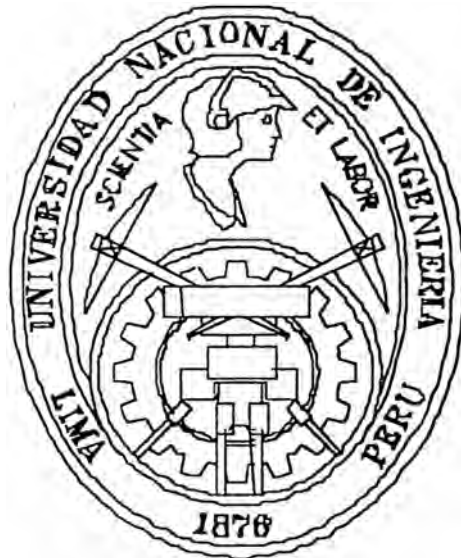


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINERA Y METALURGICA



**Geología Aplicada a los Diseños de
Voladura en la Mina Toquepala**

INFORME DE INGENIERIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEOLOGO**

Presentado por:
José Luis Valle Castro

LIMA – PERU
1999

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
INTRODUCCION.....	3
1. GENERALIDADES DE LA MINA.....	4
2. GEOLOGIA REGIONAL DEL AREA.....	5
3. GEOLOGIA LOCAL DE TOQUEPALA.....	8
4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL (TECTONICA).....	11
5. GEOLOGIA HISTORICA (EVOLUCION DEL YACIMIENTO).....	12
6. ALTERACIONES EN LA MINA TOQUEPALA.....	14
7. MINERALIZACION DEL DEPOSITO TOQUEPALA.....	15
8. ZONIFICACION DEL TAJO PARA FINES DE VOLADURA.....	16
• I. ZONA ARGILITIZADA.....	18
• II. ZONA SILICIFICADA.....	20
• III. ZONA DE BRECHA TURMALINA.....	21
• IV. ZONA DE PEBBLE BRECCIA.....	22
• V. ZONA DE AGLOMERADO DACITA.....	23
• VI. ZONA YESO – ANHIDRITA.....	25
9. CONCLUSIONES.....	27
10. RECOMENDACIONES.....	29
11. BIBLIOGRAFIA.....	30
ANEXOS.....	31
• PLANOS.....	33
• FIGURAS.....	34
• CUADROS.....	35

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al Sr Charles G. Preble, Presidente de la Empresa Southern Peru Limited por haberle confiado la elaboración, presentación y publicación del presente trabajo técnico.

Igualmente, a todos los profesionales y colegas de la misma Empresa que de una u otra forma han colaborado efectivamente, apoyándome en hacer posible la aplicación de dicho estudio en beneficio de las operaciones productivas de SPL contemplando los márgenes de Seguridad necesarios.

Finalmente, a la Universidad Nacional de Ingeniería, al darme la oportunidad de hacer llegar mis experiencias técnicas en este aspecto para que sirva de fuente de conocimiento a las generaciones venideras.

GEOLOGIA APLICADA A LOS DISEÑOS DE VOLADURA EN LA MINA TOQUEPALA

José Valle Castro

INTRODUCCION

La naturaleza del tajo abierto Toquepala, su forma de minado, así como el tonelaje de material extraído diariamente exigen alta eficiencia en todas las fases productivas.

En lo que a perforación y voladura concierne es de vital importancia el profundo conocimiento de los aspectos petrográficos, estructurales y sobre todo de alteración del yacimiento. Ello permitirá el diseño óptimo de las mallas de perforación, buscando el aprovechamiento máximo de los explosivos empleados y facilitará el cumplimiento de los planes de minado de producción cada vez más exigentes.

GENERALIDADES DE LA MINA

Cuando se preparó este estudio, el tajo abierto de Toquepala trabajaba a un ritmo de producción diario de 92,000 toneladas cortas de material, de las cuales 45,000 toneladas cortas eran de mineral con leyes de 0.80% de cobre y 0.035% de molibdenita y 47,000 toneladas cortas eran de material no económico en el proceso de concentración (sulfuro de baja ley y desmonte), minándose aproximadamente diecinueve niveles (en bancos de quince metros de altura cada uno).

Para hacer posible esta producción, su principal equipo de operaciones estaba constituido por:

- 5 perforadoras eléctricas rotativas BE 50R.
- 9 palas eléctricas P&H 1800 de 9 yardas cúbicas.
- 27 volquetes electromecánicos Letra Haul de 100 t.
- 10 locomotoras GM diesel de 1500 HP

Actualmente, su producción es de 192,000 toneladas cortas de material movido, de los cuales, 52,000 toneladas cortas corresponden a mineral y 140,000 toneladas cortas, a material lixiviable (sulfuro de baja ley) más desmonte.

En cuanto al equipo necesario para realizar dicha producción, se cuenta con:

4 perforadoras: 1 P&H 120A, 1 BE-60R y 2 BE-50R

5 palas eléctricas: 1 P&H 4100A (56 yc) y 4 P&H 2100BL (15 yc)

28 volquetes: 13 Komatsu 830E (240 tons) y 15 Dresser 445E (125 tons)

4 locomotoras GM diesel de 2000 HP

Además, equipo auxiliar: 5 tractores, 2 motoniveladoras y un cargador frontal.

La infraestructura minera y el flujo del proceso productivo en la Mina Toquepala se presentan en las Figuras 2 y 3.

GEOLOGIA REGIONAL DEL AREA

Regionalmente afloran los grupos y formaciones seguidamente descritas:

GRUPO TOQUEPALA

Rocas volcánicas, con intercalaciones de clásticos gruesos. Dentro de este grupo se tiene:

1. **Formación Toquepal**
2. **Formación Inogoya**
3. **Formación Volcánico Paralaque**

Nota: estas tres primeras formaciones no afloran en esta región.

4. **Formación Volcánico Quellaveco**

Presenta los siguientes miembros:

- **Pórfido Quellaveco.-** Derrames macizos de riolita, de color blanco en superficies frescas y gris blanquecino a blanco amarillento cuando esta alterado, presenta granos de cuarzo de forma redondeada.
- **Serie Toquepala.-** Intercalación de abajo hacia arriba, riolita de color violáceo gris claro, con bandeamiento fino, después una andesita porfirítica de color gris claro a verdoso; continúa otra riolita de textura porfiroide de color marrón claro; con abundantes granos de cuarzo de forma redondeada envueltos en una matriz silícea; al tope se presenta una roca de grano fino y de color gris oscuro a negro.
- **Serie Alta.-** consiste en derrames y piroclásticos gruesos, en la parte baja se observan riolitas de color gris rosado a marrón, de aspecto macizo.
- **Riolita Yarito.-** roca de color gris a gris claro, aveces algo rosada a violeta, textura porfirítica con fenocristales de feldespatos con algunos granos de hornblenda alterados, envueltos en una pasta microgranular a afanítica, de color gris crema.

- **Riolita Tinajones.-** Derrames riolíticos de color rosado claro, verde claro a blanco amarillento de textura porfirítica y estratificada, granos de cuarzo redondeados a angulosos y escasas laminillas de mica en una pasta fina.

5. Formación Moquegua

Esta formación, que tampoco no aflora en la región presenta dos miembros:

- **Moquegua Inferior.-** areniscas tufaceas de color gris a marrón claro, alternando con areniscas arcillosas y arcillas.
- **Moquegua Superior.-** intercalación de arenas, conglomerados, tufos, areniscas tufáceas, arcillas y tufos redepositados.

6. Formación Volcánico Huaylillas

Consiste en tufos dacíticos y riolíticos de colores blanco grisáceo, gris blanquecino y rosado, se componen de feldespatos, biotita en laminillas, hornblenda, tiene una textura tufacea.

7. Formación Capillune

Secuencia de conglomerados, areniscas, arcillas y tufos redepositados de origen lacustre, color blanco amarillento.

8. Formación Volcánico Barroso

Rocas volcánicas de composición andesítica, traquítica, traquiandesítica, intercalados con brechas de flujo y piroclásticos, de color gris claro, las andesitas tienen una textura porfirítica con fenocristales de feldespatos.

DEPOSITOS ALUVIALES

Dentro de esta denominación se pueden considerar también los depósitos morrenicos y fluvio-glaciares, terrazas aluviales, conos aluviales, depósitos coluviales y también los fluviales.

ROCAS INTRUSIVAS

1. DIORITA-GRANODIORITA

Las rocas de estos afloramientos son holocristalinas, equigranulares, de grano medio a grueso, aunque hay casos de textura porfirítica; de color gris, gris oscuro, gris verdoso hasta negro, y hasta gris claro, con matices de rosado a gris rosado, estos cuerpos atraviesan a las diferentes unidades volcánicas del grupo Toquepala, sus componentes minerales son plagioclasa y ortoza en granos pequeños.

2. DACITA

La dacita se presenta mineralizada y con fuerte alteración hidrotermal; pequeños stocks de pórfido dacítico ocurren en el área de Toquepala, la dacita corta a la diorita, a los volcánicos de la serie Toquepala y se encuentra en contacto con las brechas de la chimenea.

3. BRECHA / DACITA PORFIRITICA

Se originan en zonas debilitadas por fallamientos o por fragmentación de las rocas mediante explosiones gaseosas que habrían abierto diatremas debido a repetidas explosiones, el material acarreado ya sea desde el fondo o fragmentos arrancados y trasladados de los muros.

La Geología Regional del área del presente estudio puede observarse en el Plano N° 1. Asimismo, los detalles de los Grupos y Formaciones indicando la correspondiente litología puede apreciarse en el Plano N° 3

GEOLOGIA LOCAL DE TOQUEPALA

Se muestra en el Plano N° 2 y comprende las siguientes rocas:

1. PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO (Qq)

Roca de textura porfirítica, con pequeños fenocristales irregulares de cuarzo, distinguiéndose del Pórfido Cuarcífero Toquepala por la cantidad y el tamaño de los fenocristales de cuarzo, y una matriz más afanítica.

No es muy favorable para la mineralización y alteración, excepto en algunas zonas donde la matriz es descompuesta a cuarzo sericita y arcillas mostrando un desarrollo incipiente de feldespatos (parecida a la dacita).

Sólo se observa un bandeamiento evidente en la parte superior del afloramiento.

2. DOLERITA TOQUEPALA (Td)

Andesita de grano fino sin bandeamiento excepto cerca a la base, en la cual presenta abundantes fenocristales de feldespatos de color gris claro, los cuales están alineados ligeramente al bandeamiento. Es magnética, económicamente estéril.

3. PORFIDO CUARCIFERO TOQUEPALA (Tq)

Abundantes fenocristales de cuarzo (irregulares en tamaño y forma) envueltos en una matriz de color blanco a pardo claro (usualmente afanítica pero aveces aglomeradica), la roca presenta pequeños fenocristales de feldespatos y también un bandeamiento de flujo.

Al alterarse a arcilla – sericita – cuarzo se puede confundir con la Dacita porfirítica.

4. ANDESITA TOQUEPALA (Ta)

Roca color gris claro a oscuro (ocasionalmente café, raramente negro); con textura afanítica, densa, de grano fino, bandeamiento aparente pero no siempre.

Algunas capas en la dolerita Toquepala, andesita toquepala y la alta andesita son litológicamente similares.

En la zona oeste de la mina aflora con un color verde oscuro debido a la cloritización.

5. RIOLITA TOQUEPALA (Tr)

Fino bandeamiento, frecuentemente contiene pequeños cristales de feldespatos.

La gama de colores es extensa varía entre gris, rojizo, verde claro, etc.

A lo largo del lado oeste del pit, el bandeamiento presenta una ondulación con fragmentos angulosos.

6. ALTA ANDESITA (Aa)

La más notable característica es la gran variación de tipos de rocas como; andesitas, riolitas y aglomerados los cuales son los predominantes.

Características distintivas son la no presencia de fenocristales de cuarzo, pero sí venas de cuarzo con turmalina; textura de grano fino a cristalina producida por los feldespatos.

7. DIORITA (Di)

Textura fanerocristalina variando a equigranular y a una ligera textura porfirítica; color gris claro, composición: plagioclasas, hornblendas y biotita, el cuarzo es muy raro.

Cerca a los contactos presenta una textura de grano fino, localmente se encuentra turmalinizada, (diseminación y venillas)La roca muestra alteración sílice, sericita y arcillas con pirita y calcopirita.

8. BRECHA TURMALINA (BxT)

Brecha formada por explosión y fracturamiento de la diorita y la dacita porfírica y deposición de turmalina a través de las fracturas.

9. BRECHA (Bx)

Brechas relacionadas a eventos explosivos, donde todos los fragmentos son angulares y están cementados por una mineralización de cuarzo, pirita, calcopirita, bornita, molibdenita; la alteración y mineralización de los fragmentos depende del tipo de roca (Di-Dp).

10. DACITA PORFIRITICA (Dp)

Roca intrusiva, textura porfírica con fenocristales de ortoclasa de color gris blanquecino a verdoso, con algunos fenocristales de cuarzo.

Alteraciones producidas: esencialmente arcillas, sericita, fílica.

11. DACITA AGLOMERADICA (Da)

Textura y composición idéntica a la dacita porfírica excepto los fenocristales de cuarzo. Mayormente es roca fresca de pobre fracturamiento.

El color varía de gris a gris verdoso, la textura varía de acuerdo a la escasa alteración, no presenta una mineralización económica de calcopirita.

12. PEBBLE BRECHA (Bx)

Ocurre en chimeneas cortando a la dacita aglomeradica en el área del cráter.

Constituida por material de grano fino y fragmentos bien redondeados (pebble)

13. LATITA PORFIRITICA (Lp)

Fenocristales de ortoclasa en una matriz gris de grano fino, esta roca se presenta como diques cortando a los intrusivos, no presenta una mineralización importante.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL DE TOQUEPALA

La actividad tectónica regional, que está relacionada con la formación de la Cordillera de los Andes, está representada estructuralmente en el área por las fallas de orientación NO – SE: Incapuquio, Micalaco y el alineamiento Toquepala.

La formación de la falla Micalaco puede haber sido favorecida por el contacto volcánico-intrusivo, mientras que el alineamiento Toquepala N-S se habría desarrollado como subsidiaria del fallamiento principal NO-SE y por el levantamiento del bloque situado al Norte de la falla Micalaco; ambas fallas se interceptan en el área de la mina y determinaron una zona extensa de debilitamiento.

Estructuras principales

- Relacionadas con la formación de brechas y fracturamiento tipo stockwork en amplias zonas de debilitamiento, constituyendo en conjunto chimenea de brecha (brecha pipe) y brecha de colapso (hundimiento del Oeste).
- Las principales fallas mapeadas en el tajo coinciden con las quebradas de la topografía original, siendo las más representativas: Familia Sargento (1, 2 y 3), Yarito y Toquepala que en general son fallas de alto ángulo.
- La falla Micalaco a creado en su trazo un amplio “shear zone” donde la argilitización es conspicua y ella genera áreas estructuralmente débiles (inestables) propicias para presentar estructuras tipo cuña.

En el Plano N° 4 se presenta la Geología Estructural de la Mina Toquepala, la cual es tomada como patrón principal en los trabajos de Geotécnia que se desarrollan en el pit, como lo constituyen los monitoreos de rutina.

GEOLOGIA HISTORICA DE TOQUEPALA

(EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO)

Los patrones geológicos vigentes en el depósito de Toquepala deben comprenderse en su conjunto como eventos químicos, físico-mecánicos y termodinámicos que han afectado al yacimiento a través de su evolución en intervalos de tiempo no uniformes.

Podemos resumir dicha evolución local como sigue:

I. Vulcanismo inicial

Representado por deposición de potentes flujos ácidos (riolitas).

II. Primera intrusión-brechación

Representada por el intrusivo diorítico y formación de la estructura principal de chimenea de brecha por donde ascendieron la turmalina y los sulfuros económicos (de cobre en mayor proporción que molibdenita). Diseminación inicial de sulfuros.

III. Segunda intrusión-brechación

Representada por el stock pórfido dacítico central, dinamismo en la chimenea de brecha y creación de un cuerpo menor por hundimiento (brecha de colapso) en el sector oeste.

Mineral económico presente en ambos cuerpos brechados (molibdenita en mayor proporción que cobre) y fuerte diseminación de mineral en todo tipo de roca.

IV. Tercera intrusión-brechación

Representada por el aglomerado dacítico estéril con fuerte dinamismo en la chimenea de brecha central, ascendiendo fluidos básicos que dan origen al cuerpo principal de *pebble breccia* mayormente estéril con poca mineralización económica distribuida en forma aleatoria en los márgenes del cuerpo.

V. Intrusión tardía

Representada por un stock menor y diques de pórfido latítico, estructuralmente relacionado al cuerpo de aglomerado dacítico.

VI. Lixiviación - Erosión

Representada por la secuencia de óxidos, mineral enriquecido y lixiviación profunda seguidos de los procesos de erosión y modelamiento de la superficie actual.

La Evolución del yacimiento así como los diferentes procesos se sintetizan en la Figura 1, cuya versión original se remonta a 1949 con las apreciaciones de los geólogos Ken Richard y James Courtrigth de apreciable valor.

Todo esto ha permitido que en la mina Toquepala se presente una gama compleja de ensambles roca – estructura – alteración, la misma que ha podido ser simplificada atendiendo a sus características y adecuándolas a las técnicas de voladura actual.

ALTERACIONES EN LA MINA TOQUEPALA

Las alteraciones presentes en el yacimiento de Toquepala corresponden al típico caso del pórfido de cobre.

Presenta los cuatro tipos de alteración comunes:

- **Alteración Propilítica:** epidota – clorita – calcita – pirita.
Presente en diorita mayormente.
- **Alteración Argílica supérgena:** caolín y arcillas en general.
Presente en diorita y rocas volcánicas.
- **Alteración Fílica:** cuarzo – sericita - pirita.
Presente en el intrusivo de dacita y brechas en general.
- **Alteración Potásica:** biotita – clorita – ortosa .
Presente en el intrusivo de dacita y brecha.

En Toquepala, todas las rocas del basamento y las rocas intrusivas han sido alteradas con excepción de la dacita aglomerádica y los diques de latita porfirítica que constituyen los últimos eventos geológicos presentes.

Por otro lado, la alteración a sílice ocurre mayormente en el pórfido cuarcífero Quellaveco., denominado comunmente riolita QQ.

MINERALIZACION DEL DEPOSITO TOQUEPALA

- Posee una mineralización simple siendo la distribución de leyes de cobre casi uniforme, tanto lateralmente como en profundidad.
- Los minerales económicos se encuentran en estado de sulfuros diseminados a través de toda la roca, en pequeñas venillas rellenas o en pequeños agregados.
- Presenta una mineralogía compuesta por calcopirita (CuFeS_2) y bornita como minerales de mena; molibdenita (MoS_2) como mineral de molibdeno y pirita (FeS_2) mineral de hierro no económico.
- La zona de enriquecimiento secundario se encuentra representada por calcosita, en posición casi horizontal con espesores que varían entre 10 a 150 metros.
- En el nivel intermedio 3100 se ha localizado un tope de mineralización de yeso-anhidrita.
- La mineralización es del tipo mesotermal (entre 225°C – 475°C), según la clasificación de Lindgren.

ZONIFICACIÓN DEL YACIMIENTO TOQUEPALA PARA FINES DE VOLADURA

Se analizaron detenidamente los parámetros de voladura de cerca de 800 disparos primarios, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- **Todo tipo de roca / estructura interactuante / alteración.**
- **Diversos diseños de geometría y malla de perforación.**
- **Variaciones en el cálculo del explosivo a usar.**
- **Forma de carguío y disposición de explosivos.**
- **Ocasionales cambios en tipos de explosivos / accesorios.**
- **Modificaciones en la secuencia de iniciación.**

A ello se debe sumar la **Diversidad de infraestructura operacional, auxiliar y de servicio** contemplada en el Plan de Minado. Tal como lo son:

- Las rampas de tren y de volquete;
- Las rampas temporales de producción y servicios auxiliares;
- Los límites finales de cada nivel;
- La apertura de nuevos niveles;
- La ubicación de pozos de captación de agua para drenaje de mina;
- La ubicación de nuevas tolvas de transferencia de material;
- El minado para el Sistema de fajas transportadoras;
- El minado de desbroce de los nuevos niveles de apertura;
- Los niveles abandonados a los cuales se regresa por rectificación o expansión de minado.

De dicho Estudio se concluyeron **seis sectores** con diseños propios en perforación y voladura, perfectamente aplicables en el trabajo práctico diario y que a continuación se enuncian:

ZONA SILICIFICADA

ZONA DE BRECHA TURMALINA

ZONA ARGILITIZADA

ZONA DE PEBBLE BRECCIA

ZONA DE AGLOMERADO DACITA

ZONA YESO – ANHIDRITA

De manera complementaria, la variación de los valores RQD en los niveles expuestos del Tajo Toquepala, se muestran en el Plano N° 5.

Los elementos que influyen en la Voladura se describen en la Figura 4, los diseños de mallas de perforación y sus secuencias de encendidos se muestran en la Figura 5.

Finalmente, con las consideraciones anteriores se determinan los 6 sectores prácticos de voladura, los mismos que se presentan en el Plano N° 6

I. ZONA ARGILITIZADA

Extensión

Abarca un área bastante extensa al oeste y este del tajo. Comprende principalmente al intrusivo diorítico y un sector del stock de pórfido dacita. Como estructuras principales, gran parte del cuerpo central de chimenea de brecha (brecha angular mineralizada) y la totalidad de la brecha de hundimiento del oeste.

Parámetros:

Burden (B)	=	7,0 – 6,5 m
Espaciamiento (S)	=	9,0 – 8,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	11"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	2,0 m
Número de filas (F)	=	Múltiple
Factor de carga (C)	=	0,80 – 0,90 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,084 Kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	175 tm/m disparado

Observaciones:

1. Esta zona es la más dócil de la mina tanto en perforación como en voladura. En perforación primaria se emplea exclusivamente brocas tricónicas de dientes, el avance promedio es de 140 m por guardia de ocho horas.
2. La fragmentación es excelente al igual que los pisos.
3. Gran parte de esta zona presenta fracturamiento tipo stock work que se ve incrementado en los sectores suroeste-este por fallamientos relacionados al cizallamiento de la falla regional Micalaco, lo que hace a estos sectores estructuralmente débiles. El factor de carga se reduce a 0,40 —0,45 lbs/m³, se omite la sobreperforación y se reemplazan los retardos superficiales de 17 por 25 milisegundos.

4. Si bien las leyes de cobre tienden a ser homogéneas en esta zona, existen sectores definidos que presentan sulfatos y óxidos que constituyen problemas en planta concentradora. Igualmente, esporádicos sectores de alta concentración de arcillas (caolín y montmorillonita) crean problemas en la flotación. Estas anomalías hacen, eventualmente, que la malla de perforación se reduzca localmente para tener un mejor conocimiento del material por minar y el destino a tomar, dependiendo si resulta mineral, leach o desmonte.

5. Los valores del RQD en este sector varían mayormente entre 15% a 65%, en casos esporádicos llegan a 75%.

II. ZONA SILICIFICADA

Extensión

Abarca sectores periféricos al noroeste y este del tajo (pórfido dacita, brecha angular y pórfido cuarcífero Quellaveco respectivamente). En la parte central comprende dos zonas de pórfido dacita y, como estructuras importantes, sectores menores de brecha angular mineralizada. Finalmente en el sur abarca un sector pequeño de diorita.

Parámetros:

Burden (B)	=	6,5 – 6,0 m
Espaciamiento (S)	=	8,0 – 7,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	11"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	2,0 m
Número de filas (F)	=	Múltiple
Factor de carga (C)	=	1,10 – 1,15 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,093 kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	151 tm/m disparado

Observaciones:

1. Esta zona constituye la segunda en docilidad en voladura. Sin embargo, en lo que respecta a perforación el sector en conjunto presenta alto grado de abrasividad, se trabaja con brocas tricónicas de insertos y el avance promedio es de 105 m por guardia de ocho horas.
2. La fragmentación es buena y los pisos uniformes.
3. Los valores de RQD varían entre 40% y 85%, ocasionalmente llega a 90%

III. ZONA DE BRECHA TURMALINA

Extensión

Comprende reducidos sectores silicificado-turmalinizados ubicados dentro de la estructura principal de chimenea de brecha. La turmalina es el cementante de la brecha angular.

Parámetros:

Burden (B)	=	5,5 – 5,0 m
Espaciamiento (S)	=	6,5 – 6,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	11"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	1,5 - 2,0 m
Número de filas (F)	=	Doble/Múltiple
Factor de carga(C)	=	1,15 – 1,20 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,115 kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	160 tm/m disparado

Observaciones:

1. Podemos clasificar esta zona en nivel intermedio. La perforación tiene un avance promedio de 120 m por guardia de ocho horas.
2. La fragmentación es medianamente gruesa y a veces requiere en los carguíos de un deck a mitad de taladro; los pisos tienden a formar irregularidades localmente, lo que se consigue superar con malla y sobreperforación apropiadas, no siendo necesario el uso de cargas aluminizadas en el fondo de los taladros.
3. Los valores de RQD van desde 25% hasta 85%.

IV. ZONA DE PEBBLE BRECCIA

Extensión

Abarca un considerable volumen en el centro de la estructura principal de chimenea de brecha, al noreste del tajo. El material involucrado es en gran proporción estéril o con sulfuros de cobre de baja ley.

Parámetros:

Burden (B)	=	5,0 – 4,5 m
Espaciamiento (S)	=	5,5 – 5,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	11"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	2,0 m
Número de filas (F)	=	Doble/Múltiple
Factor de carga (C)	=	1,20 – 1,25 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,138 kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	120 tm/m disparado

Observaciones:

1. Esta zona suele presentar algún tipo de dificultad en voladura mas no en perforación. El avance promedio de perforación primaria es de 110 m por guardia de ocho horas.
2. La fragmentación es gruesa e irregular, normalmente se emplea un deck (eventualmente 2) en el taladro; los pisos tienden a formar irregularidades, lo que se supera con afinamiento de malla y sobreperforación adecuada y, a veces con empleo de cargas aluminizadas en el fondo.
3. Los valores de RQD varían entre 20% y 80%.

V. ZONA DE AGLOMERADO DACITA

Extensión

Comprende la totalidad del cuerpo aglomerático de dacita ubicado en la proximidad inmediata de la pebble breccia al noreste del tajo. Todo este material es estéril.

Parámetros:

Burden (B)	=	4,5 – 4,0 m
Espaciamiento (S)	=	4,5 – 4,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	9 7/8"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	2,5 - 2,0 m
Número de filas (F)	=	Múltiple
Factor de carga (C)	=	1,30 – 1,45 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,161 kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	96 tm/m disparado

Observaciones:

1. Esta es una de las dos zonas más difíciles para voladura. Su avance promedio de perforación es de 90 m. por guardia de ocho horas. Se emplea broca de insertos de diámetro (9 7/8").
2. La roca mayormente está fresca, con sectores de débil alteración propilítica (clorita, calcita y pirita). El grado de fragmentación es pobre, presenta patrones de fracturamiento rectangular e irregular, con una frecuencia de 1 fractura cada 2 metros
3. Otra particularidad de esta roca es que absorbe fácilmente determinada cantidad de energía en la voladura, sin transmitirla lo que hace pobre la fragmentación.

4. Para obtener resultados óptimos de este terreno, la voladura contempla filas múltiples, cada taladro con 2 decks a los 6 y 9 m. desfasados con los 2 decks de la fila siguiente a 7,5 y 10,5 m respectivamente. Cada deck contiene 50 a 75 lb de ANFO y su locación garantiza una buena fragmentación evitando al mismo tiempo la proyección excesiva del material disparado.
5. Los pisos tienden a ser irregulares para lo cual, en adición de mallas cortas y sobreperforación adecuada, se emplea cargas aluminizadas de 50 lb en el fondo del taladro.
6. Los valores de RQD en este sector varían entre 45% y 90%.

VI. ZONA DE YESO - ANHIDRITA

Extensión

Abarca la parte centro-occidental del tajo, por debajo del nivel 3100 y presenta un perfil cóncavo cortado en sus extremos norte y sur por sistemas de fallas. La ocurrencia del yeso - anhidrita es a manera de venillas, como cementante de brecha, en forma masiva y también diseminada.

Parámetros:

Burden (B)	=	4,0 m
Espaciamiento (S)	=	4,0 m
Diámetro taladro (ϕ)	=	9 7/8"
Altura banco (H)	=	15,0 m
Sobreperforación (J)	=	2,5 m
Número de filas (F)	=	Múltiple
Factor de carga (C)	=	1,50 – 1,85 lb/m ³
Factor potencia (P)	=	0,175 kg/tm
Produc. Disparo (D)	=	105 tm/m disparado

Observaciones:

1. Constituye la zona más difícil tanto para perforación como para voladura. El avance promedio de perforación es de 80 m por guardia de ocho horas. También se emplea broca de insertos de 9 7/8".
2. La roca de esta zona presenta en adición a la alteración tardía de yeso-anhidrita, fuerte silicificación en general y turmalinización localmente. Presenta fracturamiento regular y conspicuo. Sin embargo todas las diaclasas y fallas se encuentran rellenas y cementadas con yeso, lo que da alta cohesión (valores altos RQD). En adición, la presencia de venillas de yeso-anhidrita permite la absorción de energía en la voladura, en desmedro de la fragmentación.

3. Se disponen filas múltiples y cada taladro por lo general tiene 3 decks (a 6,9 y 12 m) desfasados de los 3 decks de la fila siguiente (a 7,5, 10,5 y 13,5 m); cada deck contiene 75 a 100 lb de ANFO.
4. Mallas cortas, adecuada sobreperforación y cargas aluminizadas de 50 a 75 lb en el fondo de cada taladro nos permiten eliminar irregularidades en los pisos.
5. Los valores de RQD son, mayormente, los más altos en conjunto, en toda la mina. Varían entre 65% a 95%.

CONCLUSIONES

I) INFLUENCIA DE LA VOLADURA EN LA PRODUCCIÓN

- La perforación y voladura están íntimamente ligadas al carguío y acarreo en el minado convencional de un tajo abierto. La optimización de todas y cada una de estas fases se traducirá en el cumplimiento de la producción programada.
- En el aspecto netamente operacional, la velocidad de minado se verá incrementada al facilitar, vía voladura, material de adecuada fragmentación, con desplazamiento mínimo, pisos uniformes y cortes amplios.
- Una malla de perforación constante, lo suficientemente adelantada a las fases de carguío-acarreo posibilitará el cabal conocimiento del material por minar (leyes, dureza relativa, presencia de óxidos ó sulfatos) que será enviado a planta concentradora.
- La flexibilidad en el tipo de material por minar (mineral, leach o desmonte) en varios frentes, así como el evitar la dilución del mineral económico inciden directamente en la producción de mina y en el grado de recuperación en planta concentradora.
- Las condiciones de trabajo favorecerán al equipo de carguío y acarreo. Así, la pala se dedicará más a cargar que a excavar, protegiendo el cable de izar, los ejes centrales, dientes de cucharón, etc.

II) EMPLEO DE LOS SECTORES TECNICO-PRACTICOS EN EL DISEÑO DE VOLADURA

- La evaluación de los resultados obtenidos en los disparos ejecutados durante un lapso de dos años, sumado a la experiencia de campo hicieron posible la Sectorización del Tajo Toquepala atendiendo a sus características geológico-estructurales y a las observaciones técnicas que dieron resultados positivos.
- El diseño de la voladura debe regirse en los siguientes Sectores técnicos:

- I. ZONA ARGILITIZADA**
- II. ZONA SILICIFICADA**
- III. ZONA DE BRECHA TURMALINA**
- IV. ZONA DE PEBBLE BRECCIA**
- V. ZONA DE AGLOMERADO DACITA**
- VI. ZONA YESO – ANHIDRITA**

- La cuantificación de los Sectores Técnicos se detallan en el Cuadro 2 y ellos suman los conocimientos de patrones para voladura que se tienen específicamente para el Tajo Toquepala.
- El ahorro, tanto inmediato en el consumo de explosivos, como el ahorro ligado al proceso de producción mina-concentradora se acentuó en un 25%.
- La perforación secundaria, muy común en otros tiempos, se llegó a reducir hasta en un 80%, haciendo posible la transferencia de los trabajadores destacados en estas faenas, al área de Operaciones.
- Coordinaciones estrechas entre los Departamentos de Geología Mina y Planeamiento de minado-Ingeniería hacen posible la confección de los Cuadros 1 y 3 de gran importancia para la voladura y en beneficio de la Mina.

RECOMENDACIONES

- “Es vital y urgente la innovación en tecnología de explosivos y accesorios” fue una recomendación que se desprendió de este estudio en su primer momento . La Empresa lo hizo paulatinamente. Por citar un ejemplo, antes se afrontaban las zonas difíciles en fragmentación sólo con retardos de superficie; actualmente se emplean retardos “down the hole” con excelentes resultados: fragmentación deseada y disminución de los niveles de vibración.
- “La zona de yeso-anhidrita, que si bien en el nivel 3100 representa el 5%, hacia el nivel 2980 será el 35% y para cuando se llegue al 2920 constituirá el 75%” fue otra advertencia. Con el paso de los años, se han eliminado en los taladros las cargas de fondo aluminizadas reemplazándolas por el ANFO pesado, el cual es fabricado en el momento de ser cargado cada taladro, por uso de camiones auger construidos especialmente para este fin.
- La emulsión usada actualmente en la preparación del ANFO pesado ha dado buenos resultados, sobretodo en los Sectores difíciles de Dacita aglomerado y Yeso –anhidrita. Sin embargo se recomienda hacer pruebas puntuales en los disparos en estas zonas para medir la velocidad pico de partícula, por medio de sismógrafos, para asegurarnos que no estamos haciendo daño irreversible a las paredes finales del Tajo Toquepala.
- Es necesario establecer parámetros de proporción adecuados en la preparación del ANFO pesado para evitar la formación de gases nocivos (humos) que afectan el poder rompedor de la mezcla.
- Finalmente, con la finalidad de mejorar los alcances del presente estudio se recomienda hacer periódicamente evaluación de resultados considerando los recientes cambios de explosivos, accesorios y equipos de perforación, lo que constituye en sí una actualización en técnicas de voladura.

BIBLIOGRAFIA

Jeager, J.C. and N.G. Cook, 1979. Fundamentals of Rock Mechanics, Chapman & Hall New York.

CNI, 1982. "Toquepla Mine, Pit Slope Design", report prepared for Southern Peru Copper Corporation – Seismicity & Blasting Appendix.

Valle, José 1985, Toquepala Ore Quality Control, Internal Report Southern Peru Copper Corporation.

Valle, José 1988, Control de Voladura en los límites finales del Tajo Toquepala, XIX Convención Ingenieros de Minas – Arequipa

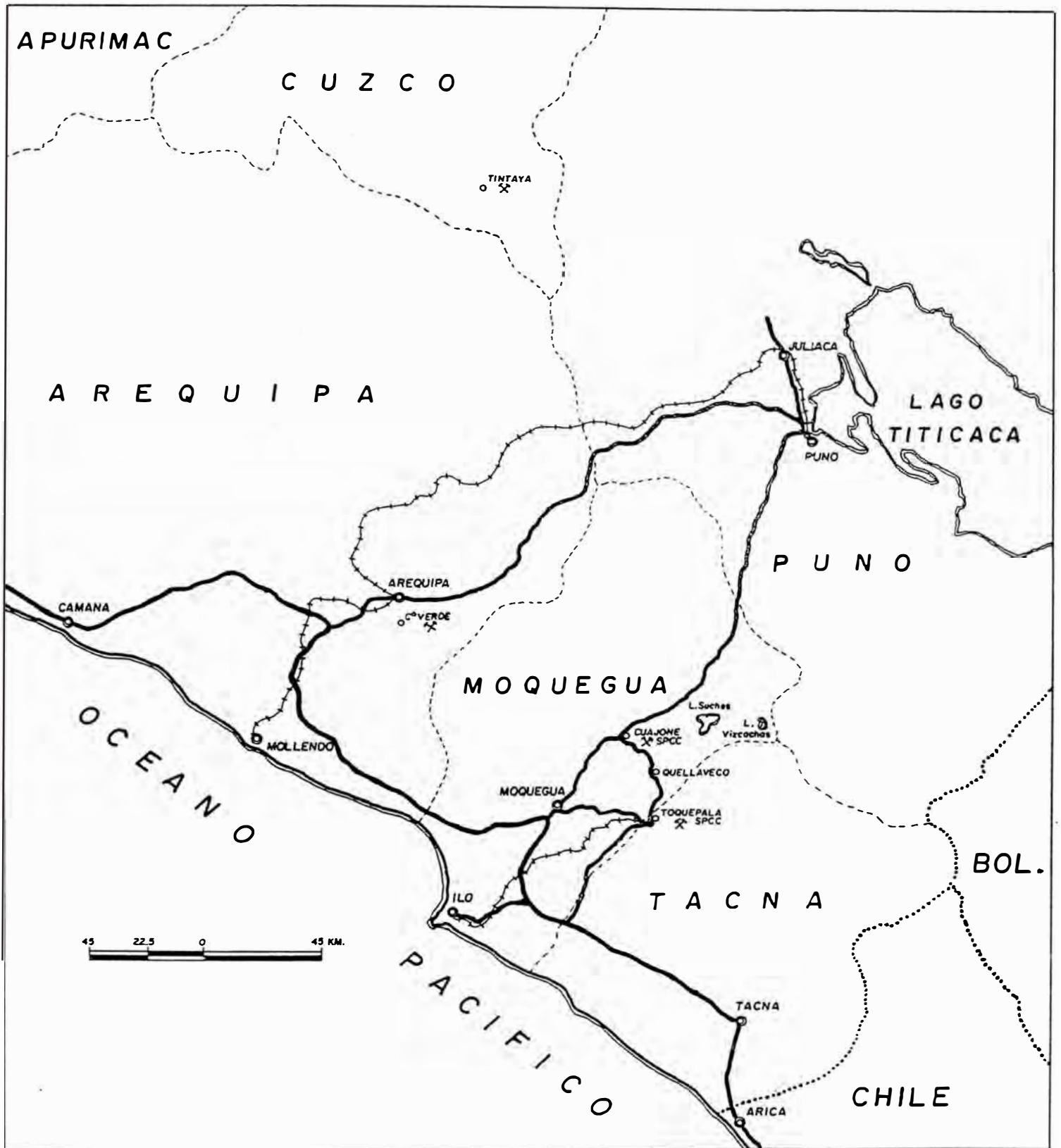
Bieniawski, Z.T., 1989 Engineering Rock Mass Classifications, John Wiley & Sons

CNI, 1992. "Site Visit Report, Toquepala and Cuajone Open-Pit", report prepared for Southern Peru Copper Corporation.

CNI, 1994 Toquepala Slide 15 Slope Stability studies, report prepared for Southern Peru Copper Corporation

A N E X O S

PLANO DE UBICACION Y ACCESIBILIDAD



PLANOS

- **GEOLOGIA REGIONAL DEL AREA**
- **GEOLOGIA LOCAL DEL TAJO TOQUEPALA**
- **COLUMNA ESTATIGRAFICA**
- **GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL TAJO TOQUEPALA**
- **RQD EN LOS NIVELES EXPUESTOS DEL TAJO TOQUEPALA**
- **SECTORES TECNICOS DE VOLADURA EN EL TAJO TOQUEPALA**

FIGURAS

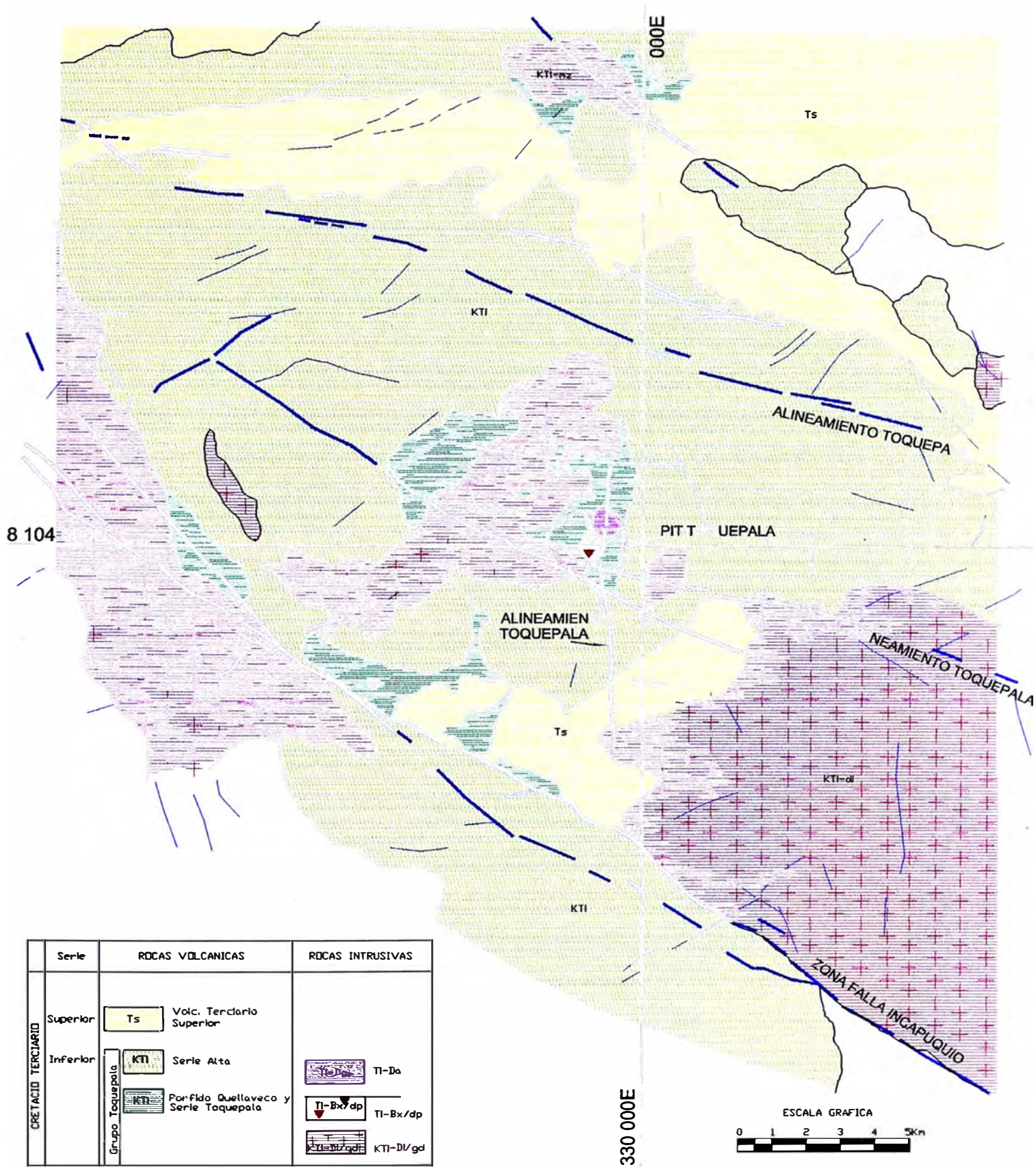
- **EVOLUCION DEL DEPOSITO TOQUEPALA**
- **DIAGRAMA DE LA INFRAESTRUCTURA MINERA DE TOQUEPALA**
- **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN TOQUEPALA**
- **NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN VOLADURA**
- **MALLAS DE PERFORACION Y SECUENCIA DE ENCENDIDO**

CUADROS

- **PORCENTAJES DE MATERIAL MINADO Y POR MINAR**
- **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE VOLADURA EN TOQUEPALA**
- **ZONIFICACION TECNICO-PRACTICA PARA LA VOLADURA PRIMARIA EN EL TAJO TOQUEPALA**

PLANOS

- 1. GEOLOGIA REGIONAL DEL AREA**
- 2. GEOLOGIA LOCAL DEL TAJO TOQUEPALA**
- 3. COLUMNA ESTATIGRAFICA**
- 4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL TAJO TOQUEPALA**
- 5. RQD EN LOS NIVELES EXPUESTOS DEL TAJO TOQUEPALA**
- 6. SECTORES TECNICOS DE VOLADURA EN EL TAJO TOQUEPALA**



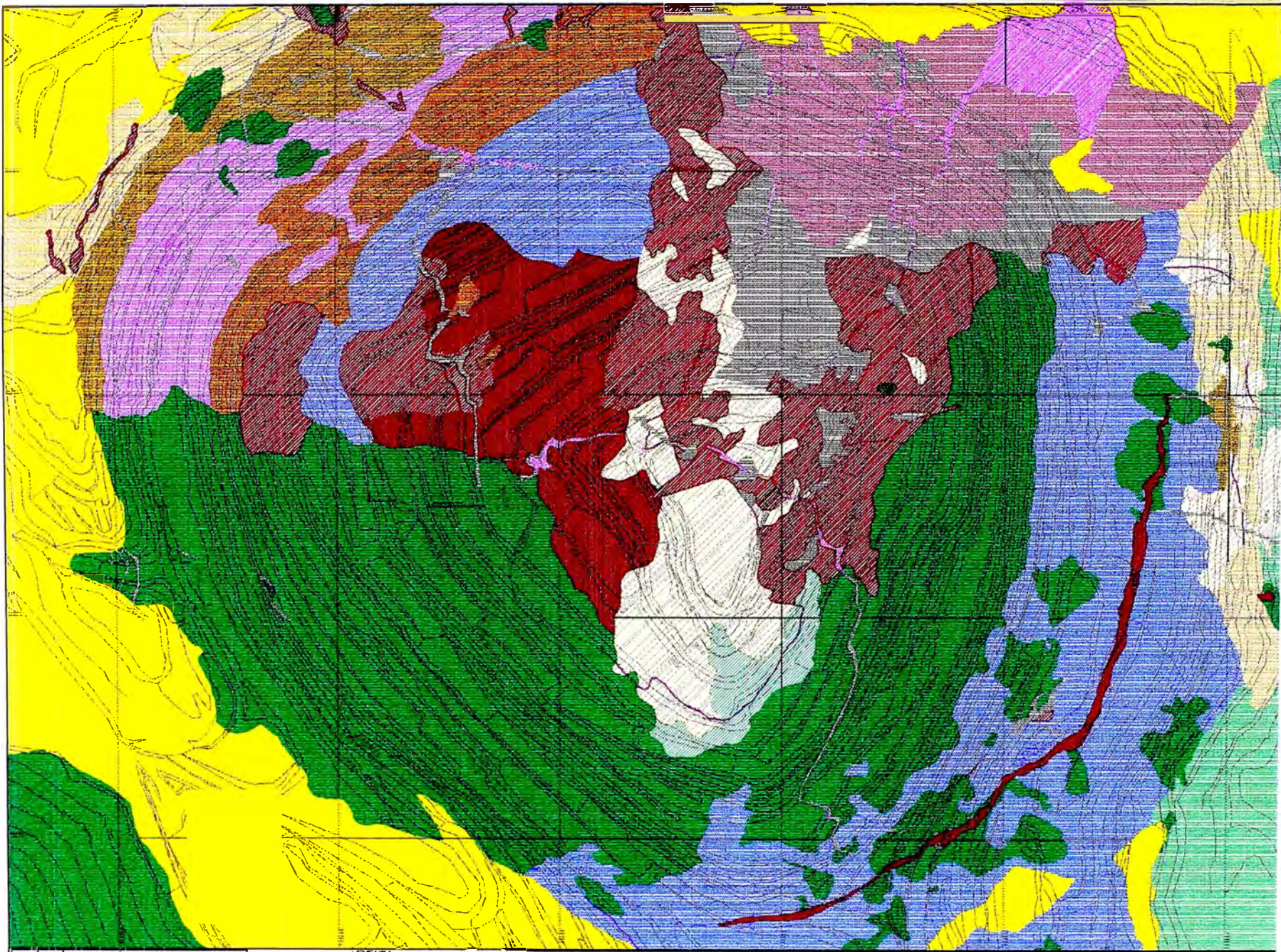
	Serie	ROCAS VOLCANICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CRETACIO TERCARIO	Superior	Ts Volc. Terciario Superior	
	Inferior	KTI Serie Alta	TI-Da
		Grupo Toquepala Porfido Quellaveco y Serie Toquepala	TI-Bx/dp KTI-DI/gd

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

GEOLOGIA REGIONAL

FECHA: 28-03-99 DIBUJADO: A.S.C.P. REVISADO: J.C.P.L. APROBADO: R.M.P.
 GEOLOGIA MODIFICADA DE: BELLIDO 1965, OSCAR DAMIANI 1965 & DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

ESCALA: GRAFICA PLANO N° 1

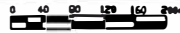


ERA	GRUPO	FORMACION	ROCAS VOLCANICAS		
			ROCAS INTRUSIVAS Y BRECHAS	LEYENDA	
CRETACEO CUARON TRIANGULO BARRIO	TOQUEPALA	VALLECAMBERO DEL LA TOCO	ALTA	ROCAS INTRUSIVAS Y BRECHAS	LITTA PORFIRITICA
			ALTA	BRECHA ANGULAR	BRECHA TURBADA
			ALTA	BRECHA	DACTA PORFIRITICA
			ALTA	BRECHA	DORITA
			ALTA	BRECHA	MATERIAL ALJIVAL YO RELLENDO
			ALTA	BRECHA	
			ALTA	BRECHA	
			ALTA	BRECHA	
			ALTA	BRECHA	
			ALTA	BRECHA	
ALTA	BRECHA				

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

GEOLOGIA LOCAL
MINA TOQUEPALA



FECHA	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO
28-07-99	MED.CAD1.PF	J.C.P.L.	R.J.M.P.



ESCALA: 1/10,000 PLANO N°

SISTEMA	GRUPO FORMACION	MIEMBRO	COLUMNA	ESPESOR	DESCRIPCION
CRETACEO SUPERIOR-TERCEARIO INFERIOR	GRUPO TOQUEPALA Formación Quellaveco	DISCORDANCIA	Q - al	± 20mt.	Aluvial y material de relleno
		Serie Alta	KsTi-Taa		ALTA ANDESITA O ALTO AGLOMERADO. Gran variación de tipos de rocas, incluidas andesitas, riolitas y aglomerados (Fragmentos angulares alargados) Ciertas capas tienen abundante turmalina en granos finos; textura cristalina producida por feldespatos; potencia promedio de capas, 10 a 50 mts.
		DISCORDANCIA		+ 900mt.	
		Serie Toquepala	ksTi-Tr	+ 75mt.	RIOLITA TOQUEPALA Muestra una suave ondulación, en el lado oeste brechas con matriz silícea, fino bandeamiento con cristales de feldespatos extensa gama de colores blanquesinos
			Di KsTi-Tta	+ 60mt.	ANDESITA TOQUEPALA Gris claro a oscuro con textura afanítica bandeada, hay una capa con fenocristales de feldespatos planos y alargados como en la Td.
			60.0 ± 1.5 m.a. Lp		PORCIDO CUACIFERO TOQUEPALA Abundante cuarzo, fenocristales de feldespatos, algunos sectores contienen diseminación de turmalina en cuarzo, presencia de alteración arcilla-sericita-cuarzo, la cual se asemeja a Dacita Porfirítica alterada.
			KsTi-Ttq	+ 100mt.	DOLERITA TOQUEPALA Bandeamiento, fenocristales alineados con el flujo, amarillentos a blancos, roca de grano fino con arcillas y sericita, sin mineralización de sulfuros; algunos niveles muestran aglomerados con Fragmentos de Porfido cuarcífero quellaveco cerca al piso.
DISCORDANCIA		+ 75mt.			
Pórfido Cuarcífero Quellaveco	KsTi-Ttq			PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO Características afaníticas, matriz lechoza con pequeños cristales de formas irregulares de cuarzo, roca favorable para la alteración y mineralización.	
		54.5 ± 1.5 m.a. Dp Bxs			
		Di	+ 150mt.		

ACTIVIDAD INTRUSIVA E HIDROTHERMAL

-  Latita Porfirítica
-  Dacita Aglomerádica
-  Brechas
-  Dacita Porfirítica (54.5 ± 1.5 m.a.)
-  Diorita (60.0 ± 1.5 m.a.)

OBS.:
Modificado del reporte de Luciano Prieto 1977

FECHA:
98-07-30

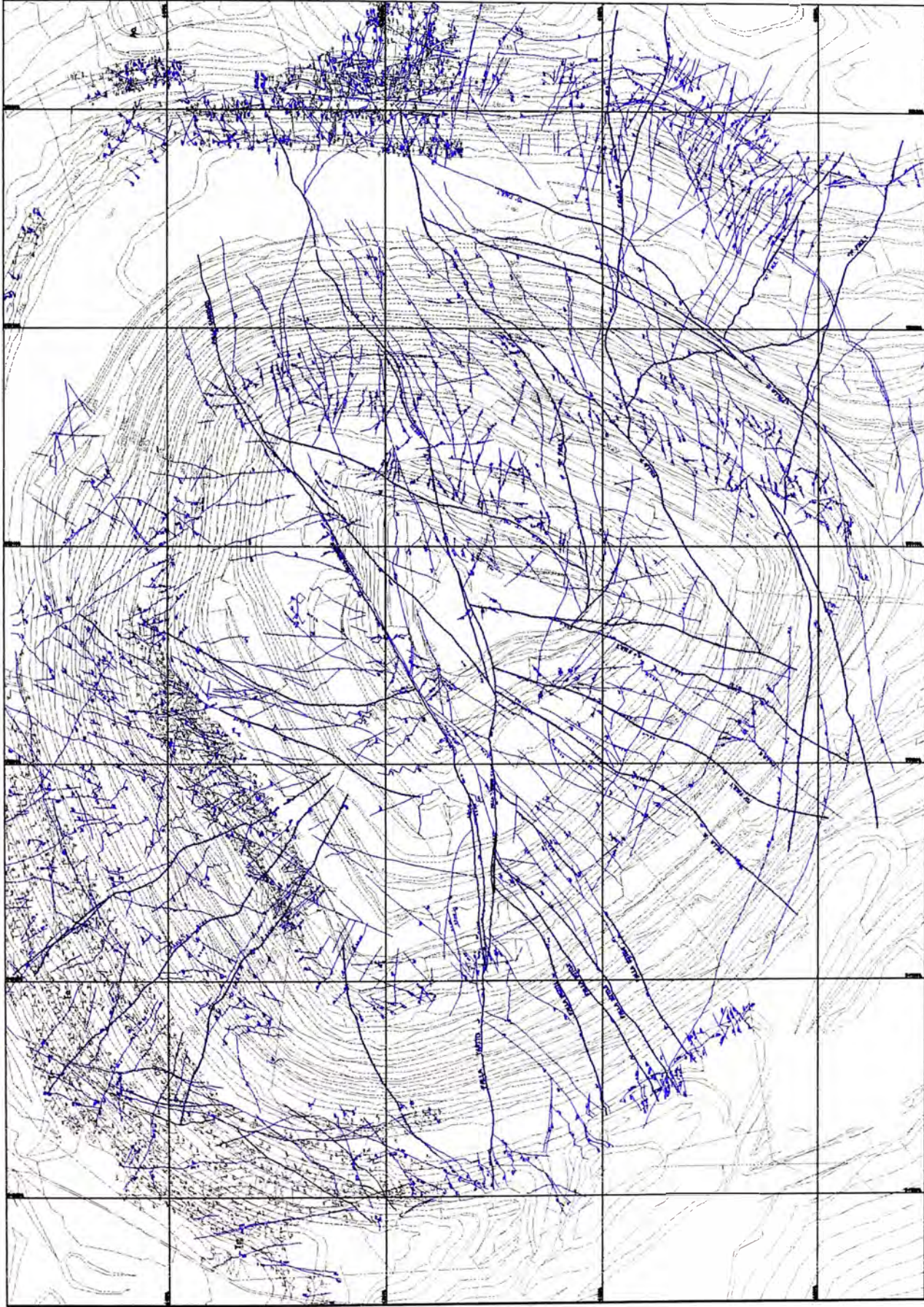
DIBUJADO POR:
G.V.V.

REVISADO:
J.C.P.L. R.M.P. E.S.M.

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
MINA TOQUEPALA

PLANO N° 3



TECTONICA
GEOLOGIA ESTRUCTURAL
DE LA MINA TOQUEPALA

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
GERENCIA DE SERVICIOS TECNICOS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

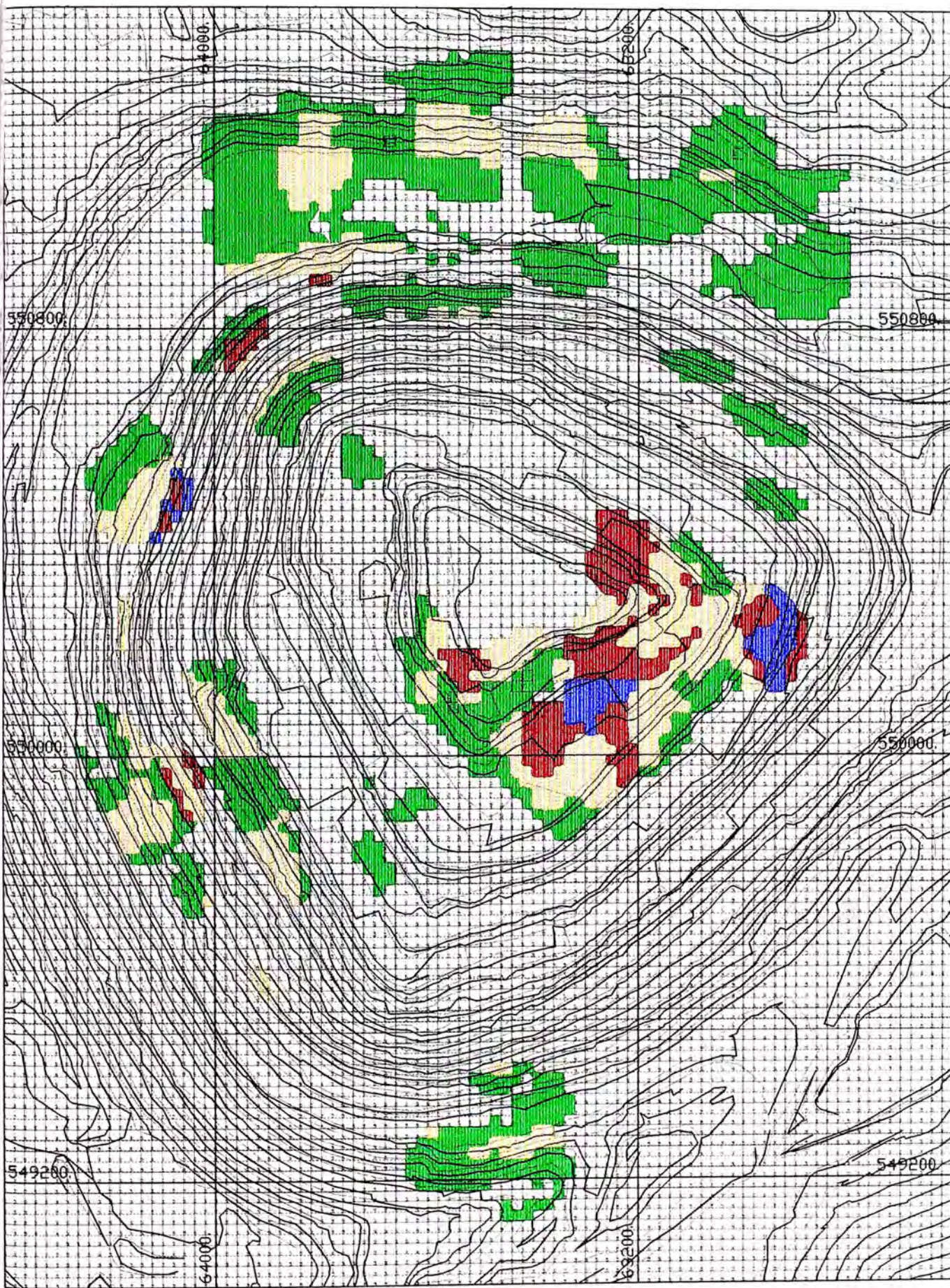
FALLAS PRINCIPALES
FALLAS
ENCUCLAS

ESCALA: 1/710,000



FECHA	DESBALDADO	REVISADO	APROBADO
26-07-98	J.C.P.L.	J.C.P.L.	P.M.P.

TOP APR. 99
PLANO N° 4



MODELO RQD EN NIVELES EXPUESTOS
DEL PIT TORQUEPALA A JUN.1999

MAP INDEX NUMBER SCALE DRAWING NUMBER
1:100000 M PLANO 5

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
DPTO.GEOLÓGICA-MINA TORQUEPALA



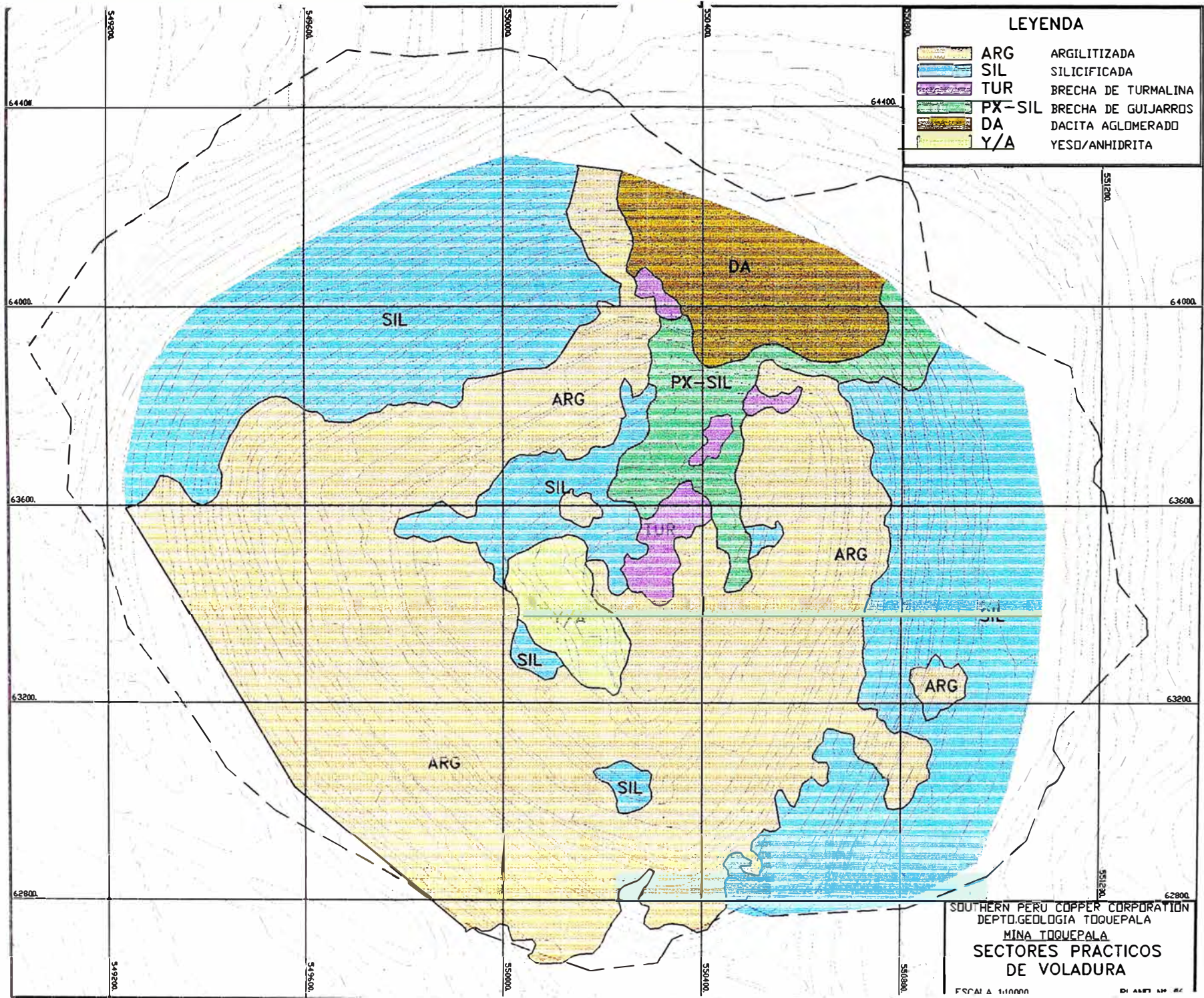
OFFICE DEPARTMENT

NO	DATE	MADE BY	DESCRIPTION
1			
2			
3			
4			
5			

DATE	DRAWN BY	CHECKED	APPROVED
07-07-99	L.P.F.	J.P.L.	R.A.P.

RANGOS PARA RQD
0-25-50-75-90-100%





LEYENDA

	ARG	ARGILITIZADA
	SIL	SILICIFICADA
	TUR	BRECHA DE TURMALINA
	PX-SIL	BRECHA DE GUIJARROS
	DA	DACITA AGLOMERADO
	Y/A	YESO/ANHIDRITA

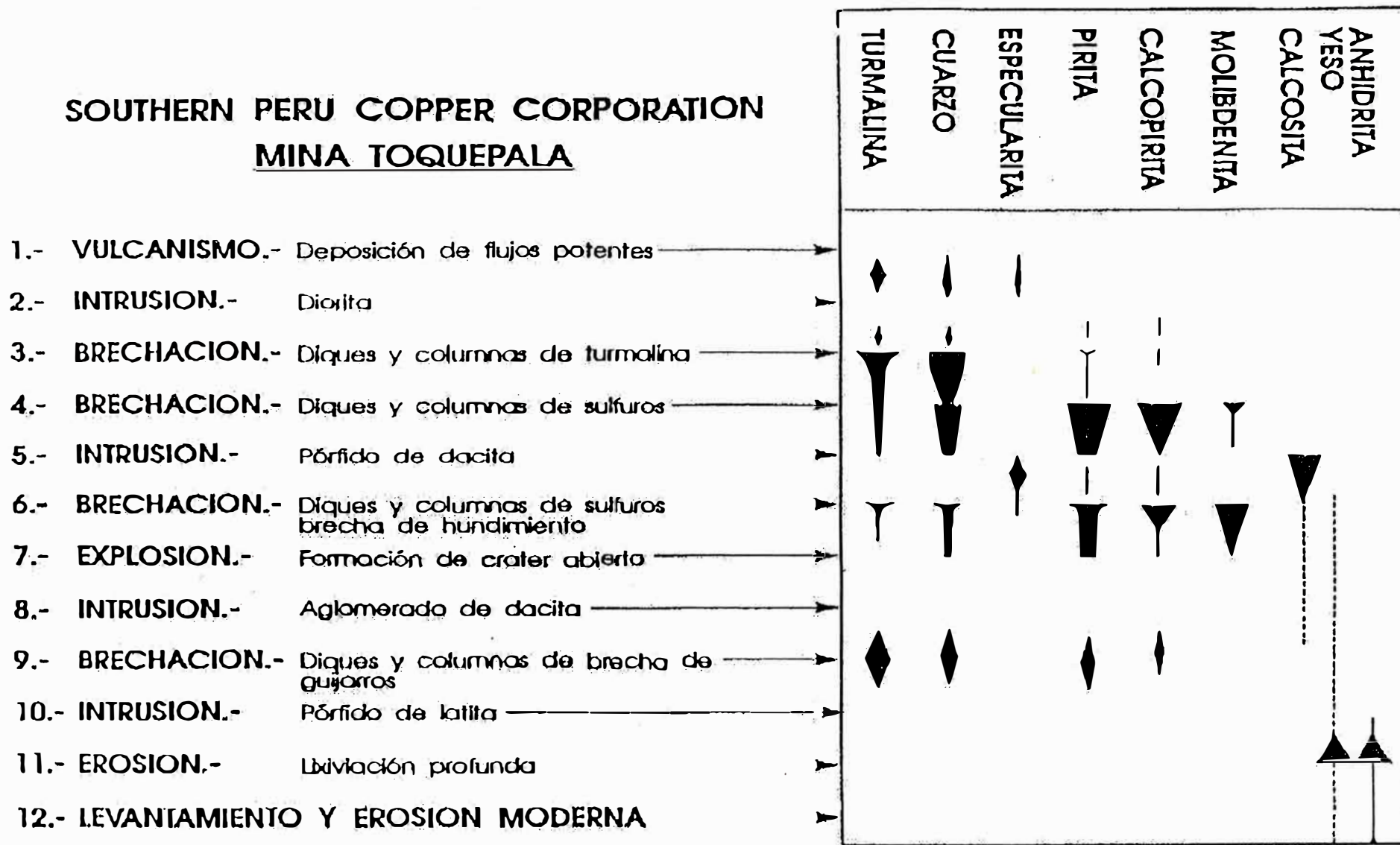
SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION
 DEPTO. GEOLOGIA TOQUEPALA
 MINA TOQUEPALA
 SECTORES PRACTICOS DE VOLADURA
 ESCALA 1:10000

FIGURAS

- 1. EVOLUCION DEL DEPOSITO TOQUEPALA**
- 2. DIAGRAMA DE LA INFRAESTRUCTURA MINERA DE TOQUEPALA**
- 3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO EN TOQUEPALA**
- 4. NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN VOLADURA**
- 5. MALLAS DE PERFORACION Y SECUENCIA DE ENCENDIDO**

REPRESENTACION DIAGRAMATICA DE PARAGENESIS CON EVENTOS ESTRUCTURALES Y CON INTERVALOS DE TIEMPO NO UNIFORMES

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION MINA TOQUEPALA



(Modificado después de K. Richards & J. Courtrigh, 1949)

Figura N°1

INFRAESTRUCTURA MINERA DE TOQUEPALA

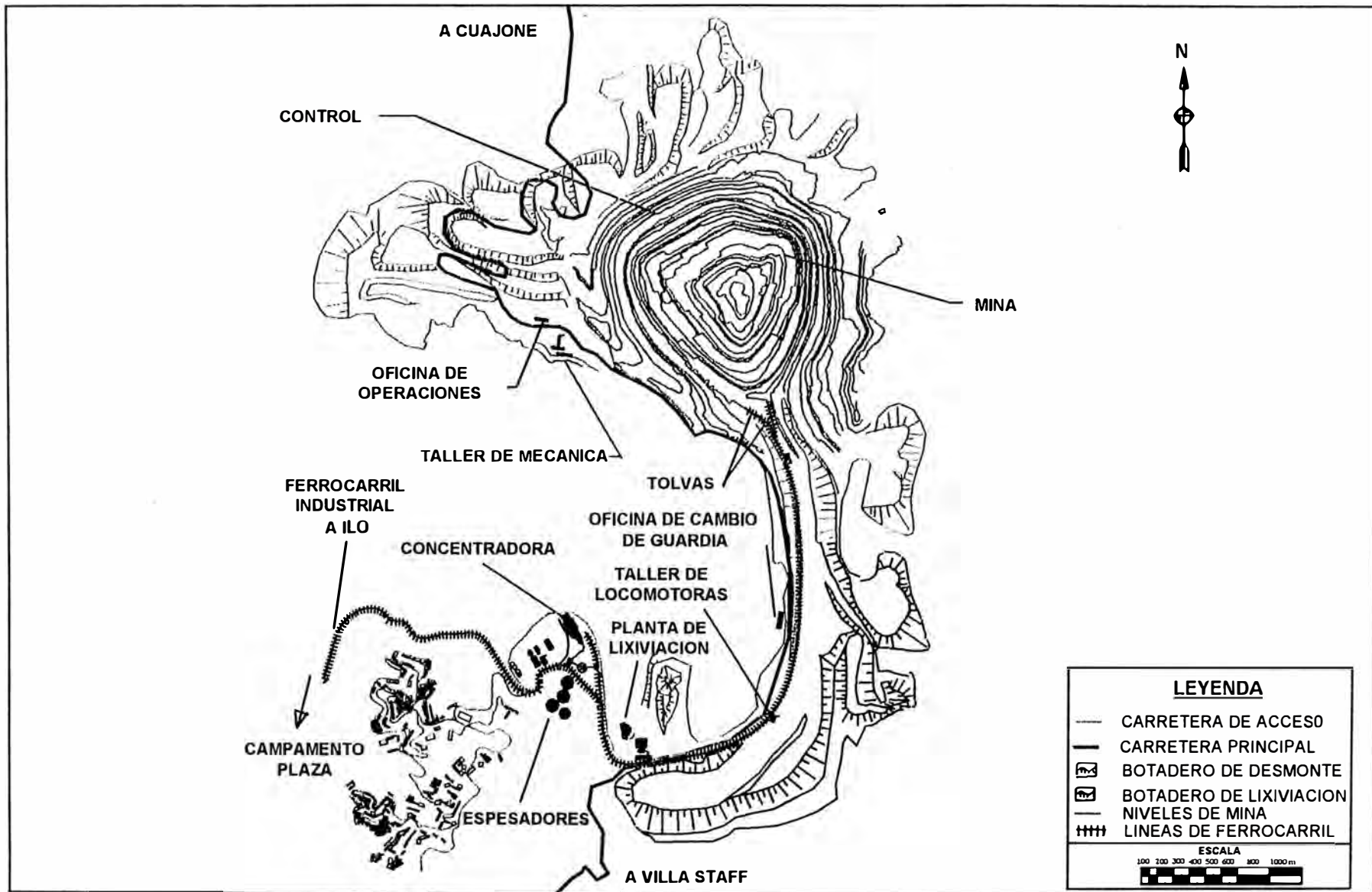


Figura 2

FLUJO DE LA MINA TOQUEPALA

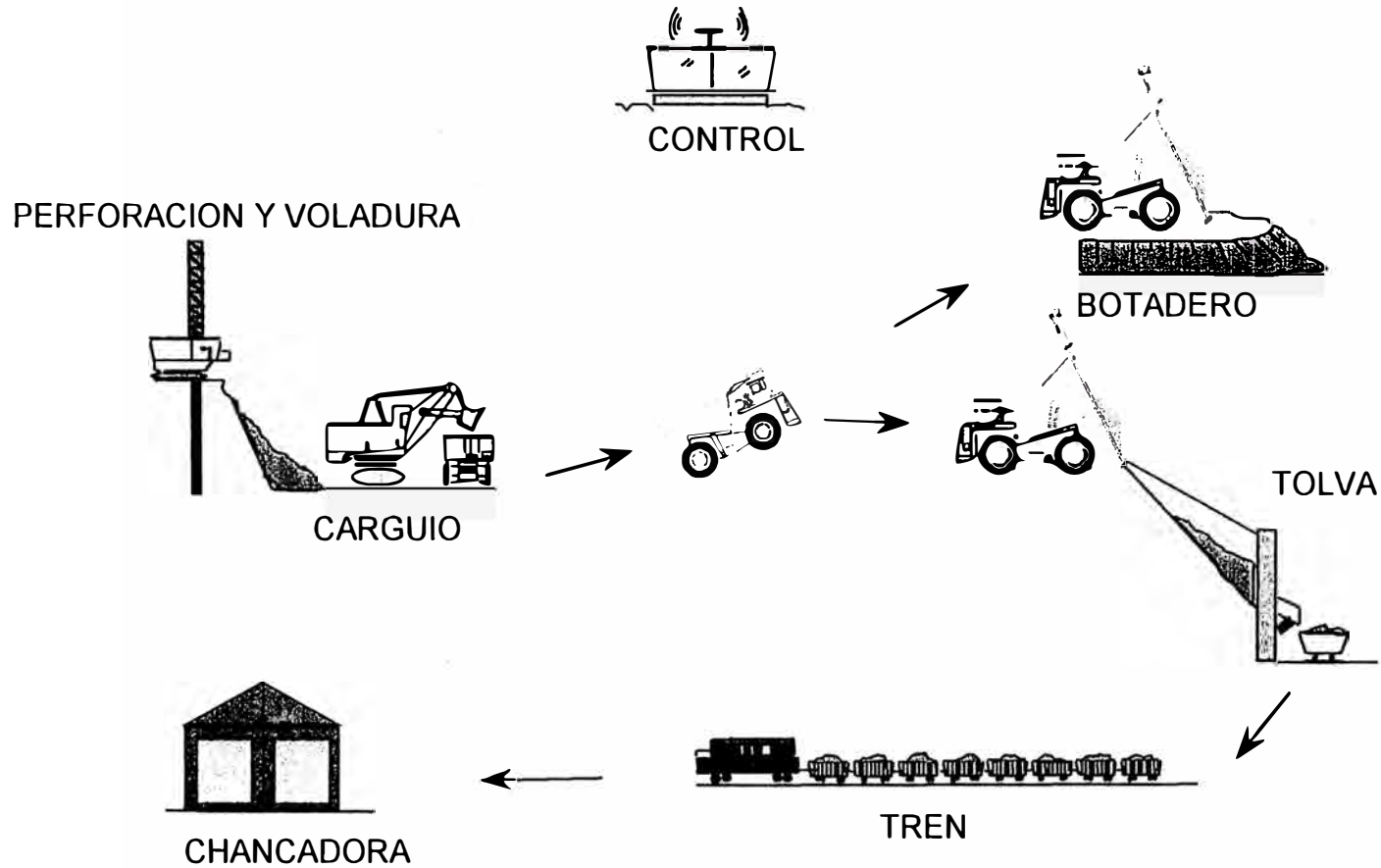
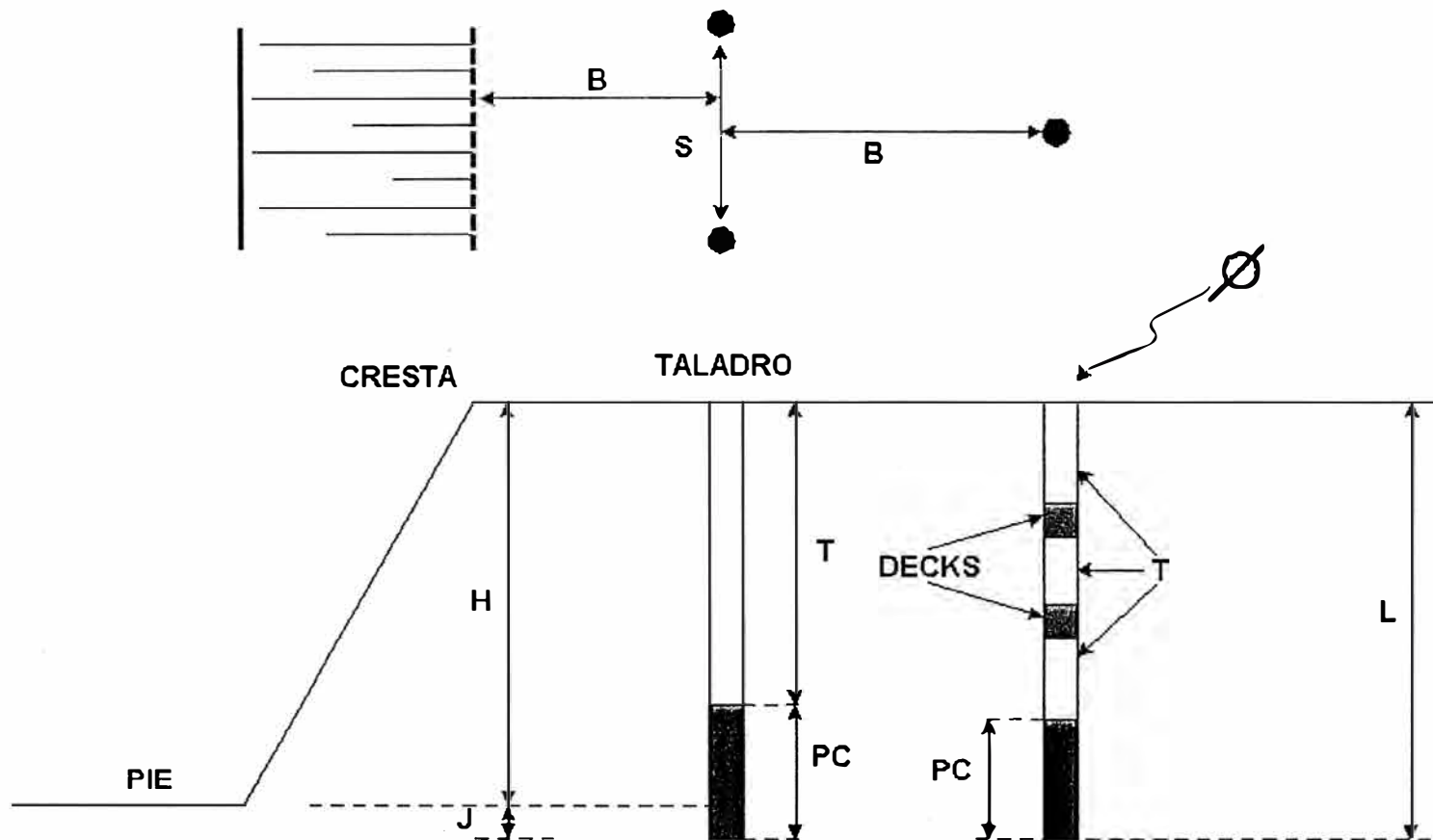


Figura 3

NOMENCLATURA DE LOS ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN VOLADURA



LEYENDA

B: BURDEN

S: ESPACIAMIENTO

H: ALTURA DEL BANCO

J: SOBREPERFORACION

L: LONGITUD DEL TALADRO

\varnothing : DIAMETRO DEL TALADRO

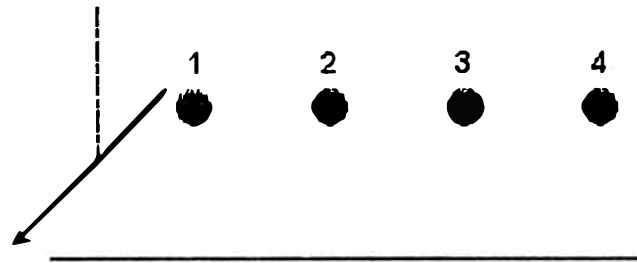
PC: COLUMNA DE EXPLOSIVO

T: TACO

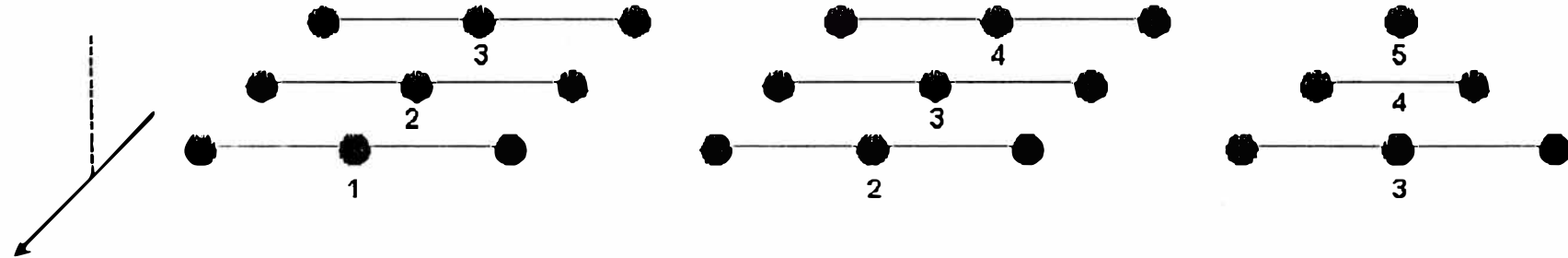
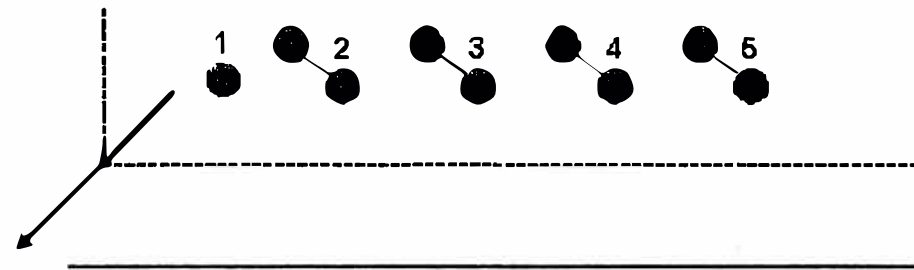
FIGURA 4

MALLAS DE PERFORACION Y SECUENCIA DE ENCENDIDO

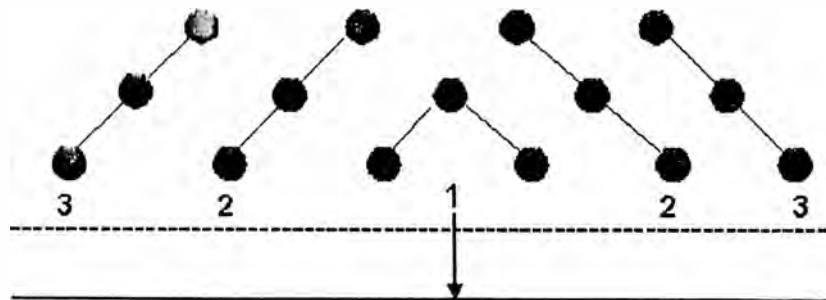
I. FILA SIMPLE, SALIDA EN LATERAL



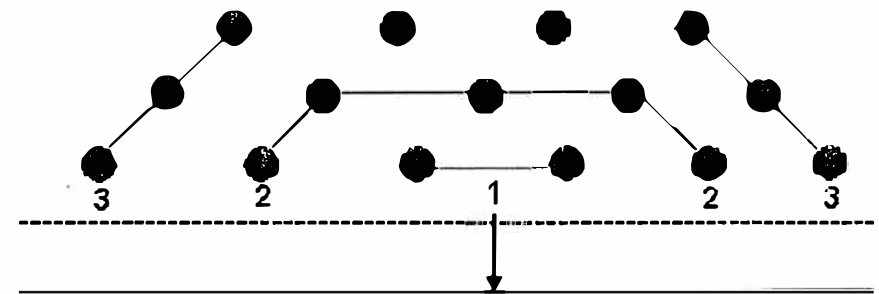
II. FILA DOBLE, SALIDA EN DIAGONAL



III. FILA MULTIPLE, SALIDA POR PAQUETES O ECHELON



IV. FILA MULTIPLE, SALIDA EN "V"



V. FILA MULTIPLE, SALIDA EN TRAPEZIO

FIGURA 5

CUADROS

- 1. PORCENTAJES DE MATERIAL MINADO Y POR MINAR**
- 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE VOLADURA EN TOQUEPALA**
- 3. ZONIFICACION TECNICO-PRACTICA PARA LA VOLADURA PRIMARIA EN EL TAJO TOQUEPALA**

**ESPECIFICACIONES PORCENTUALES DEL MATERIAL MINADO
EN 1990 Y CONTEMPLADO A MINAR EN 1991**

CODIGO	NOMBRE ROCA / ESTRUCTURA / ALTERACION	PORCENTAJE MATERIAL MINADO		R.H.I (CONCEN.)
		PROG 1990	PROG. 1991	
D1	DIORITA ARGILITIZADA	30.20	33.51	9.3
C1	PORFIDO DACITA ARGILITIZADA	4.61	1.20	8.8
B1	BRECHA ANGULAR ARGILITIZADA	17.93	20.07	8.4
P1	PEBBLE BRECCIA ARGILITIZADA	2.02	2.70	10.4
D2	DIORITA SILICIFICADA	1.09	0.85	20.0
C2	PORFIDO DACITA SILICIFICADA	0.35	1.67	19.6
B2	BRECHA ANGULAR SILICIFICADA	4.95	3.66	16.5
QQ	PORFIDO CUARCIFERO QUELLAVECO (RIOLITA)	21.23	13.39	13.8
T2	BRECHA TURMALINA SILICIFICADA	2.22	2.33	14.2
P2	PEBBLE BRECCIA SILICIFICADA	5.39	8.56	12.8
DA	AGLOMERADO DACITA	5.99	7.30	12.4
C3	PORF. DACITA SILICIFICADA CON YESO / ANHIDRITA	2.97	2.43	22.0
T3	BRECHA TURM. SILICIFICADA CON YESO / ANHIDRITA	1.05	2.33	14.1

CUADRO 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE VOLADURA EN LA MINA TOQUEPALA

ZONAS PRACTICAS EN VOLADURA

PAMETROS	UND	ZONA ARGILITIZADA	ZONA SILICIFICADA	ZONA BRECHA TURMALINA	ZONA PEBBLE BRECCIA	ZONA AGLOM. DACITA	ZONA YESO / ANHIDRITA
BURDEN			6.5 – 6.0	5.5 – 5.0	5.0 – 4.5	4.5 – 4.0	4.0
ESPACIAMIENTO	MTS.	9.0 – 8.0	8.0 – 7.0	6.5 – 6.0	5.5 – 5.0	4.5 – 4.0	4.0
DIAMETRO TALADRO	PULG.	11	11	11	11	9 7/8	9 7/8
ALTURA DE BANCO	MTS.	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
SOBREPERFORACION	MTS.	2.0	2.0	2.0 – 1.5	2.0	2.0 – 2.5	2.5
TIPO DE MALLA	FILAS	MULTIPLE	MULTIPLE	DOBLE/MULTIPLE	DOBLE MULTIPLE	MULTIPLE	MULTIPLE
AVANCE PERFORACION	MTS/8h	140	105	120	110	90	80
FACTOR DE CARGA	LB/M3	0.80 – 0.90	1.05 – 1.15	1.15 – 1.20	1.30 – 1.25	1.30 – 1.45	1.50 – 1.80
FACTOR DE POTENCIA	KGR/TM	0.084	0.093	0.115	0.138	0.161	0.175
PRODUC. DE DISPARO	TM/MTD	175	151	160	120	96	105
FRAGMENTACION	-	EXCELENTE	BUENA	MEDIA	GRUESA	MALA	MALA
NECESIDAD DE DECKS	Q/LBS	-	-	-	1/50	2/50- 75	3/75 – 100
CALIDAD DE PISOS	-	UNIFORMES	UNIFORMES	IRREGULARES	IRREGULARES	IRREG/MALOS	IRREG/MALOS
CARGA ALUM. DE FONDO	LBS	-	-	-	-	50	50 – 75

CUADRO 2

ZONIFICACION TECNICO-PRACTICA EN VOLADURA PRIMARIA

ZONIFICACION ATENDIENDO ROCA / ESTRUCTURA / ALTERACION		PORCENTAJE MATERIAL MINADO PROG. 1990	PORCENTAJE MATERIAL MINADO PROG. 1991
I.	ARGILITIZADA	54.76	57.48
II.	SILICIFICADA	27.62	19.57
III.	BRECHA TURMALINA	2.22	2.33
IV.	PEBBLE BRECIA	5.39	8.56
V.	AGLOMERADO DACITA	5.99	7.30
VI.	YESO / ANHIDRITA	4.02	4.76

RESUMEN PARA VOLADURA		AÑO 1990		AÑO 1991	
ZONA	TIPO	TONELAJE (TC)	%	TONELAJE (TC)	%
I - II	ZONA DOCIL	25'258,779	82	23'162,163	77
III - IV	ZONA MEDIA	2'333,325	8	3'273,669	11
V - VII	ZONA DIFICIL	3'069,196	10	3'625,385	12

TONELAJE TOTAL PROGRAMA	30'661,300
--------------------------------	-------------------

30'061,237

CUADRO 3