mineralizadas corresponden a rellenos de fisuras que se emplazan en la parte central de un anticlinal que afecta a lutitas y areniscas pertenecientes al grupo Ambo del Missisipiano.

El relleno está conformado por ferberita y en menor proporción scheelita como minerales económicos, acompañados por cuarzo, caolín, pirita, especularita y minerales base (plomo-zinc-cobre) que por el momento no tienen importancia económica. La veta principal es conocida como Palca Oeste.

Aunque los yacimientos de tungsteno y estaño están íntimamente relacionados a intrusivos de tipo ácido, en Palca 11 no se ha encontrado aún el intrusivo causante de la mineralización, el cual se supone que se debe encontrar a mayor profundidad que la actual reconocida en la veta.

Existen 2 stocks uno al norte y otro al sur, del yacimiento y en el mismo alineamiento que la estructura principal, pero resultan ser mucho más jóvenes que la mineralización. Según Farrat et al (1990), la mineralización tiene 24 millones de años y los stocks tienen entre 8 y 13 millones de años.

Ubicación y Acceso

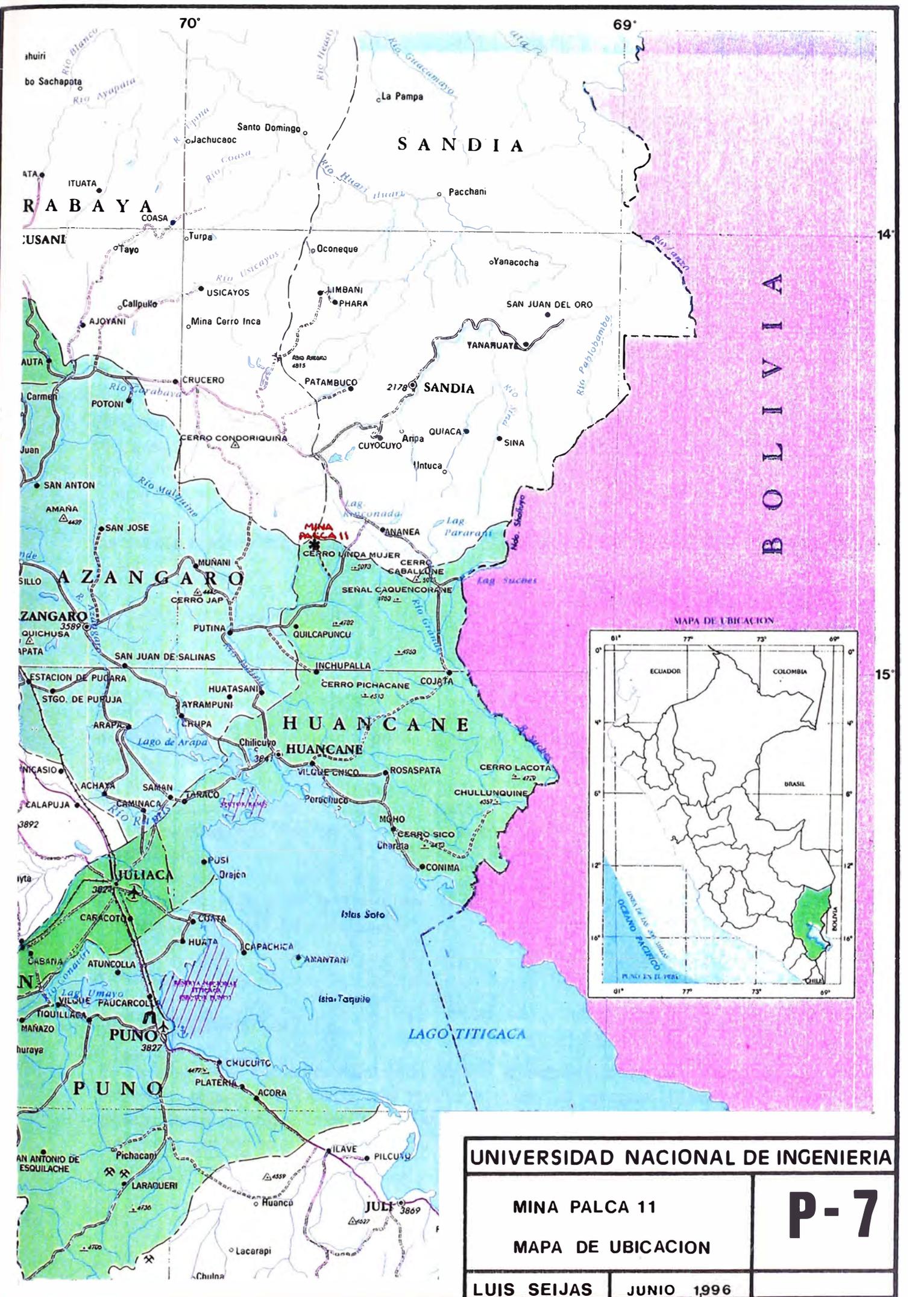
La mina Palca 11 se encuentra ubicada en el paraje Choquene, distrito de Quilcapunco, provincia de Putina, departamento de Puno a 4,600 m.s.n.m.(ver P-7).

Aproximadamente sus coordenadas son las siguientes:

Coordenadas geográficas:

69°41'	longitud oeste
14°43'18"	latitud sur

Coordenadas UTM:



SANDIA

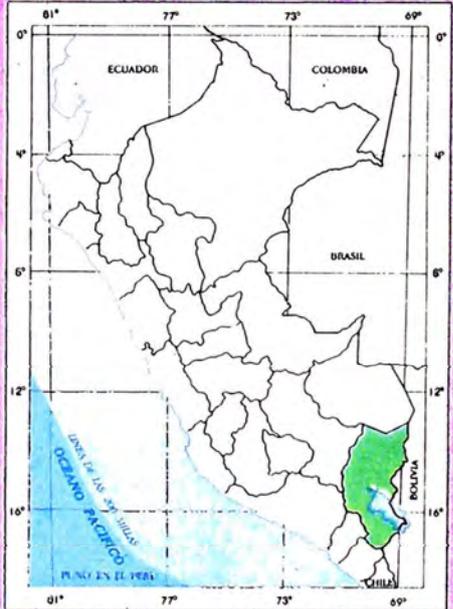
RABAYA

ZANGARO

HUANCANE

BOLIVIA

MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11

P-7

MAPA DE UBICACION

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

zona 19	Norte:	8'373,350
	Este:	426,950

El acceso se realiza utilizando la carretera Juliaca-Sandia, que en la actualidad se encuentra en mal estado. Se recorre esta vía desde Juliaca por 125 Kms. aproximadamente, pasando por los pueblos de Taraco, Putina, y Quilcapunco, tomando luego el desvío construido por la compañía, en dirección norte por unos 15 Kms. más, donde se encuentran las instalaciones de la mina.

Clima y Vegetación

El clima en la zona es frío todo el año, siendo los meses de verano los de precipitaciones (lluvia, nieve, granizo), y el resto del año es seco y muy frío especialmente en los meses de Julio y Agosto, en que por las noches la temperatura desciende debajo de 0°C.

En cuanto a la vegetación, sólo se desarrollan pastos del tipo ichu, musgos y líquenes.

No existe centro poblado en los alrededores de la mina.

Geomorfología local

La mina Palca 11 y sus alrededores se encuentra a una altitud entre 4,600 y 5,000 m.s.n.m., sobre una superficie puna, dentro de un valle glaciar denominado quebrada Choquene.

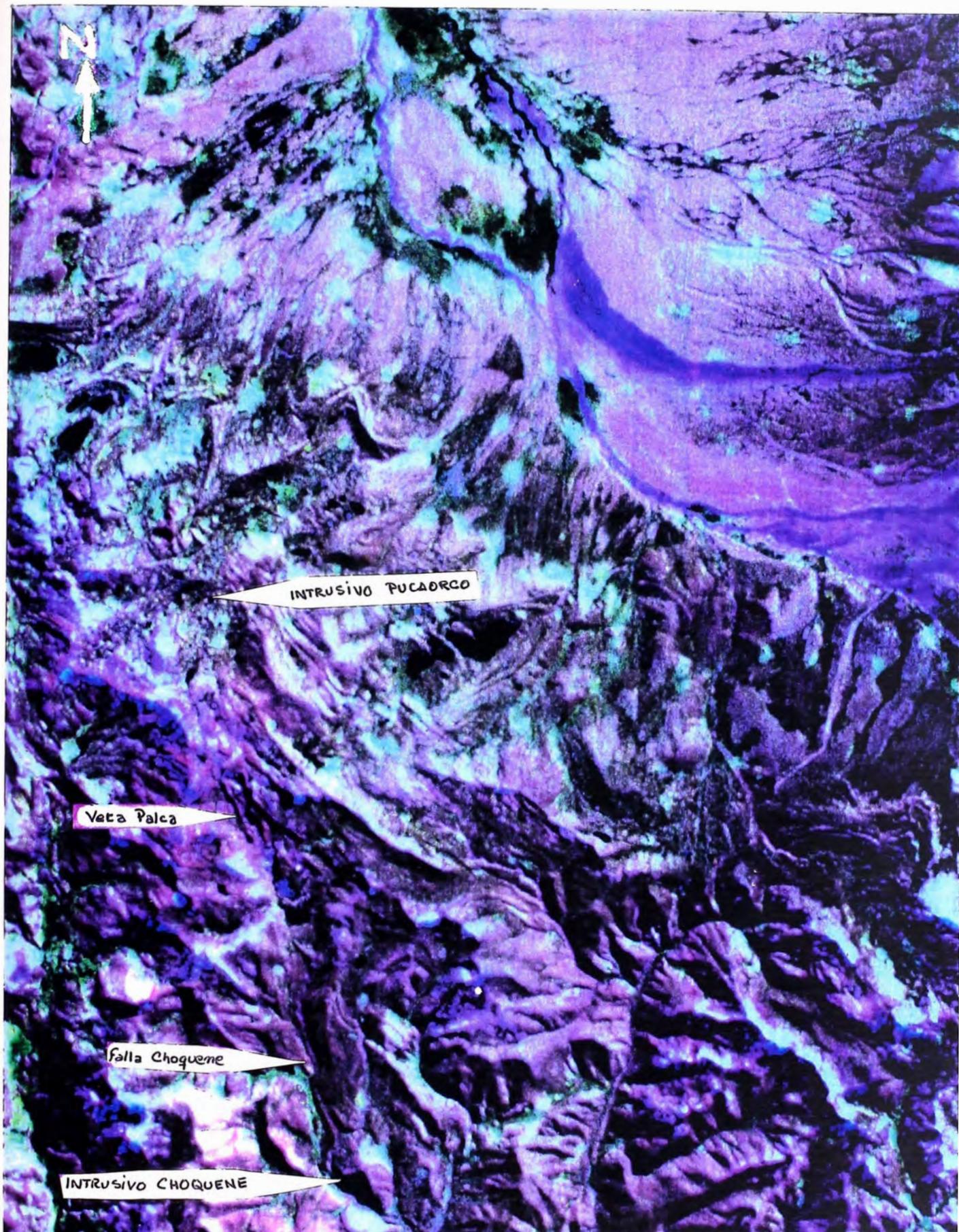
Presenta relieves suaves con algunas escarpas en los flancos de los pequeños valles, conformados principalmente por cuarcitas que han resistido mejor a la erosión.

Otra escarpa importante la constituye el afloramiento de la veta Palca, que sobresale en el fondo del valle glaciar.

Geología General

-Rocas sedimentarias:

El yacimiento se encuentra emplazado en una secuencia potente de lutitas gris oscuras a negras, intercaladas con bancos potentes de areniscas blanquecinas pertenecientes al grupo Ambo del carbonífero inferior. No se conoce la base de este grupo, siendo su afloramiento de más de 500 metros.



INTRUSIVO PUCAORCO

Veta Palca

falla Choquene

INTRUSIVO CHOQUENE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11

IMAGEN SATELITAL

F- 8

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

esc. aprox. 1/100,000

Sobreyaciendo concordantemente al grupo Ambo, se tiene el grupo Tarma, que consiste en una secuencia calcárea de coloración blanquecina a rosada y afloran al este y al oeste de la mina Palca 11. Se presenta en estratos de 40 a 50 centímetros de potencia y no es posible diferenciarlo del grupo Copacabana, por lo que genéricamente se les denomina Grupo Tarma-Copacabana, correspondiendo en edad del Pennsylvaniano al Permiano inferior.(ver plano P-8).

-Rocas Igneas:

No se tienen afloramientos de rocas ígneas en el yacimiento de Palca 11, por lo que el intrusivo al que se asocia la mineralización debe estar en profundidad. Sin embargo en el área se tienen dos stocks riolíticos.

Uno de ellos aflora 6 Km. al sur de la mina y es denominado intrusivo Choquene, tiene forma semicircular, con un diámetro aproximado de 1.5 kilómetros.

El otro stock más pequeño llamado Pucaorco aflora en el extremo norte de la prolongación de la veta Palca, con dimensiones de 500 por 300 metros aproximadamente.

Aunque ambos stocks se encuentran en el mismo alineamiento de la veta Palca, sobre la falla regional Choquene (foto F-8), no existe relación entre estos intrusivos y la mineralización, ya que de acuerdo con Farrat et al (1990) el stock riolítico de Pucaorco tiene alrededor de 12 millones de años, y el de Choquene 8 millones; en cambio la mineralización es más antigua, habiéndosele datado en 24 millones de años de antigüedad.

Aspectos Estructurales

El distrito minero de Palca 11 ha sufrido esfuerzos compresivos correspondientes a las orogenias Tardihercínica y Andina, ocasionando que las lutitas y areniscas del grupo Ambo así como las calizas del Tarma-Copacabana sufran plegamientos y fallamientos, siendo muy difícil asignar determinadas estructuras a alguna de la orogenias, ya que ha habido sobreimposición de los esfuerzos sobre las estructuras preexistentes.

Como estructura principal se tiene a la falla Choquene, la cual se puede seguir por más de 12 kilómetros siendo de posible movimiento sinistral. En la parte sur de la falla se ubica el intrusivo Choquene, en la parte central-norte se halla la veta Palca que corre paralela y al techo de la falla y en su extremo norte se tiene el stock Pucaorco.

Otra estructura importante la constituye el anticlinal de Palca, cuyo eje tiene dirección N10-15°W, y su plano axial buza 50° al NE. Hacia el sur, cerca a la laguna Choquene (o Islapampa) el pliegue es más abierto, en cambio hacia el norte, en el sector conocido como Alejandrino, se aprieta fuertemente. (foto F-9)

La falla Choquene corta al anticlinal por su plano axial. En ambos flancos del anticlinal se pueden apreciar pliegues menores y repliegues, asociados al plegamiento principal.

Otra estructura importante es el anticlinal Españoles que se ubica al sur este del anticlinal de Palca, es de menor magnitud y su dirección es aproximadamente N50°W y tiende a unirse al de Palca en la parte norte. Por otro lado se tiene fallas de rumbo N60°W que cortan a las estructuras anteriores, siendo mayormente dextrales y que parecen corresponder a fases distensivas.

Mineralización

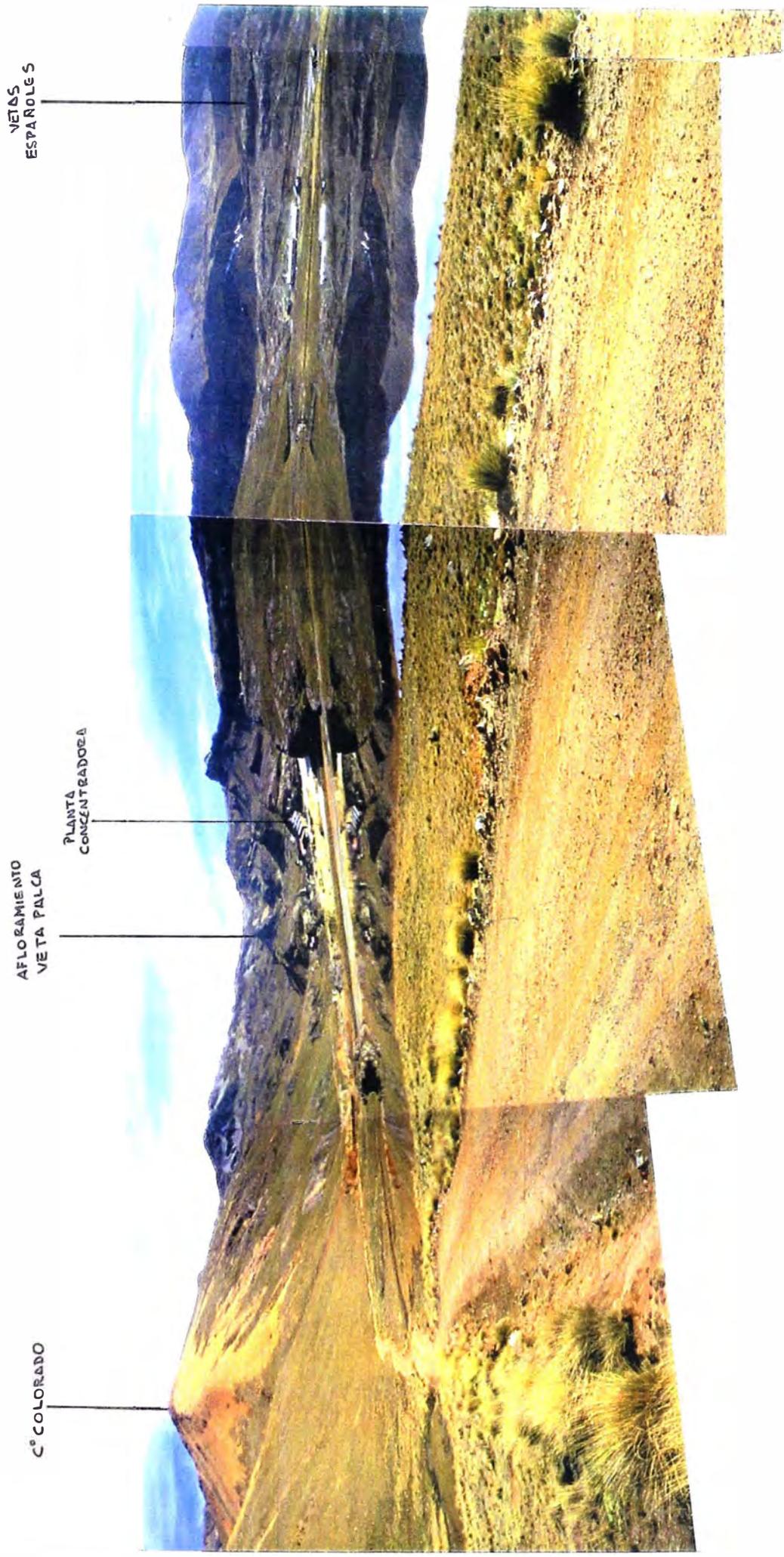
En este marco estructural se encuentra el yacimiento Palca II que se ha desarrollado como relleno de fisuras en las estructuras que forman parte del anticlinal de Palca.

La estructura mineralizada más importante es la veta Palca, que aflora por más de 2 kilómetros. En su extremo norte se presenta en forma de ramales a modo de cola de caballo (zona Alejandrino), en la parte media como una estructura potente emplazada en el plano axial del anticlinal Palca, con rumbo general N20°W y buzamiento 50°NE.

En el extremo sur, alrededor de los 800 últimos metros, se producen una serie de lazos simoides, destacando el ramal Palca W, al cual está asociada la mineralización de tungsteno, y el ramal Palca E, que no tiene valores económicos en superficie. Palca W tiene buzamiento promedio de 47°NE, mientras que Palca E está alrededor de 50°NE.

Siguiendo hacia el Sur se tienen los ramales denominados Pucapollera y Evita con rumbo N5°-10°W, buzamiento 45°NE y resultan ser el extremo sur de los afloramientos, ya que luego son cubierto por material cuaternario (morrenas) que no permiten seguirlos hacia el sur.

La longitud del afloramiento de la veta desde Alejandrino en el norte (4,950 m.s.n.m.), hasta su extremo sur es de 1,800 metros. Así mismo la parte sur se encuentra a 4,600 m.s.n.m. en el fondo de la quebrada Choquene.



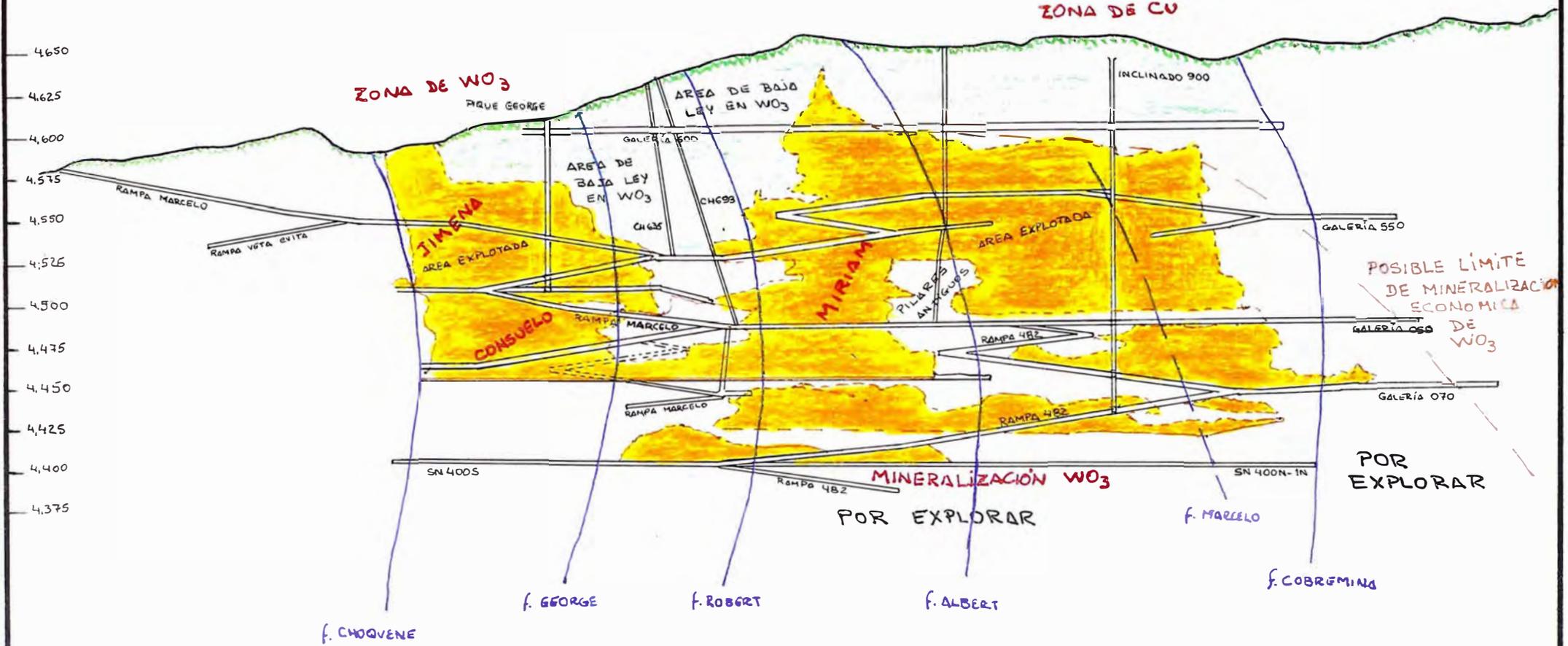
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
MINA PALCA 11	
VISTA PANORAMICA	
LUIS SEIJAS	JUNIO 1.996

F. 9

S

N

Cu-Zn



VETA PALCA W

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11
 SECCION LONGITUDINAL
 Y LABORES PRINCIPALES

P-9

LUIS SEIJAS JUNIO 1, 1996

0 25 50 75 m
 escala aproximada

La mineralogía predominante es cuarzo, especularita, caolinita, ferberita, scheelita, calcopirita, esfalerita, galena, sericita.

Existe un zonamiento mineralógico en la veta, tanto de sur a norte, como en vertical conforme se asciende en el afloramiento. En el extremo sur se nota la presencia de wolframita en superficie, cerca a la unión sur de los ramales Palca W y Palca E, observándose que la mineralización continúa en la veta Palca W hacia el norte, mas no así en Palca E que en superficie se comporta sólo como estructura.

Siguiendo hacia el norte, en Palca W se comienza a presentar cobre, en forma de calcopirita principalmente, y después de su unión con Palca E en el norte, continúa como una sola estructura con relleno de calcopirita y esfalerita, en venillas irregulares en un ancho de más de 6 metros; también es abundante el cuarzo y la especularita.

Hacia la parte alta (Alejandrito 4.950 m.sn.m.) aparte de calcopirita y esfalerita, se nota la presencia de galena con contenidos de plata. Para completar el esquema se tienen estructuras a 1 kilómetro, al noroeste de Alejandrito con estibina (mineralización de antimonio).

Existen otras vetas de menor importancia como Los Españoles que se ubican en el anticlinal del mismo nombre, al este de la veta Palca. Se trata de vetas de rumbo N 45° W y buzamiento entre 70° y 80° al E, potencias variables entre 20 y 80 cms.. Si bien han sido muy trabajadas antiguamente, en la actualidad no son accesibles, apreciándose sólo las canchas antiguas. Los minerales económicos son básicamente esfalerita y galena.

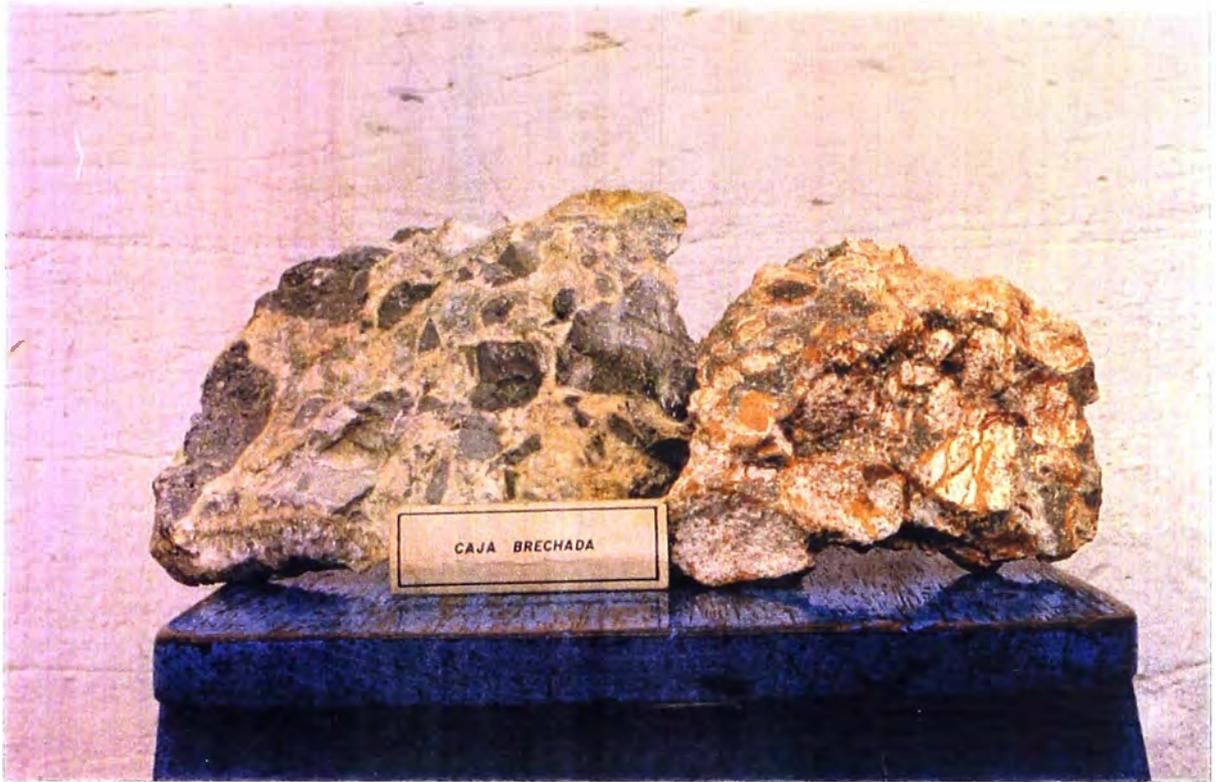
Alteraciones

Las alteraciones de cajas predominantes y asociadas a la mineralización son la propilitización, argilitización, sericitización y silicificación.

Tanto la argilitización, como la propilitización están más ligadas a la mineralización económica, la primera principalmente a la ferberita y la segunda a la scheelita.

Mineralización Económica

La mina Palca 11 se puede considerar en este momento como monometálica, ya que sólo se explota el tungsteno tanto como ferberita como scheelita. En la zona de actual trabajo otros elementos no tienen importancia económica.



BRECHA TÍPICA DE LA CAJA TECHO (PEBBLE BRECCIA)



MINERALIZACION MIXTA, SCHEELITA EN ENSAMBLE CAOLIN-CUARZO-FERRERITA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11

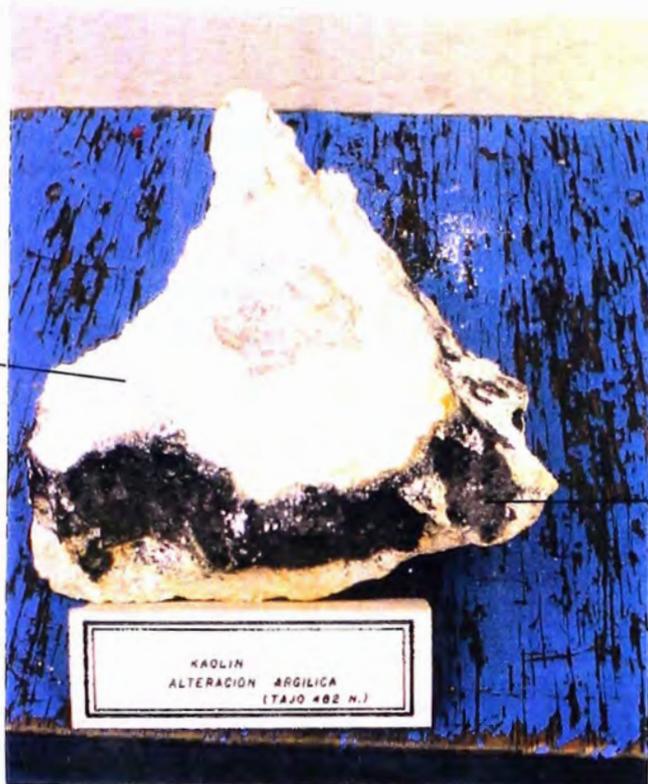
TIPOS DE MINERALIZACION

F-10

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

CAOLIN



Ferberita

ENSAMBLE TÍPICO CAOLIN-CUARZO-FERBERITA-PIRITA

Scheelito



ESPECULARITA

CUARZO

ENSAMBLE CUARZO-ESPECULARITA-PIRITA-SCHEELITA-Fps.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11

TIPOS DE MINERALIZACION

F-11

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

El área de tungsteno, actualmente conocida, se ubica en la veta Palca W, tiene aproximadamente 600 metros de largo por 250 metros de profundidad, (ver P-9) con una potencia que varía entre 3 y 8 metros, y promedio de 5 mts. Al sur se encuentra la falla Choquene y al norte la falla Cobremina. Sin embargo estas fallas no limitan la mineralización ya que tienen un movimiento posterior a ella; pero al parecer la mineralización mejora cerca a fallas transversales, como Cobremina, por lo que se ha especulado sobre la posibilidad de que las fallas transversales hayan actuado desde antes de la metalización, y sirvieran de canales de ascenso para los fluidos mineralizantes.

Una característica en la veta Palca W es la presencia de pebble-brecha en la caja techo, lo que marca claramente la veta de la roca de caja. En cambio la caja piso no es tan marcada, ya que la veta, que es una estructura brechada, va pasando paulatinamente hacia la roca sin un plano definido, señalándose el límite sólo por consideraciones económicas; en base al muestreo.

El relleno se presenta como brechas de lutitas envueltas en una matriz de cuarzo-caolín-ferberita-pirita. Otro ensamble, pero menos común es brecha de lutitas cloritizadas, silicificadas, envueltas en cuarzo, feldespatos, abundante especularita abundante, pirita y scheelita.(ver F-10 y F-11).

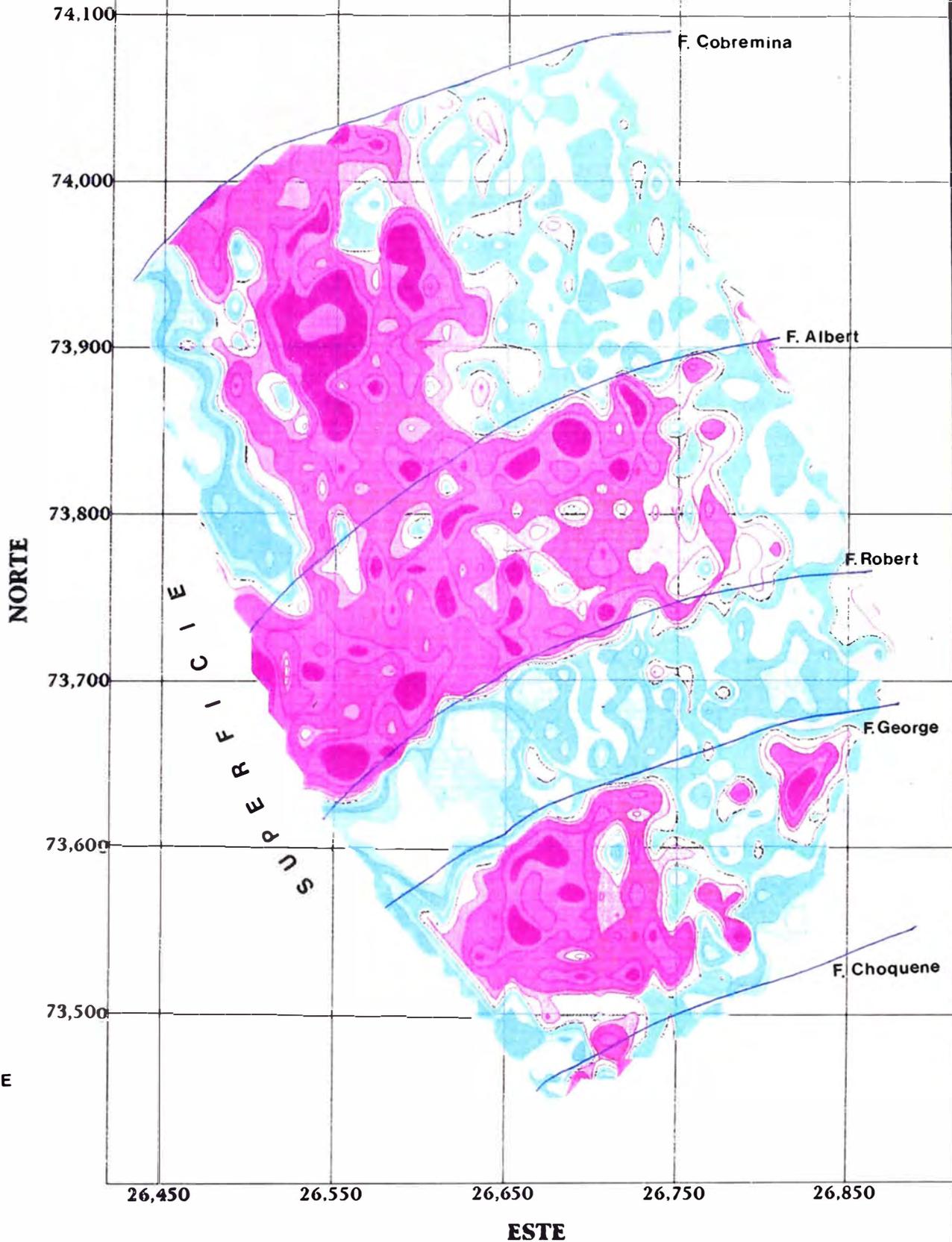
Si bien los ensambles de ferberita y scheelita son notoriamente distintos, sin embargo se tienen zonas de ferberita-scheelita en el ensamble caolín-ferberita-pirita, por reemplazamiento de scheelita en ferberita.

Las leyes históricas promedio están en el orden de 1.5% de WO_3 , con una relación estimada ferberita: scheelita de 4:1. Es de notar que localmente se han tenido concentraciones con leyes superiores a 10% de WO_3 en todo el ancho de la veta. Los cuerpos (ore shoot) Consuelo, Miriam y Jimena lo demuestran.

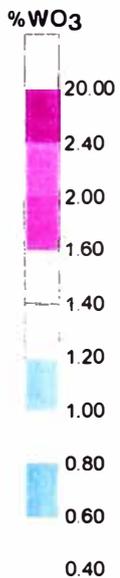
Estas características mineralógicas se mantienen en sentido vertical desde la parte alta (nivel 4,600) hacia abajo (nivel 4,400), no observándose cambios notables que indiquen posibles variaciones en los contenidos metálicos, en profundidad.

El hecho de no tener al intrusivo causante de la mineralización en las proximidades a la zona de trabajo, y por las características mineralógicas observadas, se piensa que la mineralización debe continuar sin mayor variación entre 150 y 200 metros más en profundidad, es decir que se puede esperar otros ore shoots, conforme se profundicen los trabajos de exploración.

Con la información de muestreo, se ha preparado un plano de isovalores, (ver P-10), los cuales muestran una cierta tendencia vertical y, si bien en el nivel inferior 400, se tienen valores bajos, éstos parecen que nuevamente comienzan a



INTERVALOS DE LEYES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MINA PALCA 11

ISOVALORES DE TUNGSTENO

P-10

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

incrementarse en profundidad, pensándose que pueda tratarse de nuevos ore shoots que van apareciendo. Sólo con una exploración sistemática, se podrá corroborar o descartar esta posibilidad.

Como control sistemático en la mina se muestrea mediante canales transversales a la veta, espaciadas cada tres metros. La cubicación de reservas se hace por bloques; calculando la ley por promedios ponderados. Se hacen correcciones por altos erráticos, errores de muestreo y análisis. Se distingue entre “recurso” o mineral in situ y “reserva” que es la estimación del recurso, evaluándolo con los parámetros de ley de corte económica, dilución y porcentaje de recuperación por el proceso de minado, etc .

MINERÍA

En este capítulo se quiere hacer una breve reseña de los métodos de explotación utilizados por las operaciones mencionadas.

Panasqueira:

Los métodos de explotación varían de acuerdo a las condiciones geológicas de los diferentes yacimientos, sólo a modo de ilustración diremos que en Panasqueira se emplea cámaras y pilares y la mina se encuentra completamente mecanizada y electrificada, usando sistemas combinados de trackless y rieles.

Actualmente se tiene un nivel 0 (680 m.s.n.m.), encima del cual hay más de 12 niveles, que ya fueron explotados. Debajo del 0 se tiene el nivel 1 (620 m.s.n.m.) que también ha sido explotado. Actualmente está en explotación el nivel 2 (560 m.s.n.m.) y en preparación el nivel 3 (470 m.s.n.m.).

Del nivel 2 se extrae el mineral a través de una faja transportadora de más o menos 3 kilómetros de largo, con un pendiente de 20%, hasta el nivel 0 y de aquí con locomotoras a la planta concentradora (LAVARÍA)

Los bloques son de 50 metros en horizontal por 100 metros inclinados, según el buzamiento de la veta. Finalmente se dejan pilares de 3 x 3 metros y cámaras de 11 metros de ancho. La altura mínima de las labores de explotación es 2.20 metros. Aproximadamente el 16% del mineral se deja como pilares.

Se extraen 1,700 toneladas de mineral por día con una ley promedio de 0.4% de WO_3 y trabajan 20 días al mes, en un solo turno. Aunque la capacidad es mayor (60.000 T.M./mes), y contándose con los recursos minerales, no trabajan a plena capacidad por problemas en el mercado, ya que no tendrían compradores. La recuperación total en mina se estima en 80% y en planta es de 85%.

La ley de cabeza es calculada en base a los productos que se obtiene incluyendo los relaves.

Trabajan 205 personas en toda la mina, en una jornada de 8 horas y de lunes a viernes. Parte del personal radica en Barroca Grande, sede de las operaciones, aunque la mayoría lo hace en las ciudades como Fundão, que es la más cercana, o Porto o Lisboa, las dos ciudades más importantes de Portugal, distante ambas 300 kilómetros, de la mina o 4 horas de viaje en auto.

Palca 11:

En Palca 11 se emplea corte y relleno ascendente, con trackless. Se obtiene una recuperación en mina, de 90% y en planta alrededor de 68%. El relleno empleado es convencional. Se emplea cerca de 160 hombres distribuidos en 2 guardias de 10 horas, trabajando en un sistema de 20 días por 10 de descanso, que resulta ser novedoso en el Perú, pero que Regina lo viene utilizando con buenos resultados, obteniéndose ventajas tanto para los trabajadores como para la empresa.

Debido a la falta de encampañe, uno de los mayores problemas para la operación lo constituye el drenaje de mina. Adicionalmente el agua es ácida, teniendo un pH de alrededor de 4, por lo que en interior mina debe acondicionarse el agua con cal antes de ser bombeadas.

Una ventaja que presenta la mina es la buena competencia de la roca caja, que permite que los avances se realicen sin mayor dificultad, siendo el consumo de madera, con fines de sostenimiento, mínimo. Hay que tener en cuenta que la sección de las labores de acceso, tanto rampas como galerías es de 3 metros de alto por 3.5 metros de ancho.

Para la extracción del mineral se emplean un pique vertical de 90 metros y otro inclinado de 270 metros, los cuales ponen el mineral en superficie al nivel de la planta concentradora (4,600 m.s.n.m).

San José de Berque:

En San José de Berque se practica una minería convencional con rieles y utilizan shrinkage, como método de explotación. Tratan alrededor de 70 T.M./día con una ley estimada de 1.7% de WO₃. El ancho mínimo de explotación es 0.9 m.. La sección de las galerías es 7' x 7' laboran en total 69 hombres en turnos de 12 horas.

Estiman tener una recuperación de 90% en mina y 68% en planta. La recuperación en planta puede ser mejorada, lo mismo que la calidad de los concentrados, ya que recién se está implementando un separador magnético, para refinar los concentrados en Tupiza. Por otro lado se pudo observar la presencia de scheelita en un 5%, aproximadamente, en los concentrados, mineral que es separado manualmente y no recuperado como subproducto

En el caso de los otros depósitos, o son prospectos (Himalaya) o en la actualidad trabajan en forma casi artesanal y por debajo de su capacidad (caso Chojlla), esperando que mejore las condiciones del mercado, para entrar a trabajar en su verdadera capacidad.

METALURGIA

La metalurgia del tungsteno involucra procesos químicos y fundición a partir de concentrados.

Las compañías mineras dedicadas al tungsteno, en la parte de tratamiento llegan hasta el proceso de concentración, obteniendo productos que son vendidos con leyes superiores a 68% como concentrados comercialmente aceptados.

Aprovechando las características de los minerales de tungsteno, principalmente su alta densidad y su estabilidad a las condiciones ambientales, la concentración utilizando técnicas gravimétricas es fundamental.

Si bien existen variaciones según si se trata de wolframita o scheelita y dependiendo de la ley de alimentación a la planta, los procesos simplificados son más o menos los siguientes:

- 1.- Reducción mecánica del tamaño del material mediante la trituración.
- 2.- Concentración gravimétrica, mediante el empleo de jigs y utilizando un medio líquido, normalmente agua, obteniéndose dos productos, uno de minerales de alto peso específico y otro de bajo peso específico. El concentrado de minerales de alto peso específico es enviado para una "refinación" del producto.
- 3.-El producto de los minerales de menor peso específico de los jigs, muchas veces son partículas mixtas de material estéril con mineral de tungsteno, por lo tanto se requiere liberar los granos, por lo que el material es molido en un molino de barras, tratando de no sobremoler porque de lo contrario se producen lamas, haciendo muy difícil su recuperación.
- 4.- Luego de la molienda se pasa a una nueva etapa de concentración gravimétrica, pero esta vez usando equipos para partículas finas que pueden ser mesas vibratorias o espirales. Como los sulfuros, principalmente pirita, son acompañantes comunes, éstos pueden interferir en una buena recuperación, además que el azufre es castigado en los concentrados, por lo que una fase de flotación suele emplearse aquí. La flotación puede hacerse en las mesas vibratorias, previo acondicionamiento del material o en celdas comunes.

Nuevamente el producto de los minerales de alto peso específico es enviado a la sección refinación para mejorar la calidad del producto. El material mixto es retratado en mesas lamas.

5.- Los productos de la concentración gravimétrica contienen minerales magnéticos y no magnéticos, propiedad que es utilizada para una nueva concentración o limpieza llamada “refinación”. Se recuerda que la wolframita es débilmente magnética y la scheelita no lo es en absoluto.

Los pre-concentrados son sécados y pasados por un separador magnético de baja intensidad, captándose los minerales altamente magnéticos como magnetita, pirrotita, etc. Quedando como “cola” la wolframita y scheelita y además otros minerales como pirita casiterita, en un porcentaje muy pequeño, y cuarzo, que se han escapado de los procesos anteriores.

6.- Estas “colas” son pasadas por un separador magnético de alta intensidad, obteniendo un concentrado de wolframita de alta calidad. Si hay contenidos importantes de scheelita, ésta es concentrada en la cola.

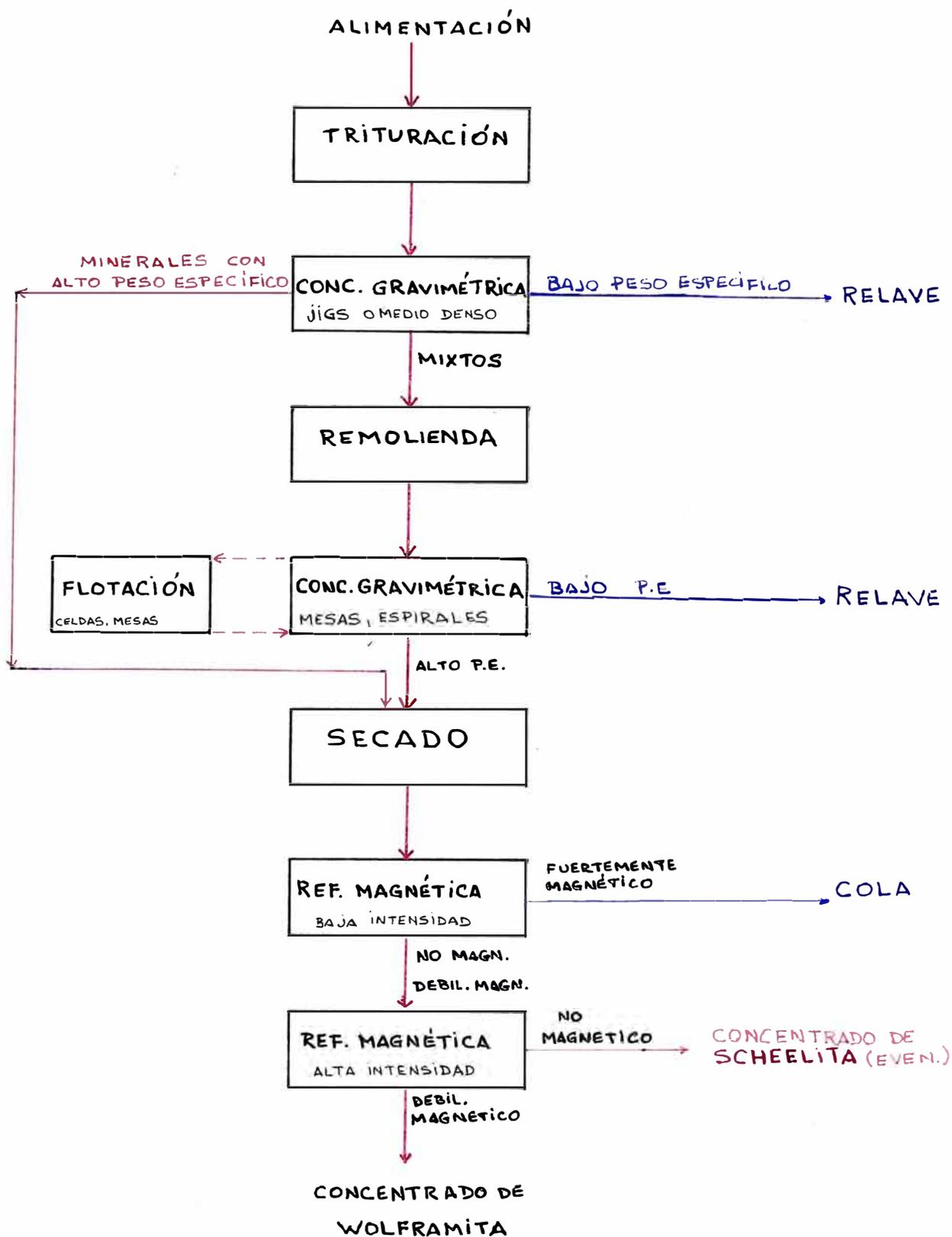
En líneas generales éste es el proceso que siguen las concentradoras Palca 11 (con capacidad de 400 T.M./día), San José de Berque (70 T.M./día), Chojlla (anteriormente 800 T.M./día, actualmente alrededor de 70 T.M./día).

En Panasqueira se tiene una pequeña variante en el paso 2, ya que la concentración gravimétrica se realiza con el empleo de medios densos, en lugar de jigs. Lo que les ha permitido mejorar sustancialmente su recuperación (85%). El empleo de medios densos, es poco conocido en el Perú, sin embargo es una técnica que podría ser muy útil y que se debería investigar. Además la pulpa densa es recirculada, por lo que su consumo en el proceso es bajo.

Dependiendo del proceso, las características de las menas, y de los productos que se quieren obtener, las recuperaciones varían entre 65%, considerado bajo, hasta 85%, que es considerada una buena recuperación.

De este modo se obtienen concentrados comerciales y que son exportados a las plantas de producción de productos intermedios, para obtener principalmente el paratungstato de amonio (APT).

En el gráfico G-2 se muestra el diagrama de flujo de una planta concentradora típica como la descrita anteriormente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

DIAGRAMA DE FLUJO
DE
CONCENTRADORA TIPICA

G-2

LUIS SEIJAS

JUNIO 1996

TIPOS DE YACIMIENTO

Existen diferentes clasificaciones de los yacimientos de tungsteno, sin embargo se considera útil la realizada por Soler (1982), que es la que se muestra en el gráfico G-3.

En la clasificación de Soler, se menciona otros tipos de yacimientos, pero de mucha menor importancia, entre los que destacan las asociaciones con óxidos de manganeso y hierro, y las placeres de tungsteno.

Los yacimientos conocidos, no se ajustan estrictamente a la clasificación propuesta, ya que entre ellos existen transiciones, sin embargo para un mejor entendimiento se presenta el cuadro No... donde se resumen algunas características de los yacimientos aquí descritos, clasificándolos de acuerdo a Soler (1982).

En el presente trabajo, no se tienen ejemplos de yacimientos pirometasomáticos de W (skarn), pero hay bibliografía abundante al respecto, entre los ejemplos notables están Pine Creek en California Salau, en Francia; Flat River, en Canadá; y otros yacimientos de Australia, Tasmania y Corea. En estos casos la mineralización tiende a estar alineadas con el contacto caliza-intrusiva, . Puede tener una gran altura, pero un espesor de sólo algunas decenas de metros.

Soler y otros autores mencionan que las vetas donde existen tungsteno y estaño asociados a una intrusivo, “el tungsteno tiene tendencia a “alejarse” más del intrusivo, que el estaño”. Sin embargo en Chojlla es al revés, es decir el estaño está más alejado del intrusivo que el tungsteno, decreciendo sus valores conforme nos aproximamos al intrusivo.

Algo similar sucede en Panasqueira, si bien las vetas son subhorizontales, las vetas en las partes más altas tienen tenores más importantes de estaño que las de la parte baja, próximas al intrusivo; en cambio el tungsteno mejora ligeramente en forma inversa al estaño. También ocurre una disminución de fluorita, topacio y pirrotita hacia la parte baja.

Si bien la presencia de minerales de flúor, como la fluorita, son comunes a los yacimientos de tungsteno, no existe consenso en la importancia del flúor para el transporte del tungsteno, ya que si bien los fluoruros y cloruros de tungsteno existen, al parecer se necesitarían concentraciones muy altas para explicar el mecanismo del transporte del tungsteno.

GRUPO PLUTONICO
asociado a intrusivo visible
95% Producción Mundial

Pirometasomático
Temperatura Skarn 400°C-650°C
T fluidos Hidrot. 250°-500°C
P media-baja (1-2kbar).
(25% Producción mundial)

Skarn
Mena scheelita. leyes +- 0.5 % WO₃
Acompañantes: calcopirita, esfalerita, galena
Ganga: Granates, piroxenos, wollastonita, anfíboles calcícos, fluorita, apatito.

Filonianos sensu-lato
cuarzo-wolframita o
cuarzo-scheelita
(70% Producción mundial)

Alta Temperatura
Mena: wolframita scheelita
Acompañantes: Casiterita, pirita, esfalerita
Ganga: cuarzo, turmalina, topacio, muscovita, fluorita, apatito, carbonatos (siderita) baritina.

- Cuarzo-Wolframita
- Cuarzo-Wolframita -Casiterita
- Cuarzo-Scheelita
- Cuarzo-scheelita-oro

Con estaño asociado

- Asociado a fase de albitización de granitos ácidos
Vetas poco continuas

- Cuarzo-Hubnerita-Sulfuros y Sulfosales
 - Gran longitud asociado a: pirita, esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita, enargita.
 - Ganga: Cuarzo, fluorita, sericita, turmalina, adularia, apatita, turmalina, rodocrosita.

GRUPO VULCANO-PLUTONICO
Yacimientos Epigenéticos-Filonianos
Paragenesis compleja Abundantes sulfuros y sulfosales.
También minerales de poca profundidad (calcedonia, baritina, estibina, rejalgar, cinabrio)

Sin Estaño asociado

- Cuarzo-Ferberita-Estibina
 - Ferberita anterior a estibina.
 - Filones de poca longitud y poca profundidad
 - Rellenos de fisuras stock work.
 - Minerales asociados turmalina, pirrotita, baritina, calcita.

- Cuarzo-Ferberita-sin estibina
 - Vetas no muy extensas genéticamente relacionado a rocas volcánicas
 - Minerales asociados hematita, magnetita, pirita, esfalerita, galena, tetraedrita, carbonatos

GRUPO SEDIMENTO-METAMORFICO
Yacimientos asociados a horizontes sedimentarios o metamorficos determinados
Mineral mena mayormente scheelita sin estaño

Estrato-Ligaos

- Vulcanogenicos de W, Sb y Hg
- Cuarzitas con scheelita
- Areniscas

Filonianos en niveles estratigraficos particulares especialmente en "Lutitas negras"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CLASIFICACIÓN DE
YACIMIENTOS DE WO₃
SEGUN SOLER 1983

G-3

LUIS SEIJAS JUNIO 1.996

CONCLUSIONES

De los yacimientos estudiados, sólo uno se puede considerar pequeño (San José de Berque). Los otros cuatro son yacimientos de gran magnitud.

En la Chojlla y Panasqueira se conoce el intrusivo al cual se asocia la mineralización, que no es el caso en Palca 11, San José de Berque e Himalaya. Por lo que se conoce, los yacimientos de tungsteno profundizan bastante, (más de 500 metros), hasta el intrusivo, por lo que se supone que los yacimientos Palca 11, San José e Himalaya, tienen todavía un gran potencial por descubrir.

Las edades de la metalización son Paleozoico medio a superior (2) terciario (3). Las rocas encajonantes son filitas y pizarras, lo que es bastante notable para los cinco casos estudiados.

También para los cinco casos la wolframita (variedad ferberita), es el mineral económico más importante. En el caso de Palca 11, se considera que la proporción de scheelita es importante, faltando conocer más sobre el origen de ambos minerales.

NOMBRE DEL YACIMIENTO	UBICACION	ROCA ENCAJONANTE	EDAD ESTIMADA MINERALIZACION	MINERALES MENA	MINERALES SECUNDARIOS Y GANGA	TIPO DE YACIMIENTO	SEGIUN CLASIFICACION
Palca 11	Puno-Perú	Pizarras-areniscas	24 M. a.	Ferberita-scheelita	cz-py-cp-gn-sf	Relleno de fractura	Filoniano-sensulato
San José de Berque	Tupiza- Bolivia	Ignimbritas	Terciario	Ferberita	py-cz	Relleno de fractura	Filoniano-sensulato
La Chojlla	Bolivia	Fillitas/intrusivo	209 M. a.	Ferberita	cz-py-ca-apy	Relleno de fractura	Filoniano sensulato
Himalaya	La Paz-Bolivia	Pizarras/intrusivo	28 M. a.	Ferberita	cz-py-Ca-apy	Relleno de fractura	Filoniano-sensulato
Panasqueira	Portugal	Fillitas/intrusivo	296	Ferberita	cz-py-cp-mu	Relleno de fractura	Filoniano-sensulato

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

R E S U M E N

G-4

LUIS SEIJAS

JUNIO 1.996