

Universidad Nacional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica

**Método de Explotación
Tajeos de Corte y
Relleno Descendentes**

TESIS

Para optar el Título de Ingeniero de Minas

LUIS A. ENCINAS F.

Lima - Perú 1973

ETODO DE EXPLOTACION

TAJEOS DE CORTE Y

RELLENO DESCENDENTES

POR: L. A. ENCINAS
Cerro de Pasco, Diciembre 1, 1973

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. GEOLOGIA GENERALIZADA DEL DISTRITO MINERO CERRO DE PASCO	5
3. APLICACION DEL METODO	9
4. DESCRIPCION GENERAL DEL METODO	9
5. PREPARACION - EXTRACCIONES	11
5.0 Preparación de las extracciones	11
5.01 Pilares	11
5.02 Preparación de extracción en cuerpos mineralizados	12
6. PREPARACION DE LOS TAJEOS	14
6.0 Preparación en Pilares	14
6.1 Preparación en Cuerpos Mineralizados	15
7. ENMADERADO	19
8. PREPARACION PARA RELLENO	21
8.0 Preparación para relleno en pilares sin uso de cemento	21
8.1 Preparación en pilares con uso de cemento	24
8.2 Preparación de tajeos en paneles	25
9. RELLENO DE LOS TAJEOS	26
9.0 El Sistema de Relleno en Recuperación de Pilares	28
9.1 Sistema de Relleno en Paneles	29
10. PERFORACION Y DISPARO	30
11. TRANSFERENCIA DE MINERAL	31
11.0 Transferencia de Mineral en Pilares	33
11.1 Transferencia de Mineral en Paneles	33
11.2 Transferencia de Mineral en Tajeos "MICHÍ"	33
12. SOSTENIMIENTO DE LOS TAJEOS	34
12.0 Pilares	

	<u>Página</u>
13. COSTOS COMPARATIVOS DE TAJEOS EN PILARES - PANELES - MICHÍ	36
14. APENDICE I - CONSIDERACIONES TEORICAS	39
15. APENDICE II - CALCULOS TEORICOS DE SOSTENIMIENTO	43
16. RELLENO HIDRAULICO = Generalidades APENDICE III	50
16.0 Planta de Relleno Hidráulico en Cerro de Pasco	53
16.1 Relleno en Yauricocha	56
17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFIA	

METODO DE CORTE Y RELLENO DESCENDENTE

1. INTRODUCCION

Mucho antes de los años 1920, en las minas de Cerro de Pasco se explotaban minerales de plata usándose los métodos rudimentarios de tajeos por pillicas, cuadros sin ninguna uniformidad usándose redondos labrados, en esta época se trabajaron los cuerpos mineralizados de alta ley localizados en la superficie ó partes altas, los cuales eran de enriquecimientos secundarios.

Siguiendo la secuencia en importancia del mineral, por los años 1931 comenzaron a trabajarse los tajeos de cobre, algunos en cuerpos mineralizados tales como "bolsonadas", "Mesapata", Peña Blanca, etc. Y la mayoría en un sistema general de vetas, las cuales dieron una variedad de métodos de explotación, desde tajeos por cuadros hasta lo que se llama "Corte y Reducción", "corte y reducción estática," "corte y relleno subiendo", "tajeos en gradines", etc.

Posteriormente, a la reducción de los minerales de cobre se acrecentó los minerales de plomo zinc, cuyos cuerpos mineralizados bastante delimitados dieron como consecuencia una explotación racional de dichos minerales ya que los precios en el mundo de plomo y zinc llegaron a establecer verdaderos records de demandas en el mercado mundial; fué así que se comenzó a cambiar la concepción, incluso de las plantas de beneficio en el tratamiento selectivo. En los primeros tiempos se llegó a producir 30,000 toneladas cortas secas hasta las 150,000 toneladas cortas secas que se producen en este tiempo, las que se explotan por trabajos subterráneos (70,000)

//...

y a cielo abierto (80,000), como se puede apreciar, los primeros tiempos de explotación fueron sumamente sencillos, empleándose para esto los conocidos tajeos por cuadros pasando por todas las variaciones, tales como "Mitchell", los "Flat backs", es decir, tajeos que tenían unos 100 cuadros en explotación por cada piso; además se comenzó a explotar por el sistema conocido como "Arch Back", que es un simple tajeo de corte y relleno en arco. Todos y cada uno de estos sistemas dejaban pilares ya sea en 10' entre tajeos de cuadros ó a 15' entre cada Arch Back pensándose que en el futuro podría ser más fácil y económico recuperarlos. En general, pilares horizontales fueron establecidos por encima y bajo cada nivel de los tajeos principales separados por pilares verticales, los cuales fueron dejados en forma continua a través de los niveles. A medida que las operaciones de explotación fueron extendiéndose en la mina, mayor cantidad de pilares fueron dejados para ser explotados de manera que los primeros pilares fueron dejados para ser explotados, de manera que los primeros pilares fueron explotados en áreas en que la explotación por medios de, digamos explotación primaria, fueran completadas antes de abandonar dichas áreas, es de comprender el interés de dicha explotación ya que se llegó a tener una cubicación de mineral del orden de los 10'000,000 de toneladas en pilares.

Cuando se inició la explotación de los primeros pilares, se usó el método de cuadros, tanto ascendente como descendente, el relleno de los tajeos antiguos era de un derrubio, sacado de una zona llamada Unish, este material consiste en piedras cuyos tamaños varían de 1/2" \varnothing hasta 3 1/2"

//...

Ø y como material cementante una arcilla fina que logra la compactación suficiente como para que este relleno no se desmorone cuando se inicie el minado a los lados de él. A pesar de que las primera etapas de recuperación de pilares es bastante económicas debido más que todo a la ley del mineral, no así a su eficiencia, este proceso sufrió ciertos retrasos debido ya sea al material mismo de relleno que como se puede apreciar el flujo no es muy recomendable como a la roca misma que constituye el pilar, pues en un área sometida a grandes esfuerzos, los cuales son responsables del material molido que conforma el pilar que como se sabe, estos esfuerzos han ido aumentando a medida que los tajeos primarios que conforman el pilar han sido minados por completo. Este sistema de extracción ó explotación resulta bastante oneroso en los actuales tiempos ya que tanto la mano de obra está subiendo año a año como por la falta de mecanización, hace ineficiente este sistema, por lo tanto, ha sido y es imperativo un cambio sustancial del método.

El Relleno Hidráulico implantado en Cerro de Pasco desde los años 1937, para apagar incendios y relleno de labores antiguas, usando cascajo, "unish" molido y mezclado con agua, ya que el mineral está conformado por una pirita bastante inestable, que al comenzar alcanza a oxidarse produce una elevación de temperatura, suficiente como para iniciar la descomposición del sulfuro de zinc, el que inicia a su vez el incendio. Posteriormente se comenzó a usar los relaves de la mina que después de largas pruebas, se determinó que la pirita, bastante inestable antes de pasar por la concentradora, no lo era en el relave mismo ya que debido a los reactivos usados, formaban una patina que lo neutralizaba haciendo posible su uso en la mina sin ningún peligro posterior de incendio.

//...

Largos años de experiencia en las minas de Cerro de Pasco determinaron que la mejor manera de explotar pilares y aun cuerpos mineralizados con techos suaves ó rocas con producción de gases, era explotando de la parte superior a la inferior. Con este pensamiento en mente, se comenzó a explotar con cuadros descendentes y Relleno Hidráulico, posteriormente se usó el método de Corte y Relleno descendente hasta llegar a la forma actual de explotación.

Es de imperiosa necesidad el indicar que para que este método trabaje con la eficiencia, economía y seguridad actuales, ha llevado seis años completos de experimentación, cambios, fracasos y bastante decisión.

Debo agradecer a todos los Ingenieros que han intervenido directa ó indirectamente en el buen suceso del método.

Cerca de año y medio se empleó en las minas de Yauricocha el cambiar del clásico método de cuadros al de corte y relleno descendente, sin hacer variar prácticamente la producción (40,000 toneladas cortas secas al mes), ya que la preparación misma se llevó a cabo con el método de cuadros, tampoco hubo aumento de personal y más bien con el cambio de método se pudo observar que los programas de reparaciones comenzaron a disminuir, ya que los rellenos efectuados eran de la parte superior a la inferior, creándose áreas seguras bien definidas.

En el siguiente trabajo se determina el camino seguido, sus variaciones y sus amplias aplicaciones.

2. GEOLOGIA GENERALIZADA DEL DISTRITO MINERO CERRO DE PASCO

El yacimiento mineral de Cerro de Pasco está localizado en las zonas este y sur de una chimenea volcánica, de edad terciaria, rellena por rocas piroclásticas e intrusivas. Esta chimenea de sección transversal elíptica (2,700 x 2300 metro) y con orientación Norte-Sur, corta a una serie de rocas sedimentarias que van en edad desde el Paleozoico Inferior hasta el Terciario Inferior, arregladas en un amplio anticlinal de doble hundida. El cuello volcánico ó chimenea, se ha formado en la intersección de dos sistemas de fractura (pre-actividad ígnea) oblicuas al plegamiento regional.

En el distrito minero Cerro de Pasco, así como en otras localidades de la Sierra Central del Perú, se han registrado dos tipos de actividad ígnea: la primera, fase explosiva, está representada por los aglomerados Kumiallana, la segunda, fase intrusiva, está caracterizada por inyecciones de rocas monzoníticas cuarcíferas. La mineralización de este distrito, genéticamente está relacionada a la segunda fase.

En el margen oriental del cuello volcánico se emplazó un gran cuerpo de sílice-pirita, de 1,800 metros de longitud por 300 metros de ancho máximo y más de 820 metros de profundidad: dentro del cual se han localizado cuerpos tubulares de pirrotita, cuerpos irregulares y vetas de menas metálicas de plomo-zinc, cobre-plata y bismuto.

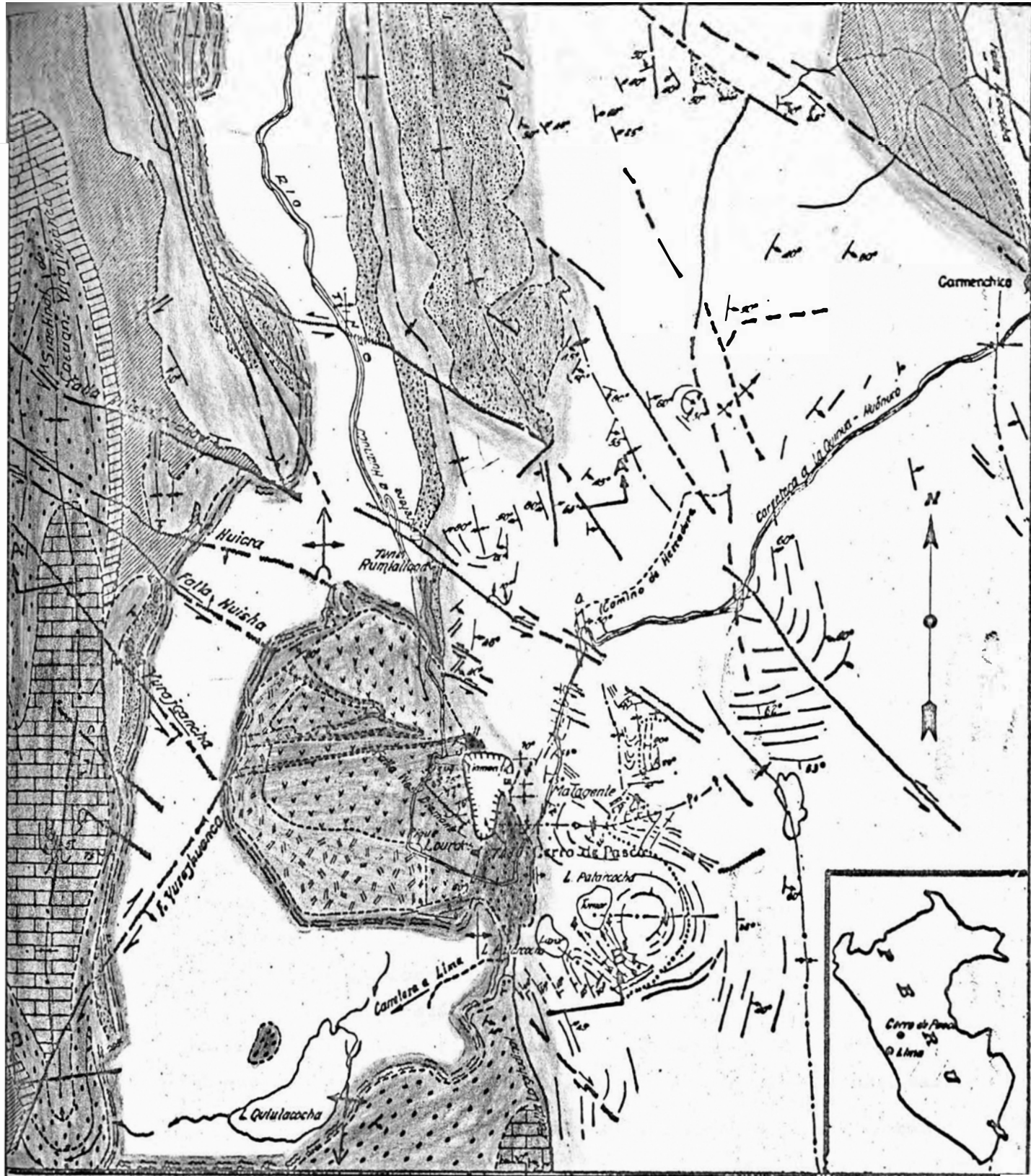
Fracturamiento

El distrito minero de Cerro de Pasco ha estado sometido a diferentes tipos de esfuerzos, los que han actuado en diferentes épocas y han desarrollado ocho conjuntos de fracturas,

//...

seis de las cuales son pre-minerales y dos post-minerales; dichos conjuntos observables son:

1. Fallas longitudinales; de rumbos aproximado Norte-Sur y paralelas al plegamiento regional; a este conjunto pertenece la falla longitudinal Cerro de Pasco.
 2. Fallas oblicuas al plegamiento regional; tienen rumbo noroeste; a este conjunto pertenecen las fracturas Huis lamachay-Yurajhuanca. Cabe indicar que estos dos conjuntos (ver plano geológico) son pre-actividad ígnea y también pre-minerales.
 3. Fallas oblicuas al plegamiento regional uno de cuyos sistemas tiene rumbo Noroeste y el otro Este-Oeste. Estas fallas, cortan los aglomerados del cuello volcánico y han sido rellenadas con la monzonita cuarcífera.
 4. Fallas oblicuas a los pliegues cruzados; han sido mineralizadas con marmatita y galena, están situadas en el lado noreste del cuerpo de sílice-pirita, cruzan a las calizas Paria donde se extienden hasta unos 700 metros. Están arregladas en dos sistemas: el sistema San Alberto de rumbo N 35-45ºE con buzamiento entre 65 y 75º hacia el Sureste; y el sistema Matagente cuyo rumbo es S 45-60ºE y buzamiento 60-85º al Suroeste.
 5. Fracturas transversales al contacto de los volcánicos con el cuerpo de sílice-pirita; están localizadas en el margen sureste de la chimenea volcánica, algunas se hacen tangenciales y paralelas al cuello volcánico; son convergentes en profundidad y han sido mineralizadas con pirita-enargita.
- Todos los conjuntos de fracturamiento hasta aquí descritos son pre-minerales.



8000
0
2000 Pies
2000 m
 Ver leyenda en la hoja de secciones adjunta.

MAPA GEOLOGICO
MINA CERRO DE PASCO

6. Fallas oblicuas al contacto del cuerpo de sílice-pirita con las calizas Karria; éstas cortan a los cuerpos mineralizados de plomo-zinc y han sido mineralizadas con pirita argentífera.

Fallas longitudinales post-minerales que han desplazado longitudinalmente los cuerpos mineralizados de plomo-zinc y han producido trituración en las menas; son observables en la mina como en las labores 639, 623, etc. del nivel 600.

Estas fallas son el resultado de la reactivación de la falla longitudinal Cerro de Pasco.

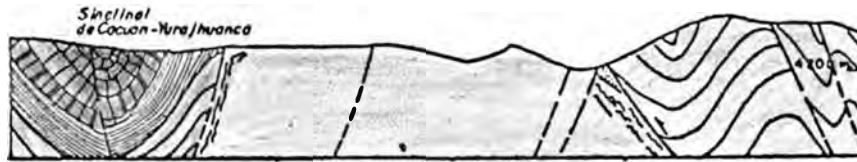
8. Fallas oblicuas al fallamiento longitudinal post-mineral que han producido dislocaciones de los cuerpos mineralizados y de las vetas.

Características Fundamentales de la Mineralización de Plomo-Zinc

La ocurrencia de la mineralización de plomo-zinc, en la Mina Cerro de Pasco es en forma de cuerpos irregulares, vetas y mantos, distribuidos en las áreas marginales orientales del cuerpo de sílice-pirita, desde donde se extienden al Este dentro de las calizas Pucará. El mayor volumen de esta mineralización está concentrado en cuerpos irregulares cuyo conjunto tiene la forma de un cono achatado con la base hacia arriba, el cual está incluido en otro cono más grande, el cuerpo de sílice-pirita. Ambos conos apuntan a la zona por donde probablemente salieron las soluciones mineralizantes.

Los cuerpos irregulares de plomo-zinc tienen forma ovalada (vistos en plano) cuyo eje mayor tiene un rumbo aproximado Norte-Sur, se inclinan con fuerte ángulo hacia el Oeste, presenta gran persistencia en profundidad (hasta los 600

//...



SECCION A-A'



SECCION B-B'

LEYENDA

ROCAS SEDIMENTARIAS

Siúrico-Devónico

Grupo Escalier



Permiano

Grupo Mitu



Triásico-Jurásico

Grupo Pucará



Cretácico



Terciario

Conglomerado-celizo shuco



Celizo Colera



Capas Rojas



ROCAS IGNEAS

Pórfido Manzanita Cuercifera Cerro



Agglomerado Rumallana



Contactos Geológicos

Rumbo de la estratificación con buzamiento



Eje de pliegue

Anticlinal

Sinclinal

Inclinación de Pliegue

Falla con la dirección del movimiento

Pacas (Pirita oxidada)

Traza de veta mostrando buzamiento



SECCIONES TRANSVERSALES
MINA CERRO DE PASCO

metros) y contienen el 85 a 90% del volumen total de la mineralización de plomo-zinc.

En su mayoría los cuerpos de plomo-zinc están asociados a cuerpos tubulares de pirrotita (ver Proyección Longitudinal Vertical de los Cuerpos Mineralizados de Plomo-Zinc). Estos cuerpos de pirrotita cuyas dimensiones llegan hasta 60 x 180 metros dirección horizontal; se encuentra formando los núcleos de los cuerpos irregulares de plomo-zinc en las zonas profundas; hacia arriba tienden a disminuir las dimensiones y desaparecer.

Los principales minerales de los cuerpos de plomo-zinc son: Galena, marmatita y galena argentífera. Las leyes de zinc disminuyen hacia arriba; en cambio las leyes de plomo aumentan. La plata que se encuentra en los cuerpos de plomo-zinc, en general, tiende a disminuir en profundidad.

El cociente metálico Zn/Pb decrece hacia la superficie y desde los cuerpos de pirrotita hacia la periferia; lo cual indica una distribución zonal del zinc y del plomo tanto en profundidad como en extensión horizontal.

Los cuerpos irregulares de plomo-zinc, algunas veces se encuentran emplazados íntegramente en las calizas Paria, del Grupo Pucará (ver plano del nivel 500) en estos casos la mena ha sido triturada por reactivación de la falla longitudinal Cerro de Pasco; la mayoría de estos cuerpos están emplazados en el cuerpo de sílice-pirita al cual a su vez se emplazó entre las calizas Paria hacia el Este, rocas ígneas hacia el Oeste y rocas del Grupo Excelsior (filitas, lutitas, cuarzas) al Sur.

CAYAC NORUEGA - A

N.31400

N.31200

N-309

N.30800

N.30700

N.30600

N.30400

N.30200

N.30000

N.29800

N.29600

N.29400

00562

29700






00662

00106

00806

00506

LEYENDA

- Pb.Zn. 
- Py. 
- Ls. 
- Es. 
- Lfg. 

CAYAC NORUEGA - B

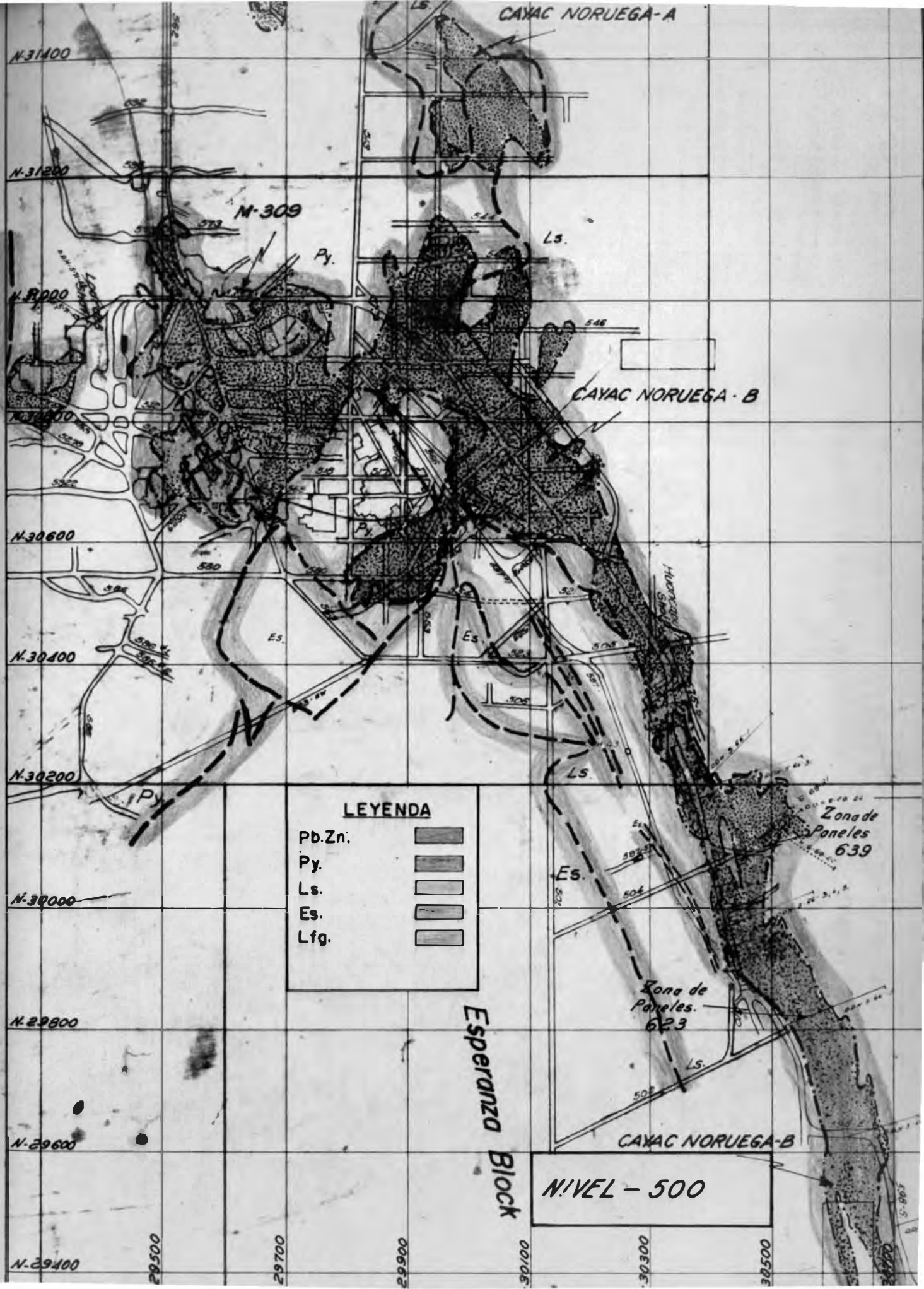
Zona de Paneles 639

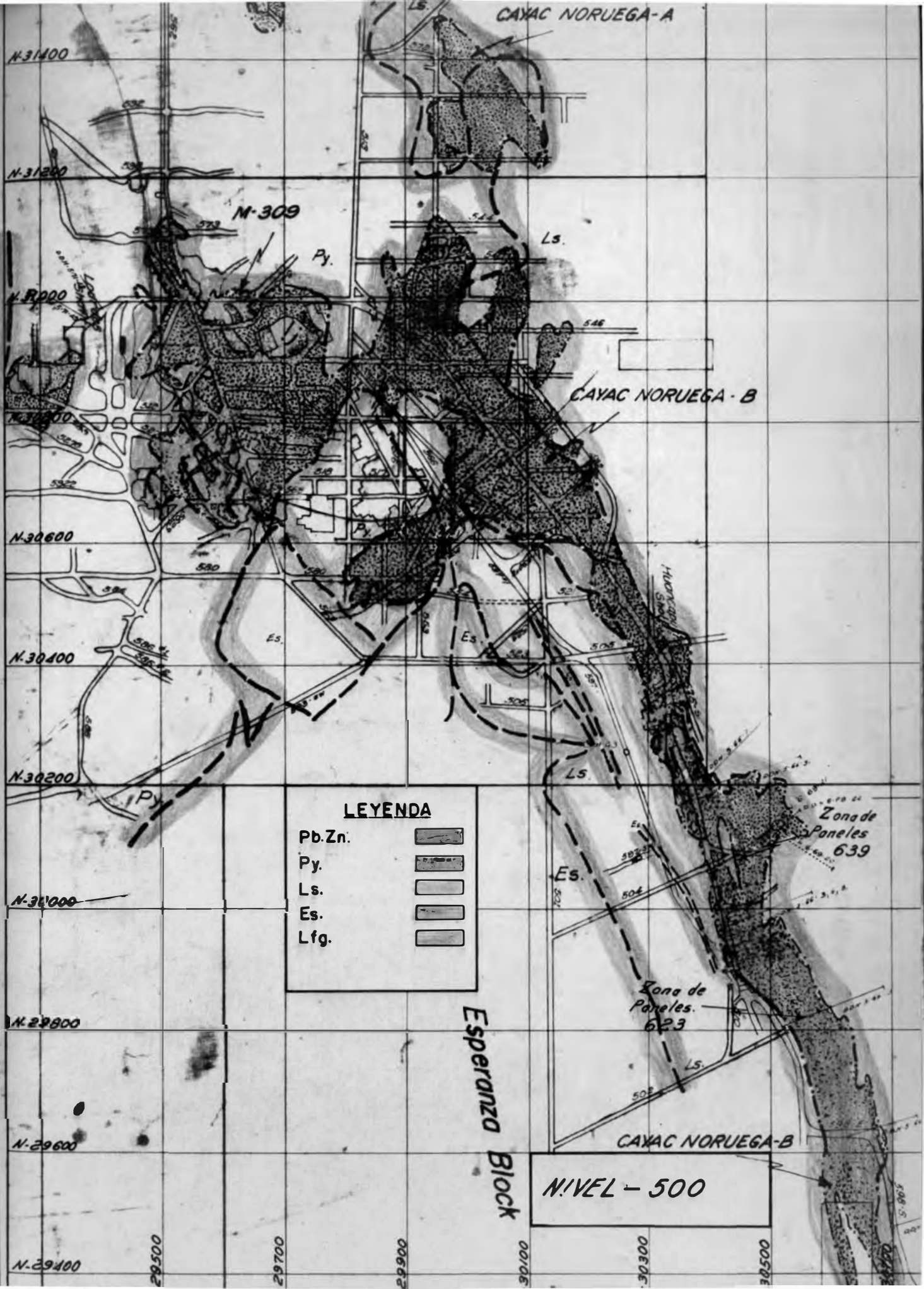
Zona de Paneles 623

CAYAC NORUEGA - B

ESPERANZA Block

NIVEL - 500





CAYAC NORUEGA-A

N-31400

N-31200

N-309

N-31000

N-30600

N-30400

N-30200

N-30000

N-29800

N-29600

N-29400

LEYENDA

Pb.Zn.	
Py.	
Ls.	
Es.	
Lfg.	

Esperanza Block

NIVEL - 500

CAYAC NORUEGA-B

Zona de Paneles 639

Zona de Paneles 623

CAYAC NORUEGA-B

00580

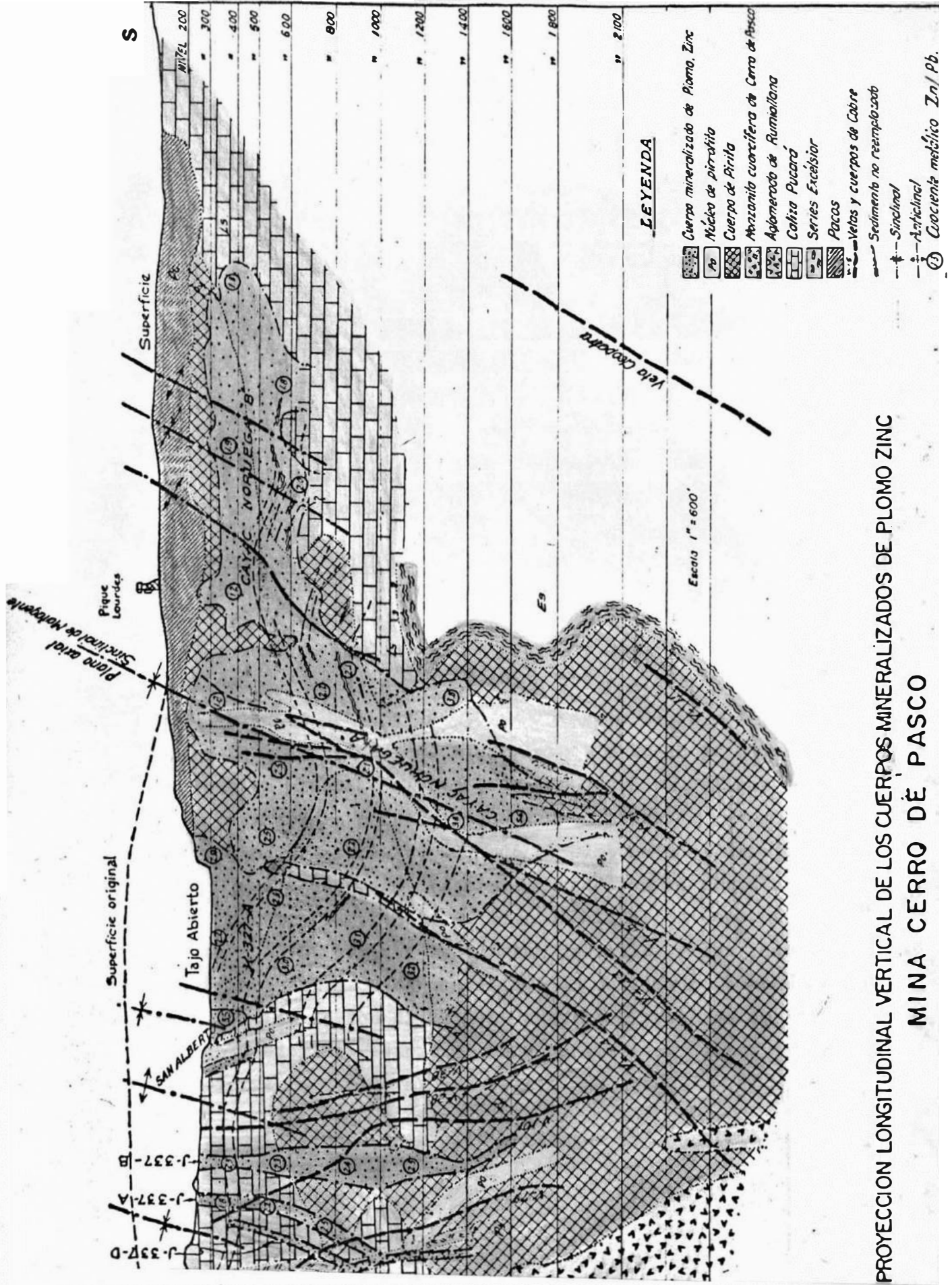
29700

00620

00700

00660

00580



PROYECCION LONGITUDINAL VERTICAL DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS DE PLOMO ZINC
 MINA CERRO DE PASCO

3. APLICACION DEL METODO

Un sin número de aplicaciones se han encontrado a medida que el método se ha ido perfeccionando, pudiendo clasificarse en:

- a) Explotación de pilares.
- b) Explotación de cuerpos mineralizados cuya roca mineralizada es semi dura pero con alto contenido de gases ó propenso a oxidarse en gran escala.
- d) Explotación combinada de Áreas cuya mineralización es errática.

4. DESCRIPCION GENERAL DEL METODO

El método de corte y relleno descendente que, como su mismo nombre lo indica, es la extracción de blocks de mineral por medio de cortes de capas de 10' a 12' y hasta de 20' de alto en forma sucesiva, comenzando la explotación de la parte superior a la inferior, después de cada corte y luego de haber extraído todo el mineral, el tajeo se prepara para relleno procediéndose para esto a construir una cama, ya sea de redondos con malla ó solamente malla, de acuerdo al sistema ó al método de explotación, sea como fuere, el sistema usado en la actualidad utiliza los primeros 3 pies de relleno mezclados con cemento en proporción de 1:6, después se termina de rellenar con lama solo hasta la parte superior de manera que el relleno se encuentre en forma continuada con el relleno anterior, tratando en lo posible que no quede intersticio posible para evitar fallas de tensión en el futuro debido al mal relleno.

El minado se realiza entonces debajo mismo de la cu

//...

ma ya formada usando postes como soportes de los redondos transversales, estos postes pueden ser redondos de madera de 8" \varnothing x 12' ó también tubos de 4" \varnothing programa # 80, estos últimos son recuperados en el siguiente corte inferior y usados nuevamente, tal como se explicará mas adelante.

La extracción del mineral, el enmaderado usado, la perforación y disparo, etc.; o sea las operaciones de explotación, son repetidas tantas veces como sea necesario hasta terminar el block.

Los pilares explotados entre corte y relleno normales (o sea tajeos en arcos), pueden ser todo el ancho dejado anteriormente ó explotado en 2 partes, depende del ancho mismo, si es mayor que 15', es necesario hacerlo en etapas distintas, es decir, que la primera sección es explotada y rellena antes que la segunda sección comience.

5. PREPARACION

Al comenzar los trabajos de perforación, se deben tener en cuenta las dimensiones de los tajeos futuros si es la explotación de pilares ó de cuerpos mineralizados; ó la clase de rocas, así pues se presentan las siguientes formas de preparación:

5.0 Preparación de las extracciones.-

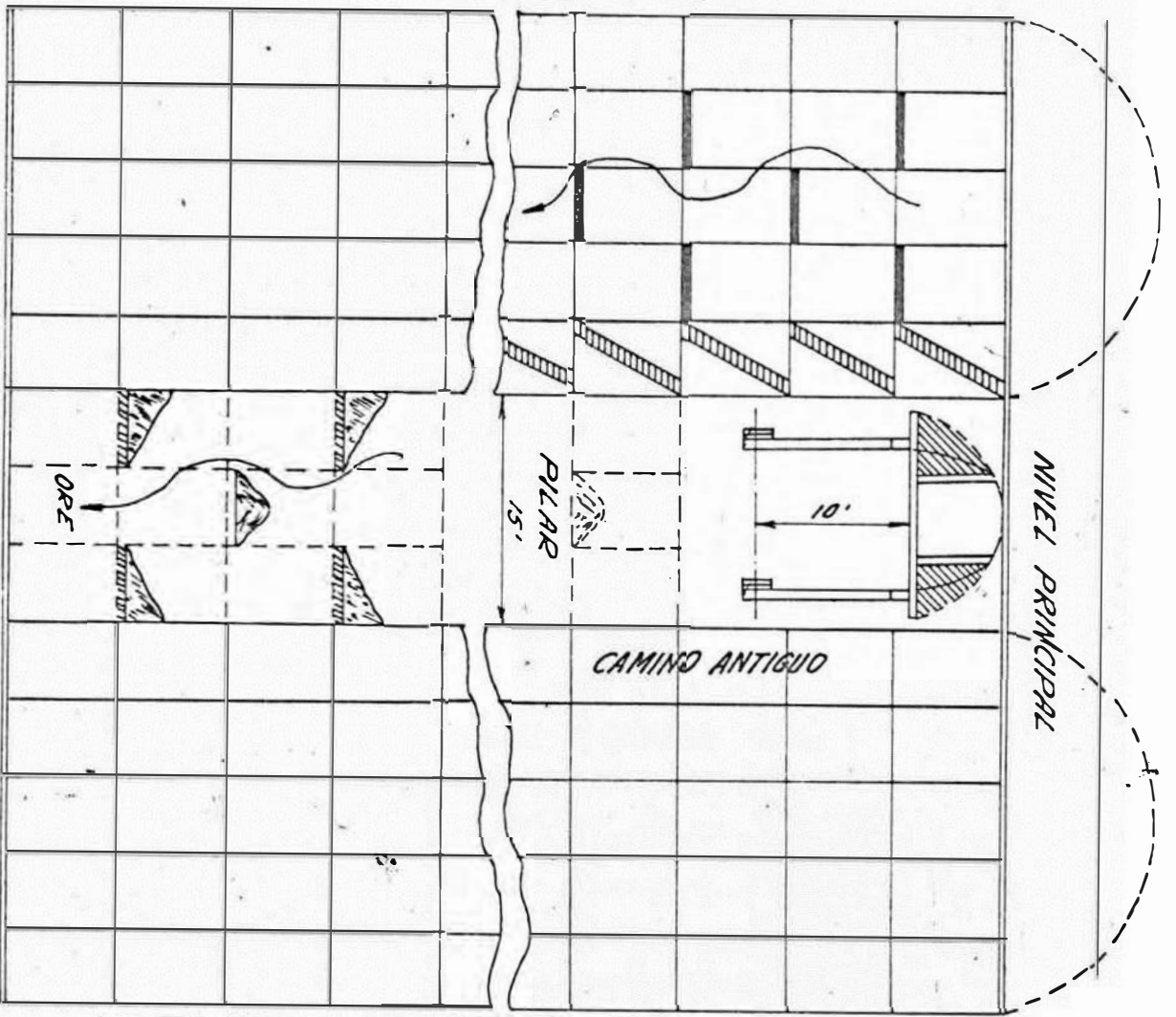
5.01 Pilares - Cuando se trata de pilares, las extracciones usadas son las antiguas de los tajeos de corte y relleno en arcos ó tajeos por cuadros, para esto se acondicionan todos los pisos, se arman los cuadros intermedios (Fig. 1) usando siempre los caminos antiguos, como se puede comprender el proceso de rehabilitación es arduo y algunas veces caro, por este motivo es necesario hacer una nueva chimenea de extracción que esté localizada en un pilar, la razón de esto último es que las líneas de grandes esfuerzos está localizada en el mismo pilar y aún más en las extracciones mismas, ya que está conformada por 2 áreas rellenas, un pilar sometidos a grandes esfuerzos y extracción abierta. La experiencia nos ha demostrado que el hacer una nueva extracción fuera del pilar, resulta a la larga más económico y eficiente. En la Fig. 1-A se puede observar 5 cuadros a ambos lados del pilar de los cuales los tres cuadros centrales fueron usados para la extracción del mineral y los cuadros extremos para caminos, al momento de rehabili

tar ó preparar la extracción nueva, se usan los antiguos caminos y los centrales para el pase del mineral, debe hacerse hincapié en que para el mejor suceso de explotación deben rellenarse las extracciones antiguas. En caso de hacerse la extracción fuera del pilar, sólo se hacen dos cuadros de manera que se puedan colocar las plataformas escalonadas para evitar la caída directa del mineral y así evitar que se malogren los cuadros, nuevamente los antiguos caminos son rehabilitados y a medida que se va bajando, se puede rellenar completamente (ver Fig. 1-1) dejando sólo los caminos abiertos, sirviendo para bajar materiales y el otro para el personal.

5.02 Preparación de extracción en cuerpos mineralizados.-

Un sistema especial es usado para la extracción de cuerpos cuya amplitud de explotación varía entre los 250,000 a 300,000 toneladas para ser explotadas por medio de un sistema de transferencia de mineral. Como se puede comprender, un tonelaje de esta magnitud necesita una chimenea principal de extracción la cual esté hecha de tal forma que pueda durar por lo menos 4 años, teniendo en cuenta

//...



NIVEL DE EXTRACCION

NIVEL PRINCIPAL

CAMINO ANTIGUO

PILAR 15'

10'

ORF

VISTA FRONTAL: RECUPERACION DE PILARES

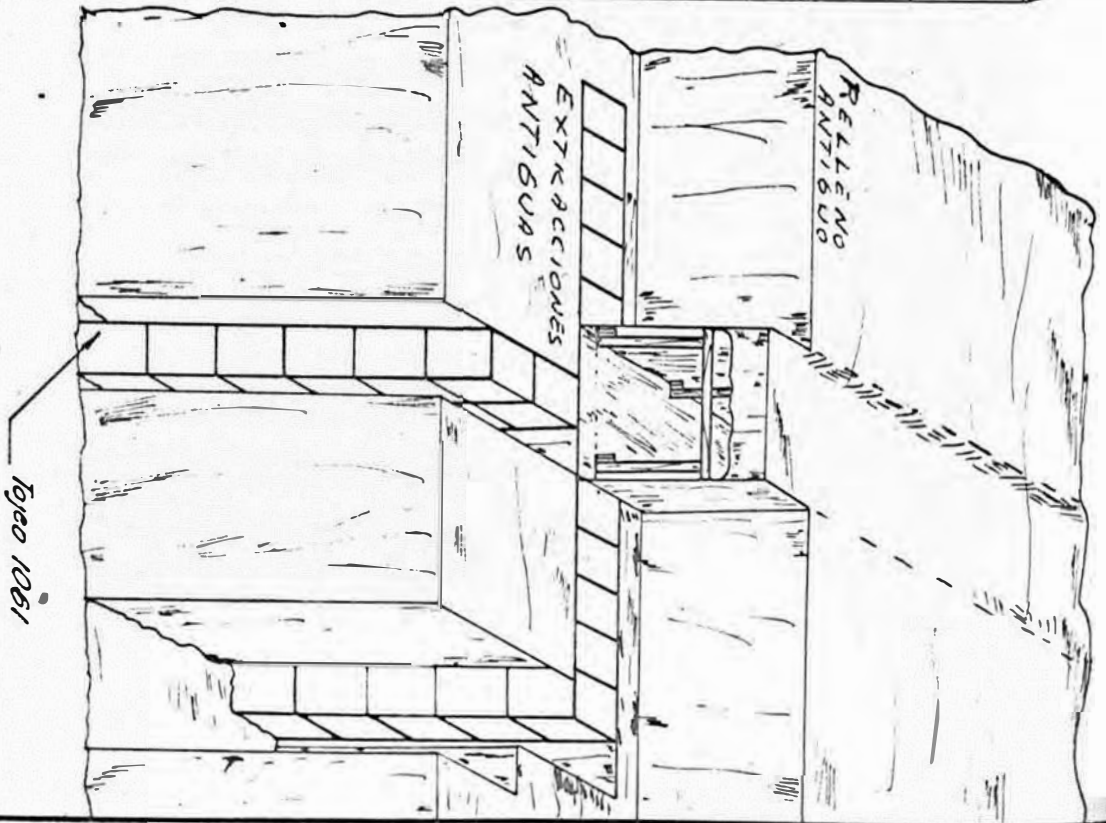


FIG. 1

que la velocidad de extracción es de al rededor de 6,000 a 8,000 toneladas por mes, por cada área preparada.

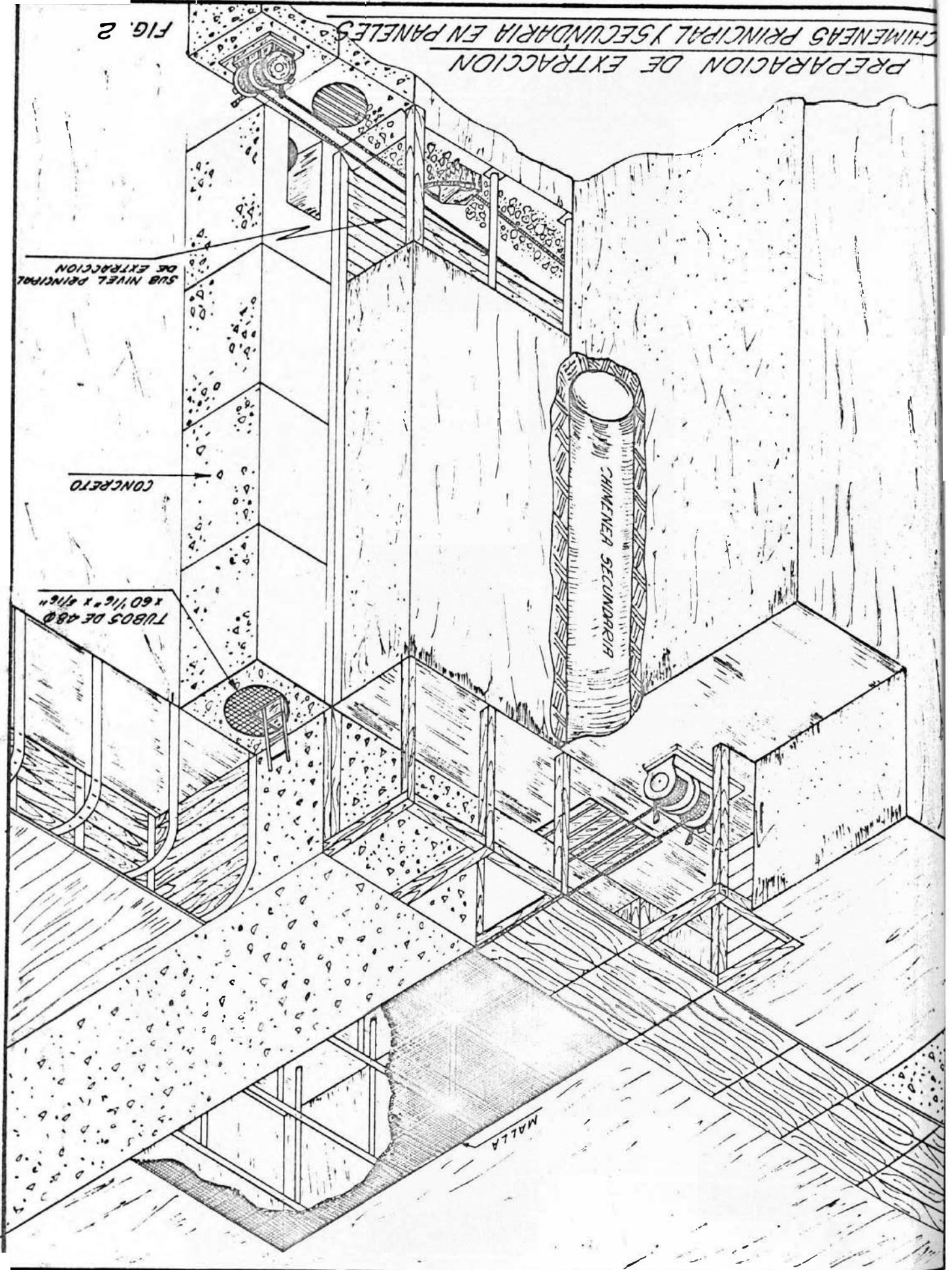
En la Fig. 2 se puede observar la chimenea para extracción y el camino, éste último es concretado de nivel a nivel, mientras que la primera se concreta 5 pisos ó 4 pisos más abajo de los tajeos preparados conectados entre sí con un sub-nivel principal de extracción de y pequeñas chimeneas dispuestas en tal forma que cada una de ellas sirven para cuatro tajeos, estas pequeñas chimeneas no son entubadas pero algunas veces necesitan de asegurar con cuadros; a estas chimeneas las llamaremos secundarias.

En las Figs. 2-A, 2-B y 2-C se ofrecen detalles de los tubos usados en las chimeneas, lo mismo que el camino. Debe apreciarse aquí que todos los tubos, principalmente los del camino, son recuperables. El procedimiento de ensamble es el siguiente:

- a) Desarrollo normal de una chimenea con dos cuadros, para camino y otro para pase de mineral (de nivel a nivel).
- b) Preparación de la base de cilindros (normalmente en piso 3, dando cierta capacidad de almacenaje de mineral).

PREPARACION DE EXTRACCION
CHIMENAS PRINCIPAL Y SECUNDARIA EN PANELES

FIG. 2



SUB NIVEL PRINCIPAL
DE EXTRACCION

CONCRETO

TUBOS DE 480
X 60 1/2 X 5 1/2

MALLA

CILINDROS DE 48" Ø PARA PREPARACION DE CHIMENAS EN TAJOS DE CENICIENTES.

PLANTA SCALE = 3/4" = 1'

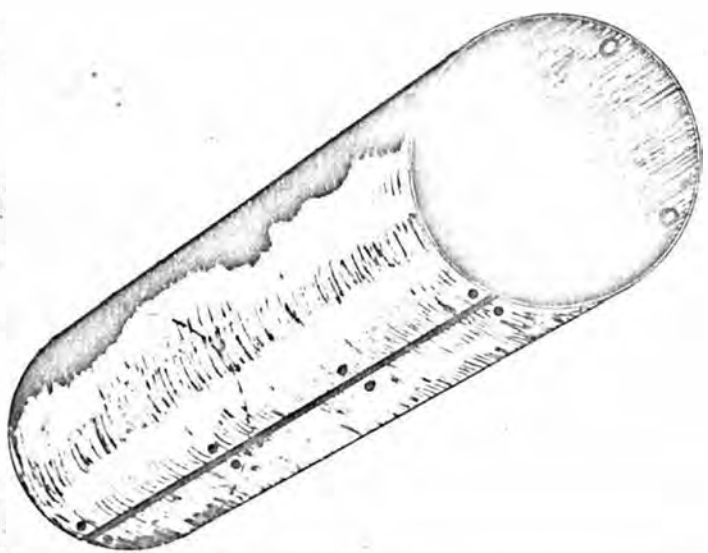
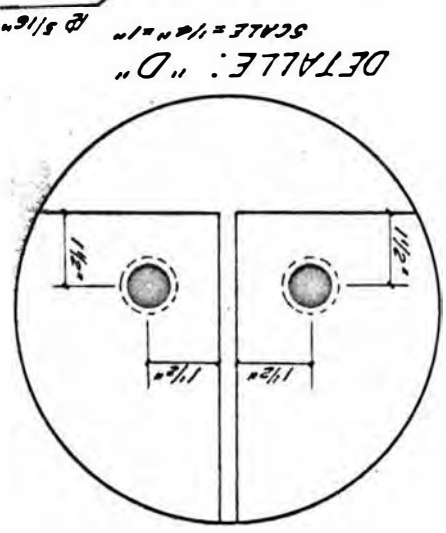
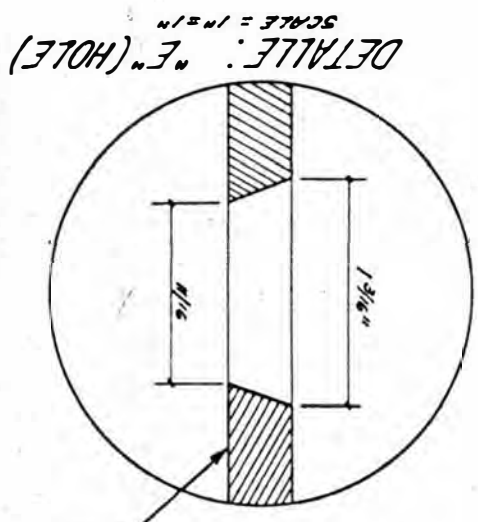
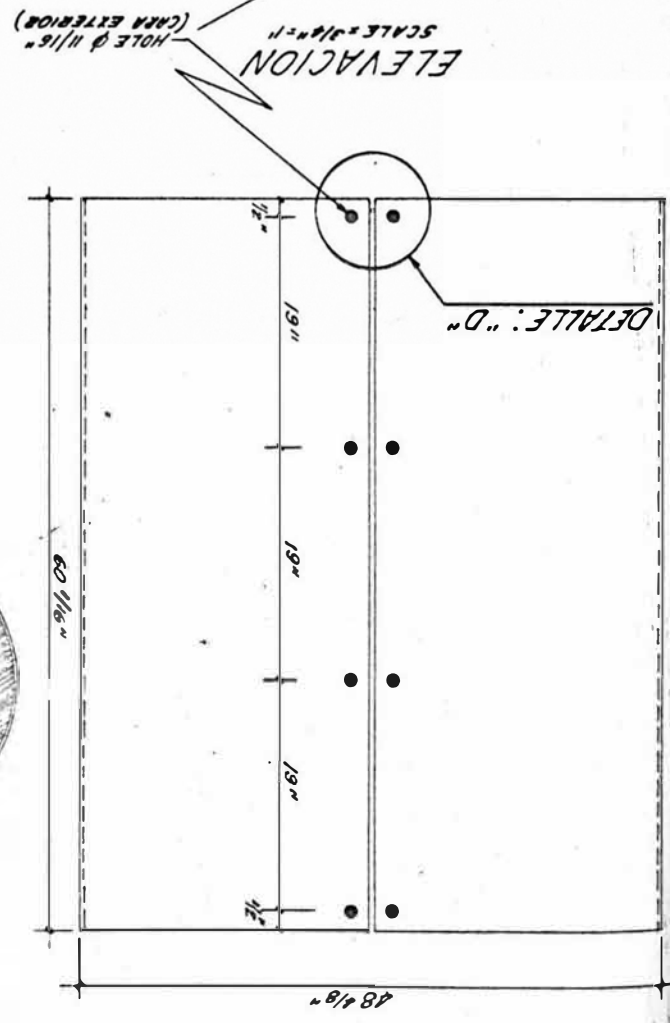
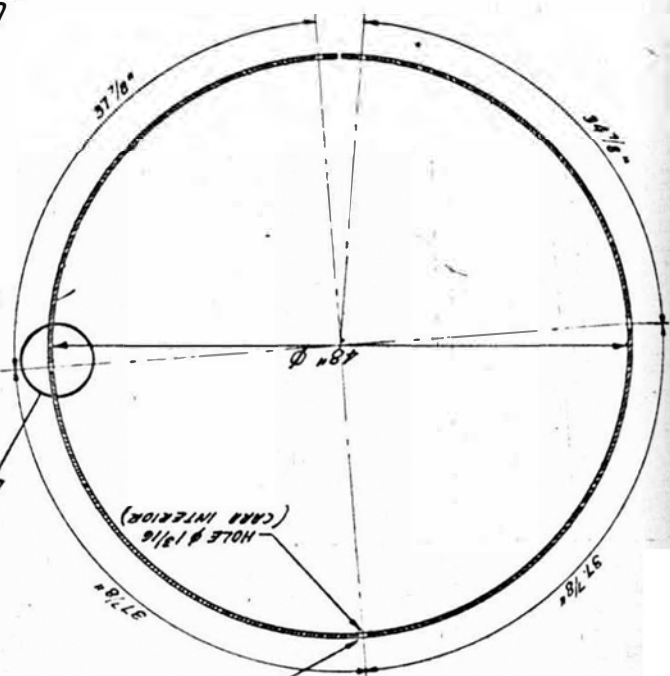


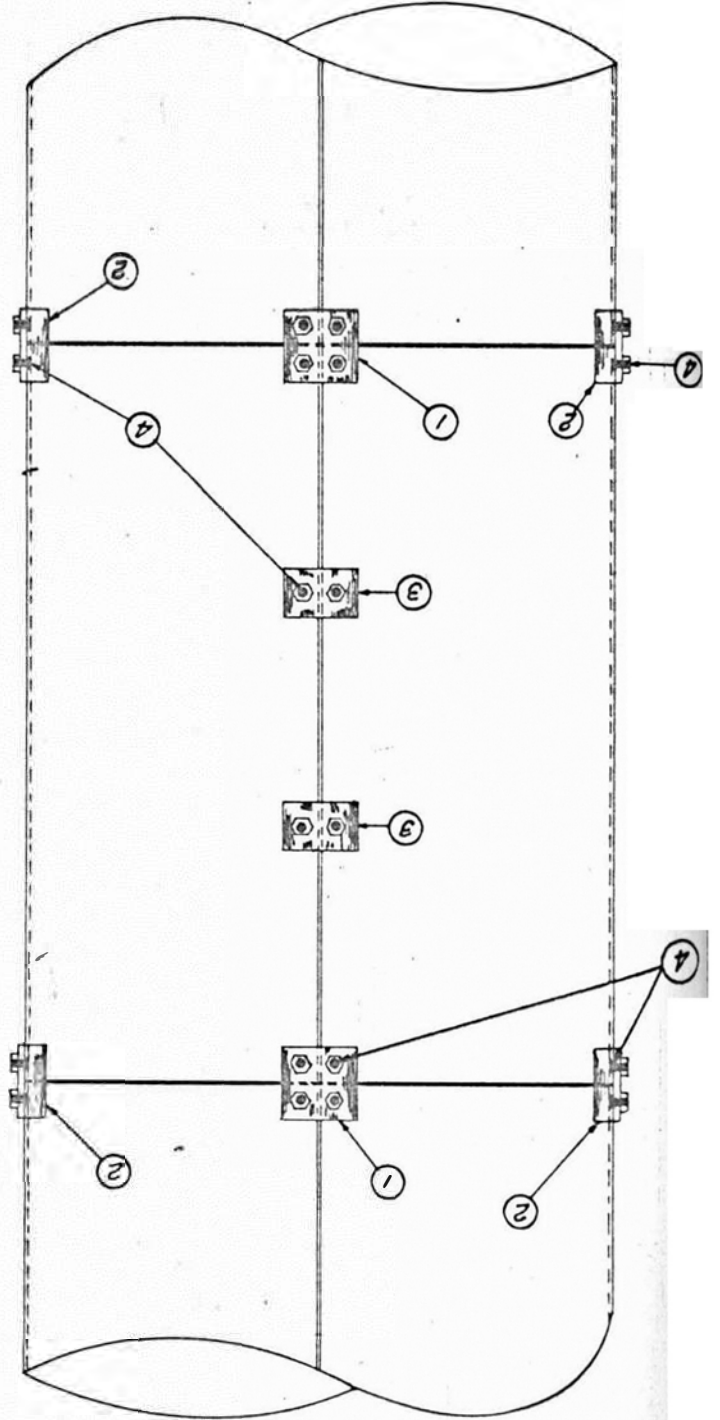
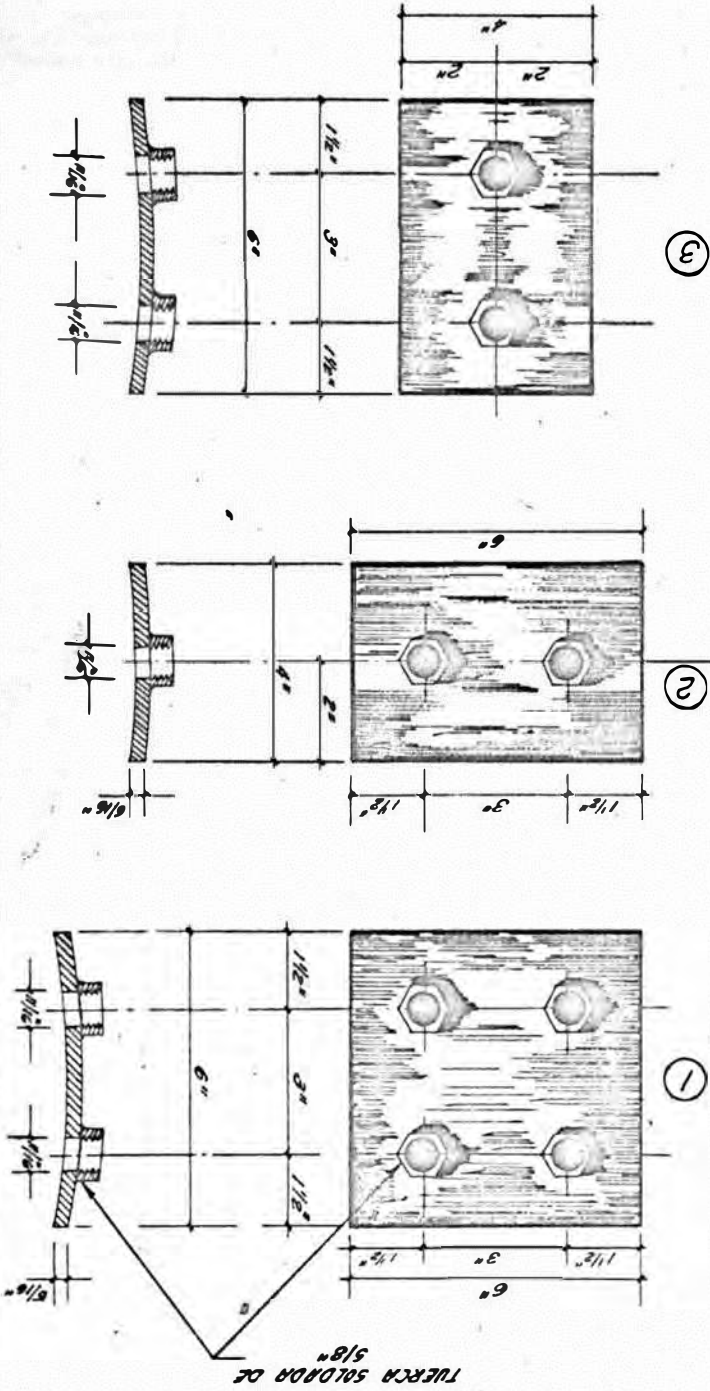
FIGURA-2B

CHAPAS PARA CILINDROS DE 48" Ø

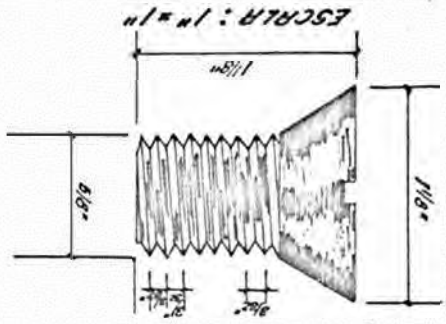
ESCALR: VARIOS

FECHA:

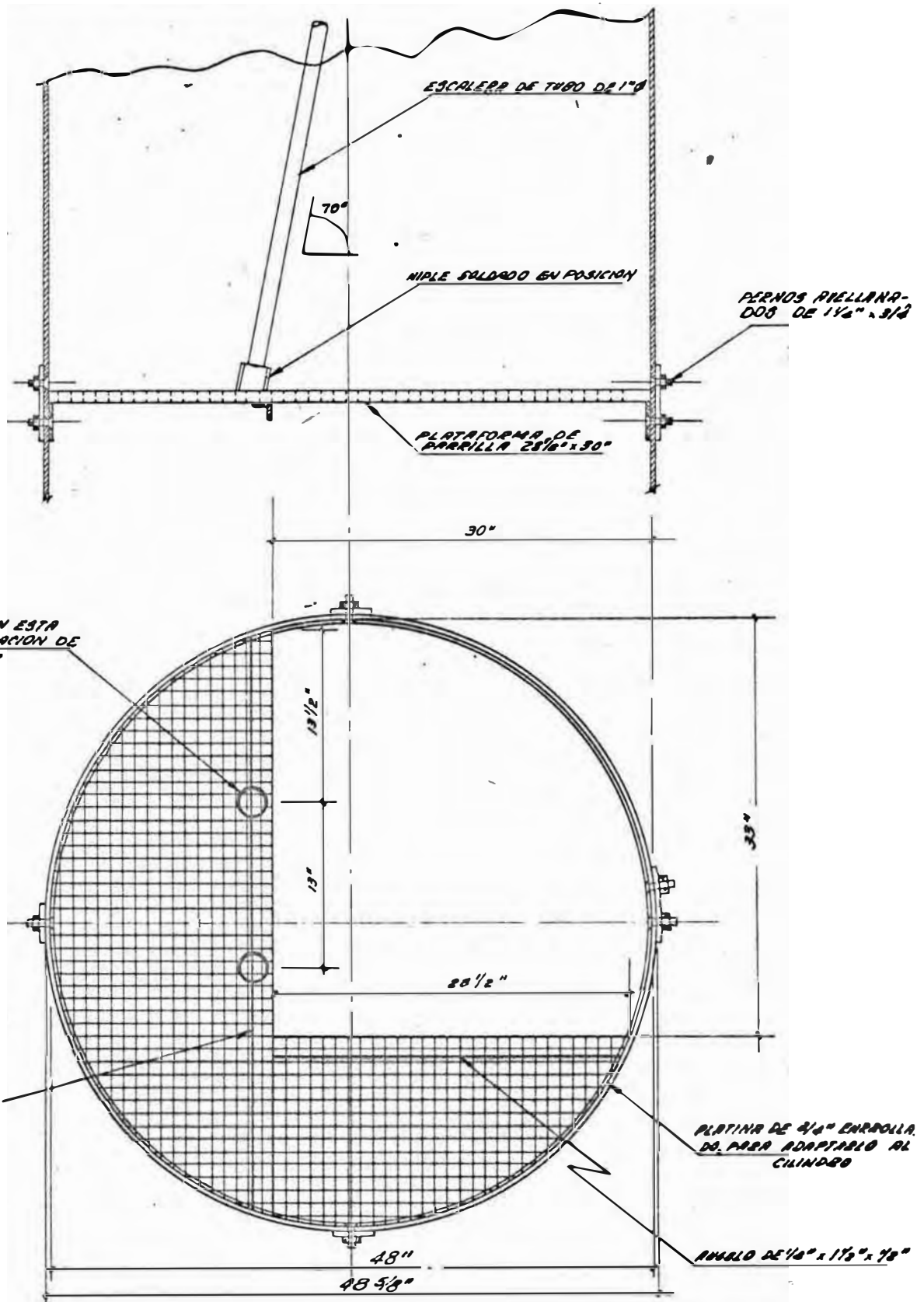
ESCALR: 1/4" = 1"



ESCALR: 3/4" = 1"



4



PLATAFORMA DE DESCANSO
(PARRILLA)

ESCALA: 1" = 1'

FECHA

FIGURA - 2C

Se ha usado normalmente rieles de 60 #/ entre cruzados y ángulos soldados en el primer cilindro de la base.

- c) Concretado del primer tubo.
- d) Colocación de todos los tubos, del ni vel superior al inferior.
- e) Concretado final de los tubos.

Precauciones a tomarse.- Dejar ventanas conectadas del camino a la chimenea de pase de mineral, en casos de que se atraque.

El costo de preparación de estas chimeneas sube a casi \$ 600,000 ó más, terminado, esto es para una explotación de 200,000 toneladas es alrededor de \$ 3/Tons. En 4 años en que se han puesto en uso, nada ó casi nada de gastos ha sido requerido para su mantenimiento, en cambio en otras areas en que sólo se han usado ahorrados de madera en las chimeneas, el costo de mantenimiento es alto, sobre todo si se tiene en cuenta las demoras en el ciclo de extracción, pues si hay una parada en la extracción, automáticamente deben parar todos los tajeos ya que de otro modo se llenarían los subniveles de extracción con mineral.

6. PREPARACION DE LOS TAJEOS

6.0 Preparación en Pilares.-

La preparación normal es con cuadros, como si se

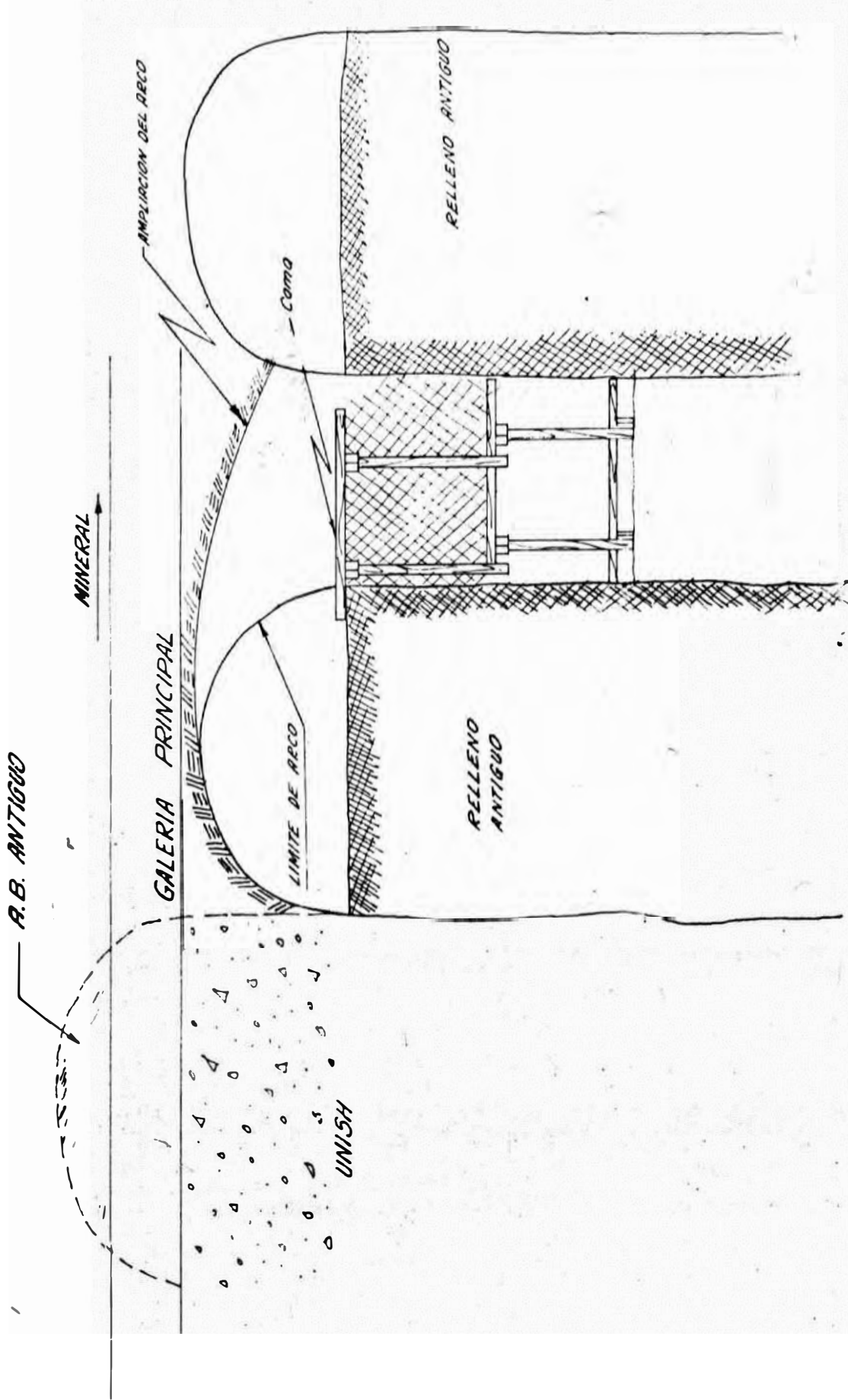
..///

siguiera un tajeo normal de cuadros y por lo general un piso inferior al alcanzado por los cortes y relleno en arco (Fig. 1) ó de lo contrario se amplía el arco (Fig. 3). En el primer caso los arcos se arman con plantillas solamente (Fig. 3-A) ya que se trata de abrir, formar la cama del tajeo mismo y después rellenar; en la mayoría de casos, el techo de uno de los cuadros es levantado ligeramente sobre los cuadros (Fig. 3-A) para colocar la tubería de relleno, logrando así que el relleno llegue a sobrepasar por lo menos 1" a 6" sobre la parte inferior de los sombreros; posteriormente la tubería de relleno es recuperada por la especie de sobrecuadros armados. Una vez terminada la preparación, se limpia por completo el mineral y se procede entonces a prepararlo para relleno.

6.1 Preparación de Cuerpos Mineralizados.-

Para la preparación de cuerpos mineralizados, se comienza generalmente en el mismo nivel, tal como se indica en la figura 3-B, continuando con cuadros, la diferencia está en que el área que se va a preparar para esta clase de tajeos, es necesario primero panelarla (de allí el nombre de paneles), es decir, dividir el área de tajeos de 10 pies de ancho por 120 pies de largo (Fig. 4) en la que se pueden observar la serie de tajeos preparados y el contacto geológico, nótese que las preparaciones no rebasan estos contactos, haciendo entonces una explotación selectiva, tal es el caso del cuerpo alargado al S.E. Entonces a medida que se va explotando esta

..///



PREPARACION DE UN TAJEO DESCENDENTE A PARTIR DEL NUEVO
ARCH BACK

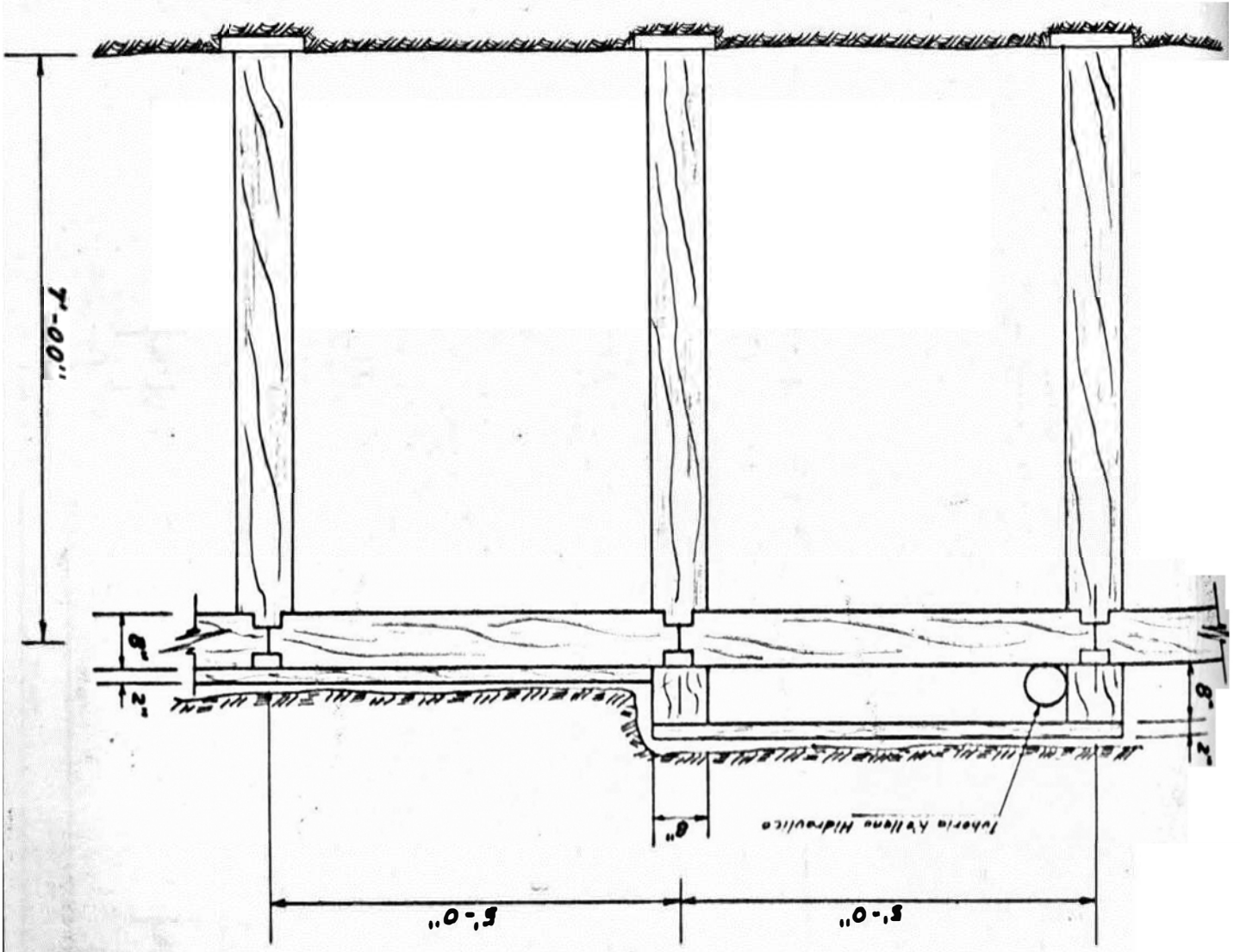
FIG. 3

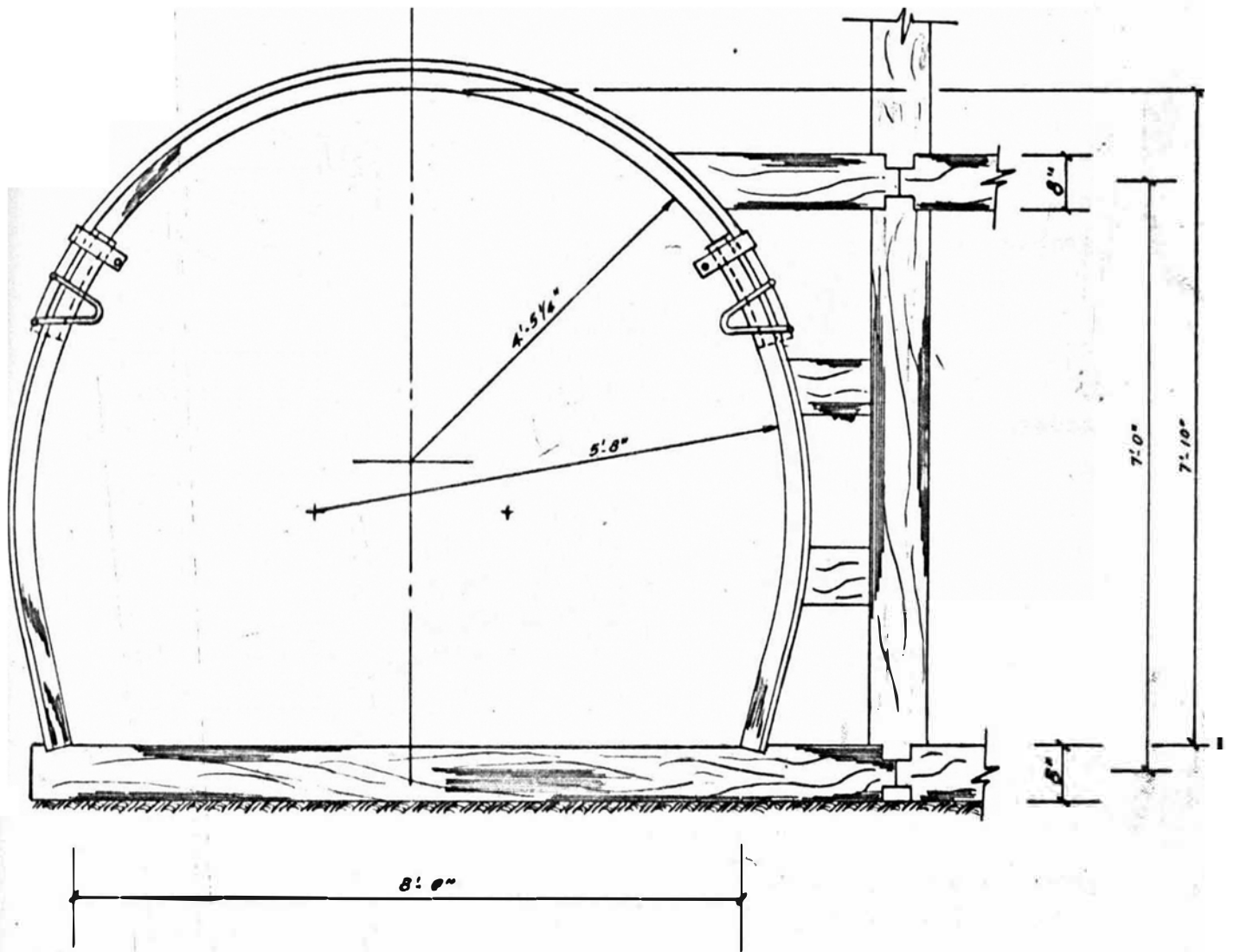
FIG 3A

FECHA: 7-4-72

ESCALA: 1/8" = 1'-0"

PREPARACION NORMAL DE UN STOP DESCENDENTE (SILL)





INICIO DE PREPARACION A PARTIR DEL ACCESO PRINCIPAL

ESCALA: $\frac{1}{2}'' = 1' - 0''$

FECHA: 7-4-72

FIG. 3B

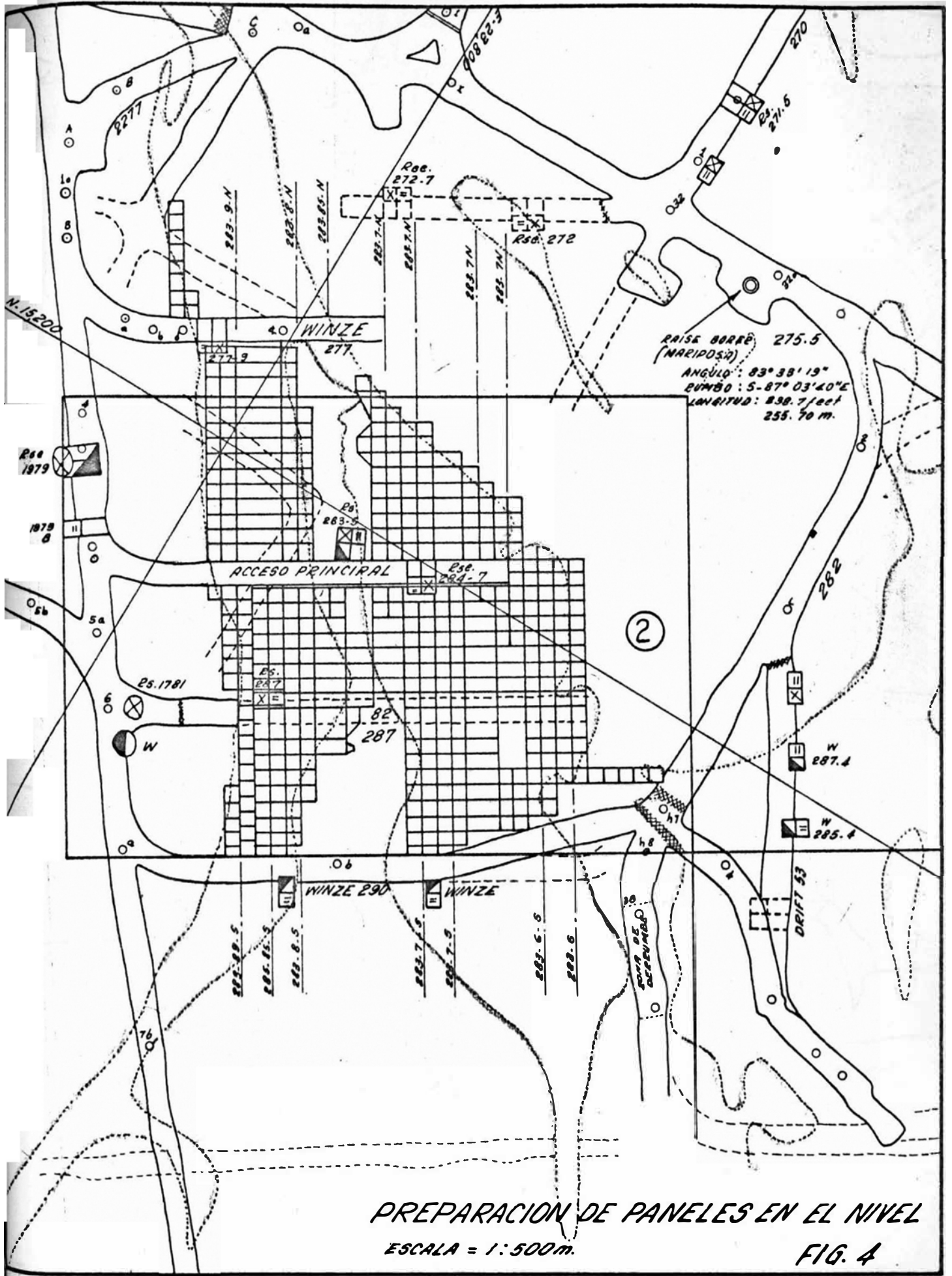
área, se va dejando winzes tanto al Sur como al Norte, de manera que cuando se termina de explotar esta área, quedarán automáticamente preparadas las extracciones de los lados Sur y Norte.

En la Fig. 4-B es otra área que ha sido panelada, obsérvese aquí que cada tajeo tiene un número distinto y éste va aumentando a medida que se avanza al Este, en la Fig. 4-C es una perspectiva de los tajeos, mostrándose la chimenea principal de extracción y un winze auxiliar que seguirá avanzando a medida que se va avanzando la explotación.

En las preparaciones de cada tajeo se ha seguido una serie de variaciones en las que cada una de ellas nos han dado buenos resultados, de manera que se puede recomendar para ser aplicado, dependiendo a la naturaleza y variación del terreno a explotar.

En la Fig. 5 se muestra un cuadro de acero usado en los sub-niveles principales de extracción, como sombrero se usa un riel de 60 libras al cual se han soldado niples en ambos extremos de tubos de 4" de diámetro x 5" de alto, en el cual se encastillará postes de tubos de 3" de diámetro programa 80, estos tubos son recuperables cuando este subnivel ha sido rellenado completamente y los cortes han pasado a 2 pisos debajo. Nótese en esta figura que para el entablado del techo se usa la misma forma de riel, sirviendo estas tablas como especie de topes que evitará que los cuadros tengan algún movimiento a lo largo del subnivel.

..///



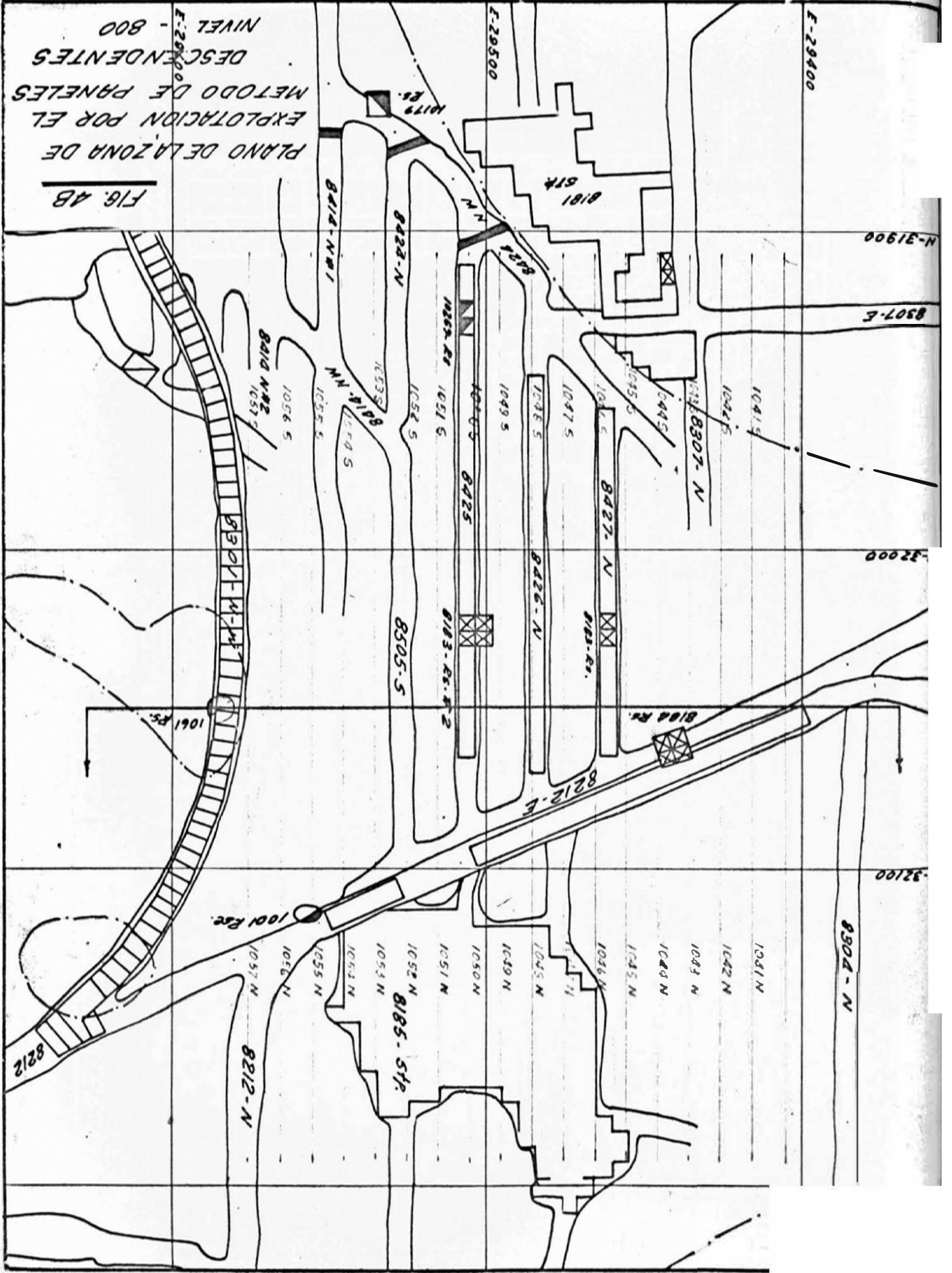
PREPARACION DE PANELES EN EL NIVEL

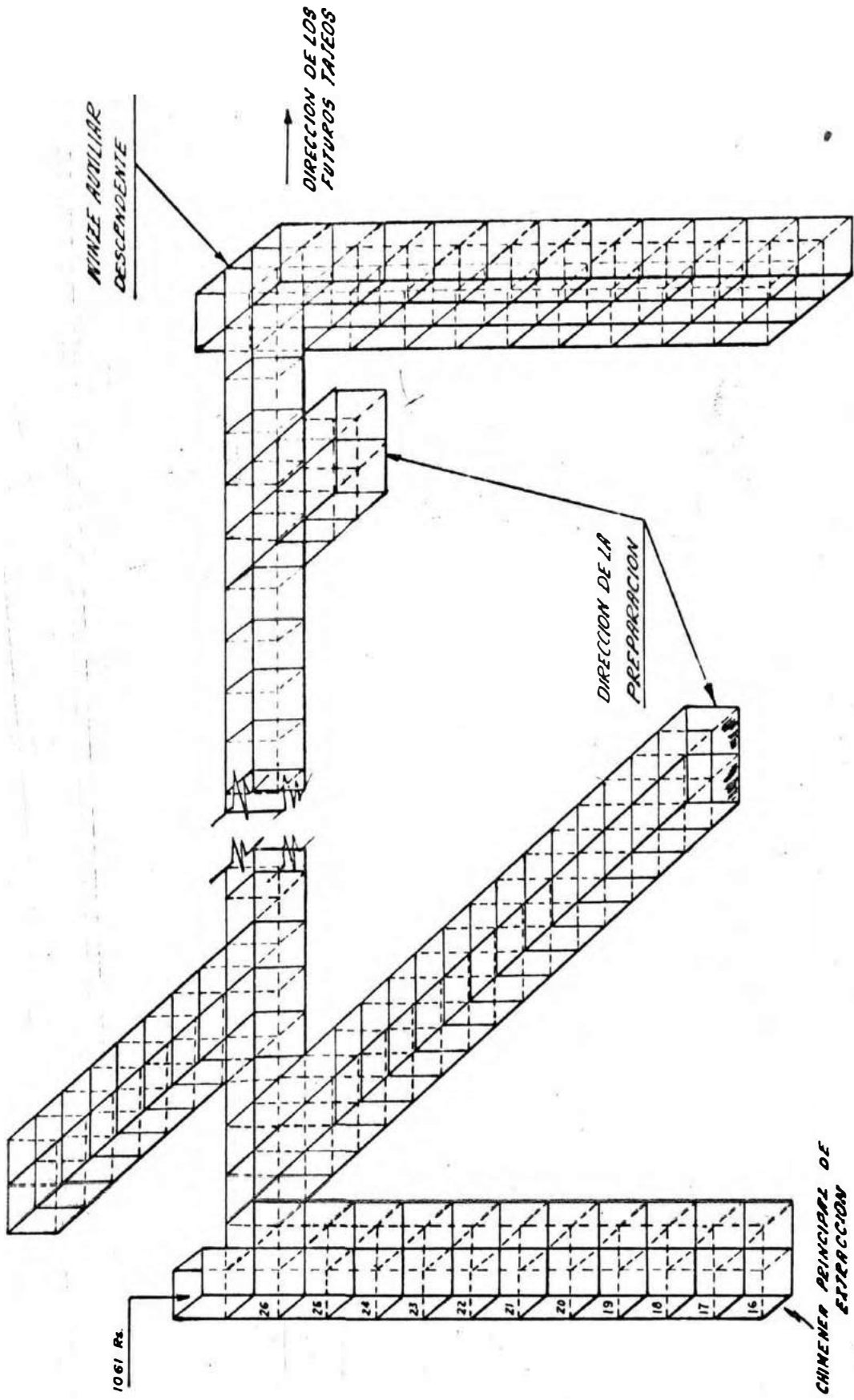
ESCALA = 1:500m.

FIG. 4

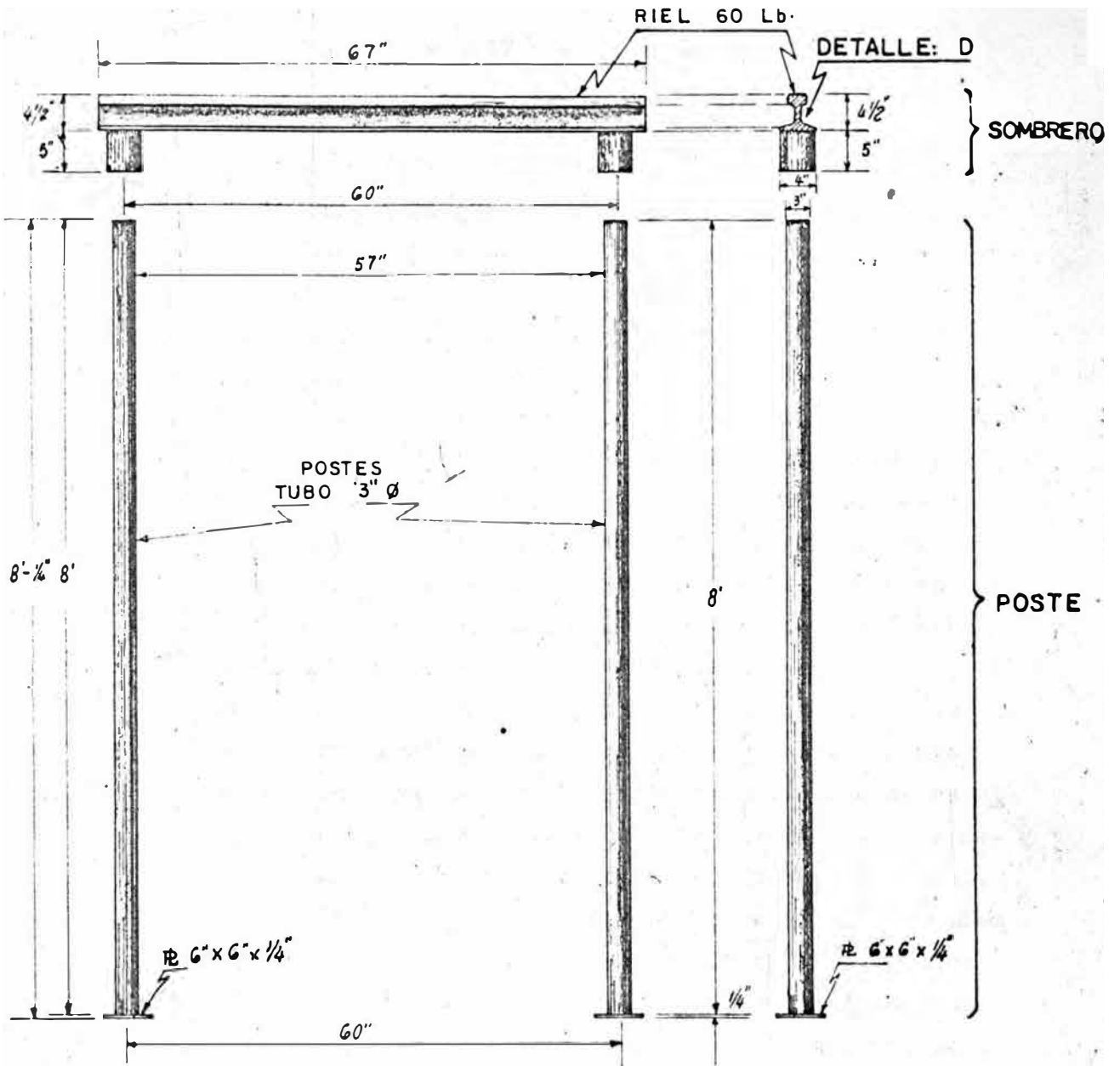
PLANO DE LA ZONA DE
 EXPLOTACION POR EL
 METODO DE PANELES
 DESCENDENTES
 NIVEL - 800
 F-260600

FIG. 4B

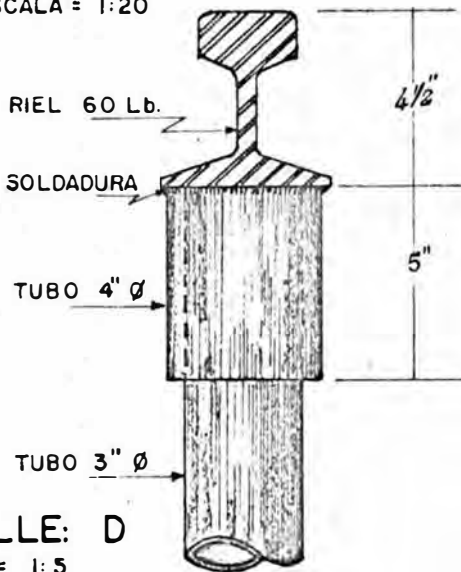




PRESPECTIVA DE LOS PANELES DESCENDENTES



ELEVACION
ESCALA = 1:20



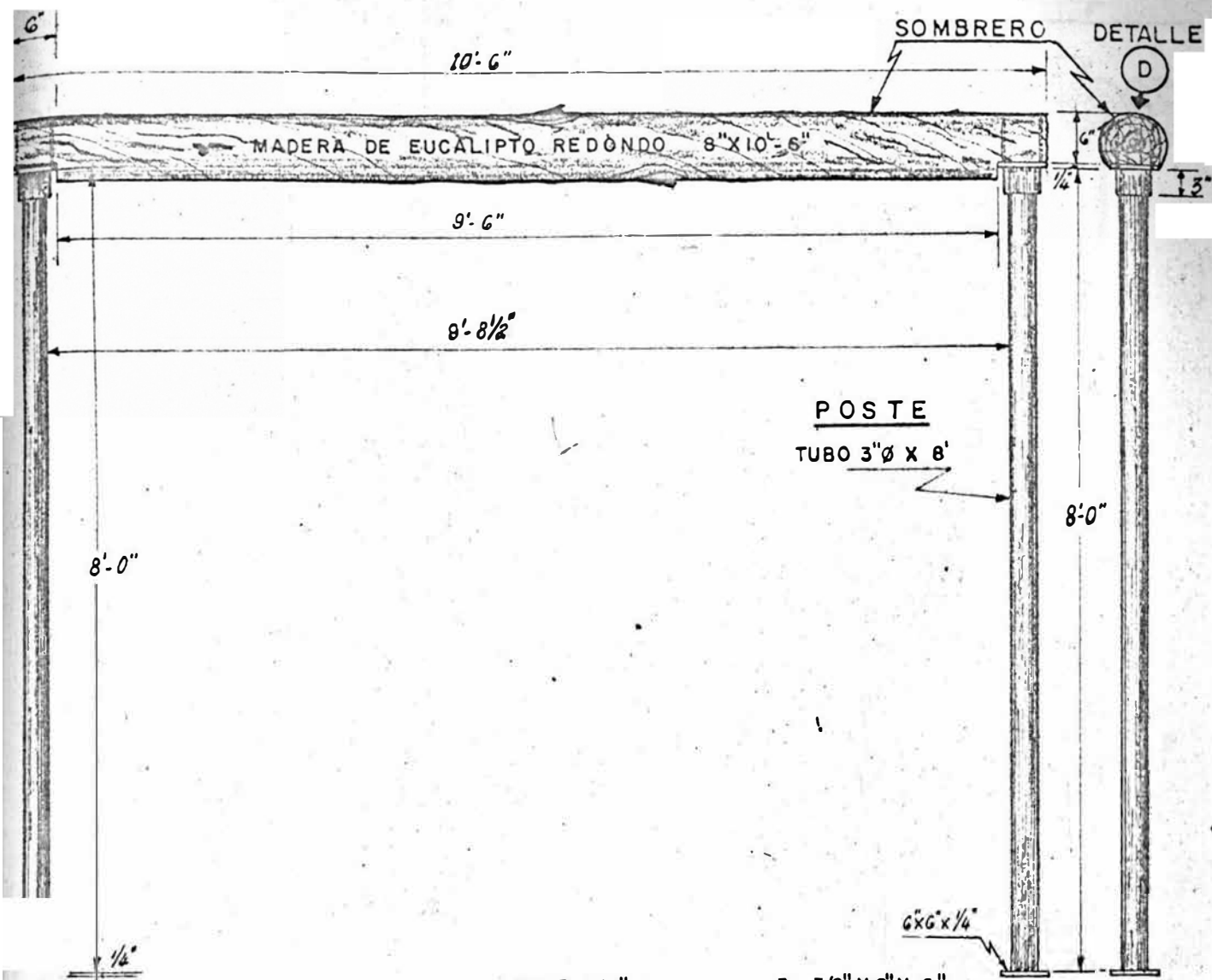
DETALLE: D
ESCALA = 1:5

FIGURA Nº 5

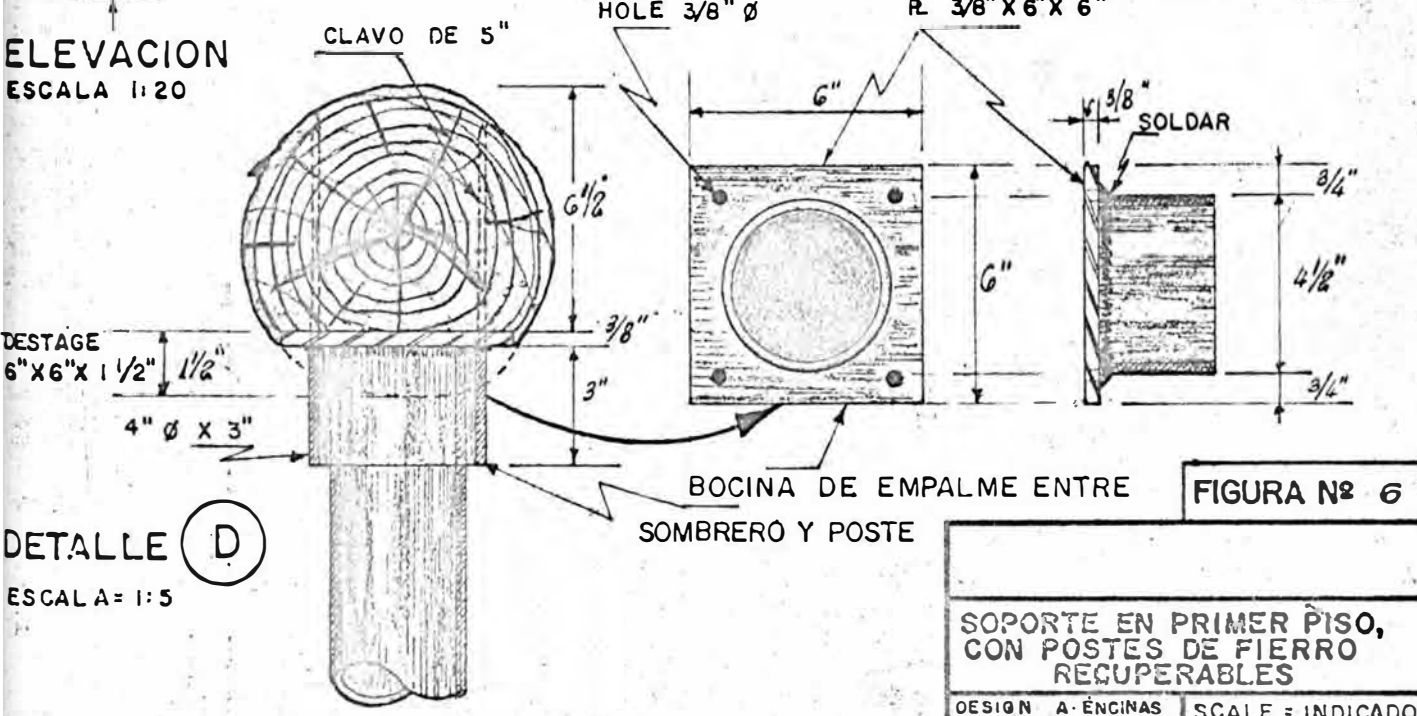
CUADRO DE ACERO PARA LA MINA
SOMBRERO Y POSTE

DESIGN	A. ENCINAS	SCALE: INDICADO
DWG.	J. Brojes	DATE: Set. 30, 1971
APP.	A. ENCINAS	

En la Fig. 6 se puede apreciar una forma de preparación cuando el terreno no es tan suelto, en lugar de usar los cuadros normales ya vistos anteriormente, se usan redondos de 10" de diámetro como sombreros, con un pequeño destaje en ambos extremos, en los cuales se clavan unas planchas, al cual van soldados nipples de 4" de diámetro y 3" de alto, los cuales servirán de casilleros para los postes de tubo que se recuperan posteriormente. Nuevamente los postes usados son tubos de programa 80. En la Fig. 6-A se muestran las formas de asegurar los cuadros mixtos, usándose ganchos especiales para que soporten los tirantes, ya que el trabajo principal es de evitar que los cuadros mixtos se inclinen. Las preparaciones que han sido efectuadas con este sistema nos han dado buenos resultados, en algunos casos el uso de marchavantes, a medida que el frente avanzaba, no ha sido dificultoso; hay que hacer notar mas bien que para el uso de estos cuadros mixtos, NO ES NECESARIO llevar el sombrero pegado al terreno pues esto nos daría una forma casi rectangular la cual produce como es sabido, una zona de grandes concentraciones de fuerzas de tensión que obligan a flexionarse al sombrero y a pandearse al poste, lo cual se ha evitado con muy buenos resultados con un ligero arqueamiento del techo, aún sobrepasando la altura de los postes, esto nos facilita también el proceso de relleno, ya que los nipples de las tuberías de relleno se pueden colocar más alto que los sombreros y poder lograr así un relleno bastante uniforme.



ELEVACION
ESCALA 1:20

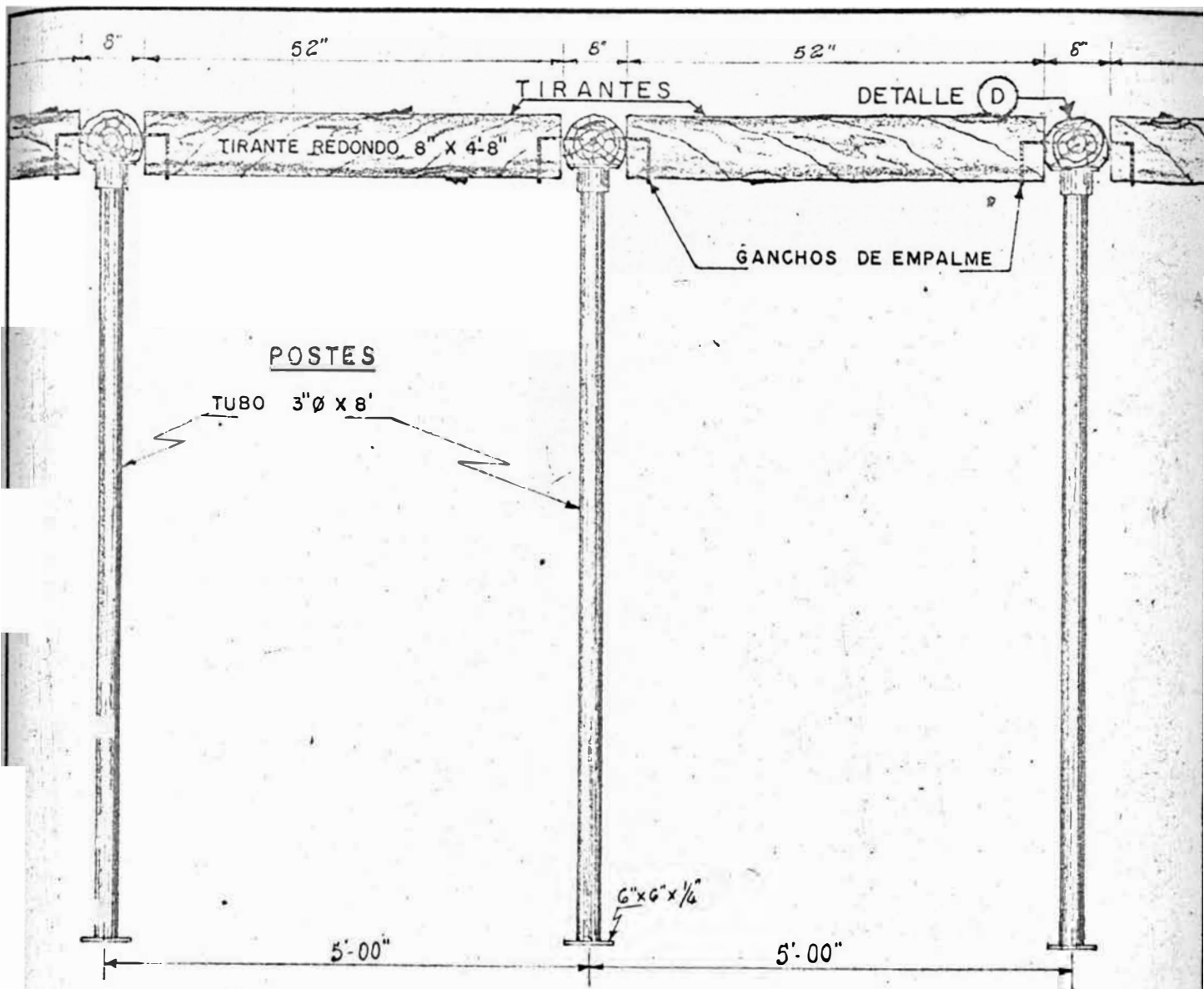


DETALLE (D)
ESCALA = 1:5

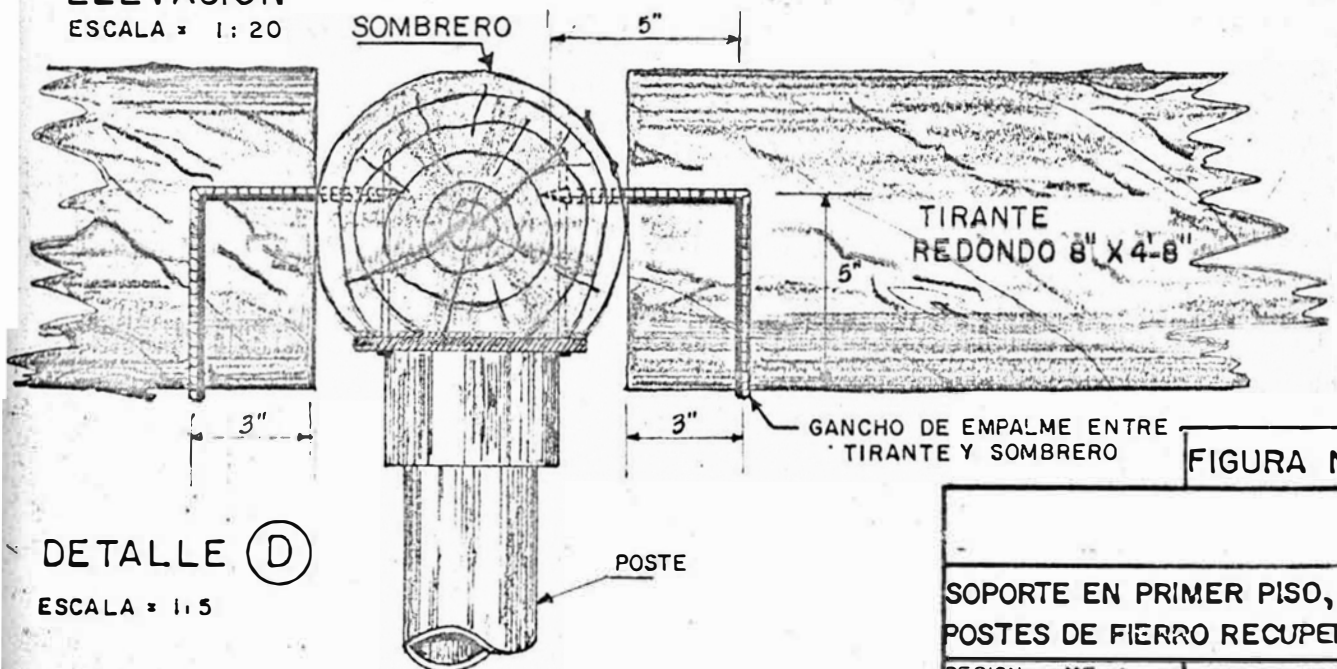
FIGURA Nº 6

SOPORTE EN PRIMER PISO,
CON POSTES DE FIERRO
RECUPERABLES

DESIGN	A. ENCINAS	SCALE = INDICADO
DWG.	J. BRAÑES CH.	DATE: DIC. 18, 1971
APP.	A. ENCINAS	



ELEVACION
ESCALA = 1:20



DETALLE (D)
ESCALA = 1:5

FIGURA Nº 6A

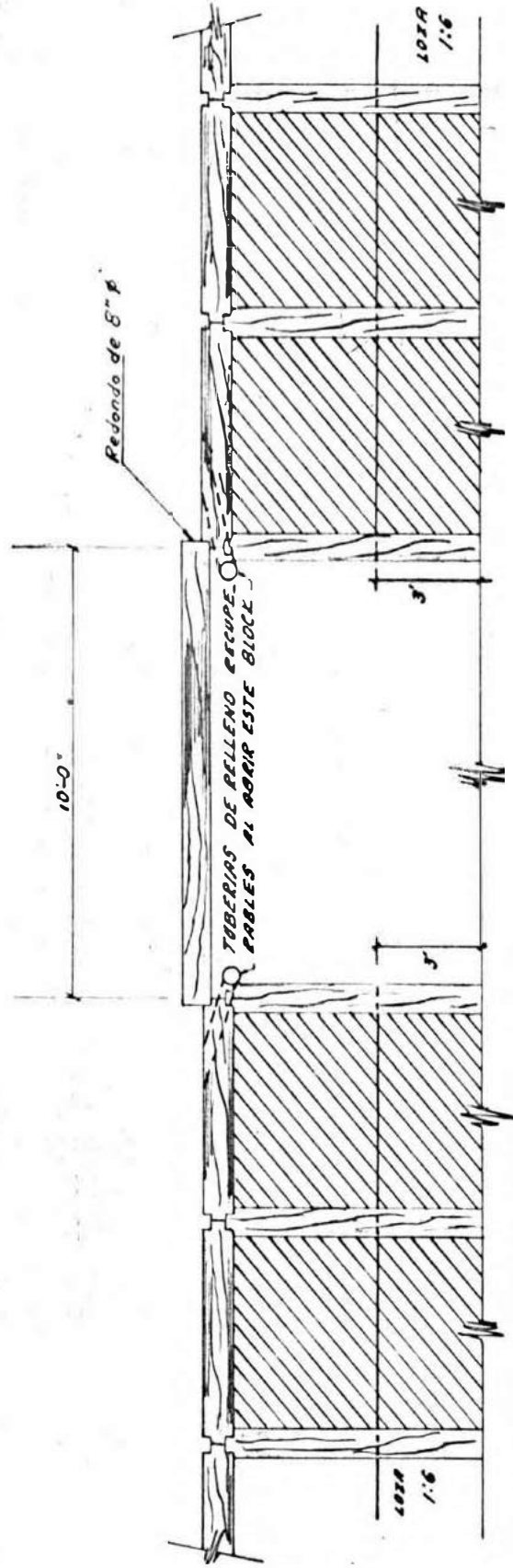
SOPORTE EN PRIMER PISO, CON
POSTES DE FIERRO RECUPERABLES

DESIGN	A: Encinas	SCALE: INDICADO
DWG.	J. BRANES CH.	
APP.	A. ENCINAS	DATE: DIC. 20, 1971

En la Fig. 6-B se puede observar el corte transversal de un panel en el cual se muestra la secuencia de preparación, aquí se han preparado los paneles de 10' dejando pilares de 10', los cuales se preparan después de haber rellenado los dos anteriores, observese que los tubos de relleno se recuperan en esta última fase y se colocan los tubos en los pilares en la parte inferior de la preparación, usándose niples para llegar al techo. Estos tubos se recuperan también cuando la secuencia de explotación llega a esta altura.

En todas estas clases de preparaciones que se han efectuado con éxito y de acuerdo a la naturaleza del terreno, es necesario hacer subniveles ó galerías pequeñas en cada preparación de manera que los costos suban ó por lo menos se asemejen al costo de desarrollos porque en realidad cada uno de ellos es un fronton mas. En la Tabla I se muestra variaciones de costos de acuerdo a los tipos de preparación.

El último proceso de explotación que se ha llegado con singular éxito, sugirió también una forma especial de preparación, lo cual se muestra en la Fig. 7, a esta forma de preparar se le ha llamado "Preparación continua de Paneles" ya que sólo se hace el primer subnivel con cuadros y después con simples desquinches se van armando filas de cuadros paralelos hasta completar tres filas, aquí se procede a preparar dos filas para relleno, dejando una fila vacía; en la cara libre de la



CORTE TRANSVERSAL DE UN PANEL SECUENCIA DE PREPARACION

ESCALA : 1/4" = 1'-0"

FECHA : 7-4-72

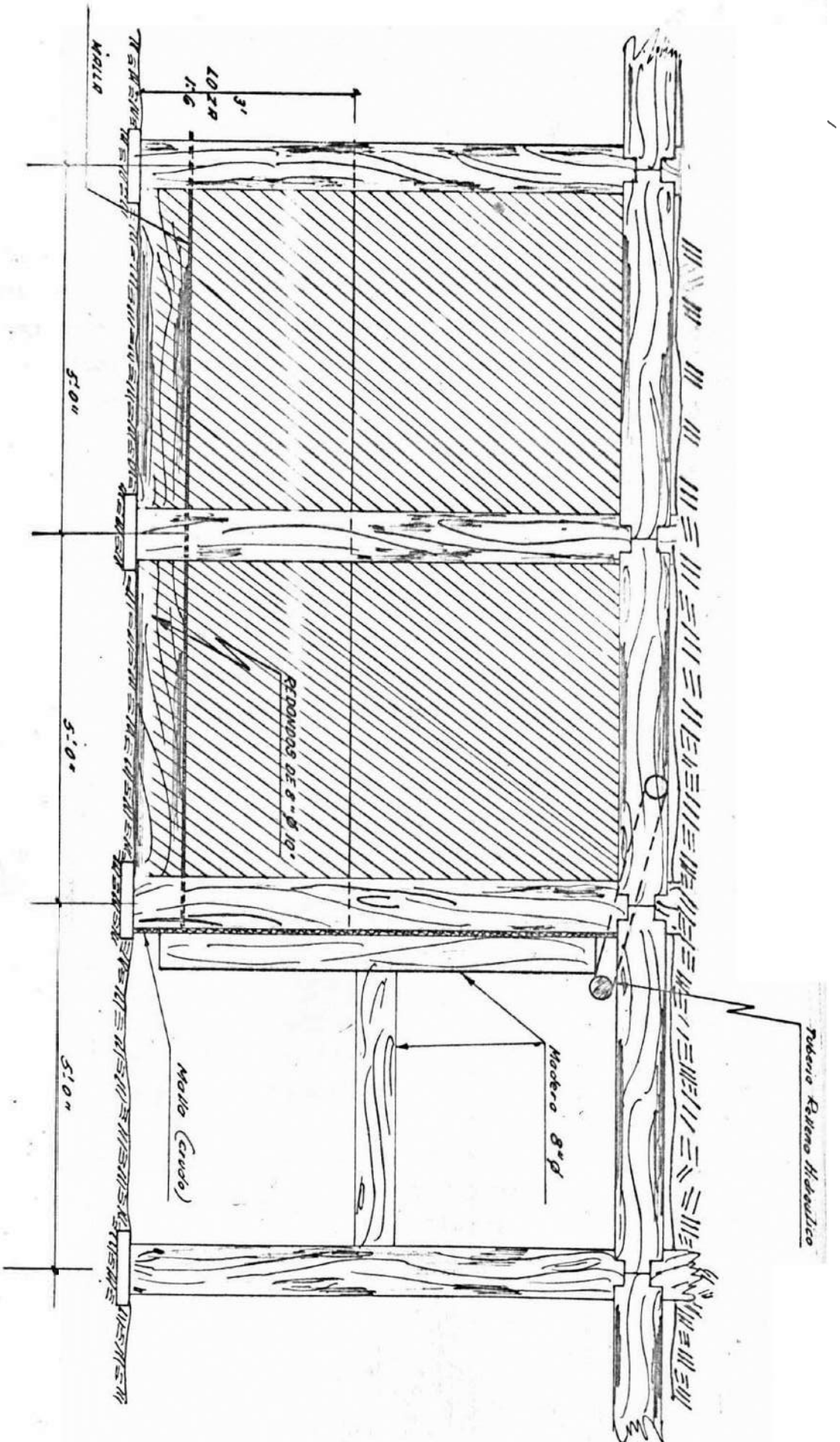
FIG. 6B

COSTOS COMPARATIVOS EN PREPARACIONES PARA TAJEOS

Dimensión de la Preparación = 10' x 7' x 100'

TCS 700

	PILARES	PANELES Normal	PANELES Continuados	OBSERVACIONES
Mano de Obra	120 tareas x 397.00 = 47,640	110 tareas x 397.00 = 43,670	60 tareas x 397.00 = 23,820	Las tareas han sido calculadas tomando en cuenta beneficios sociales e indirectos.
Madera	Postes 63x85=5,355 Sombreados 42x80=3,360 Tirantes 60x80=4,800 Redondos	42 x 85 = 3,570 28 x 80 = 2,240 40 x 80 = 3,200 7 x 100 = 700	63 x 85 = 5,355 42 x 80 = 3,360 60 x 80 = 4,800	Se ha tomado como promedio la preparación de 20 tajeos en ambos casos.
Explosivos	Cartuchos 2400 =5,603 Capsulas 300 195 Gufas 3000 =1,540	1800 = 4,212 300 = 195 3000 = 1,540	1200 = 2,808 200 = 128.20 1600 = 780	En los paneles continuados, como los diámetros son sólo de quinches, el costo baja casi a la mitad.
Otros	Barrenos 3,115 Varios 13,240	2,492.44 10,008.00	1,869.33 8,700.00	Se incluye aire comprimido, transporte del material y jale del mineral.
TOTAL	84,640.00	71,827.00	51,620.00	



PREPARACION CONTINUA DE LOS PANELES

ESCALA : $1/2" = 1'-0"$

FECHA : 7-4-72

FIG. 7

segunda fila, se pone malla de 4 x 4 para contener el relleno, forrado con yute ó poliyute; después de rellenado se prosigue el desquinche de dos filas y nuevamente se prepara para relleno y así sucesivamente hasta terminar el área que se va explotar, en esta forma se ha logrado una eficiencia mínima de 10 toneladas por hombre, lo cual significa que cada guardia de trabajo ha empleado dos hombres para perforar, disparar, limpiar el mineral y luego armar en cuadro, es decir, el ciclo completo. La malla que se ha puesto para contener el relleno es recuperada antes de preparar para relleno las dos filas subsiguientes, de manera que el aumento del costo es sólo de la mano de obra en la preparación adicional, que compensa a la velocidad de avance, que como se comprende es sólo desquinces posteriores, esto por supuesto ya no se puede llamar subnivel ni galería. La colocación de la tubería de relleno es mucho más fácil ya que se cuelga en el cuadro que se deja vacío, la cual se recupera al terminar las 2 filas anteriores.

7. ENMADERADO

El desarrollo de un sistema completo de enmaderado que logre reunir los requisitos básicos y de sostenimiento, economía y rapidez en este nuevo método de tajeo, fue una de las consideraciones de primera importancia y la llave principal para el éxito ó fracaso del sistema. La amplia experiencia adquirida por muchos años de trabajo en tajeos

//...

por cuadros, ha sido predominante para el cambio de sistema y para el diseño de una cama de madera que soporte el peso del material acumulado, esto por supuesto basado en nuevos conceptos, los cuales deben reunir las siguientes consideraciones:

- 1) Un sistema de enmaderado y aún el uso de malla, las cuales deben contener el relleno y a la vez proveer adecuado soporte.
- 2) Que sea un método muy simple de repetición.
- 3) Un sistema que reduzca el consumo de madera, comparado con los tajeos por cuadros, y que sea más fácil de construir.
- 4) Debe anular el sistema secundario de sostenimiento tal como el encribado y entablado.
- 5) Debe usarse madera no labrada, ya que esto, además de económico, evita el uso de madera de alto costo y por supuesto personal adicional en el preparado.

Muchos métodos para establecer las causas para preparaciones de relleno han sido experimentados, tanto en la recuperación de pilares como en los panelados actuales, pasando por el uso de longarinas pesadas hasta el uso de malla, redondos y cemento que pueda proveer el adecuado sostenimiento; en las siguientes páginas se explica cada uno de los sistemas, los cuales pueden usarse en lugares en que no hayan las facilidades necesarias para el uso de cemento.

En la Tabla II siguiente, se puede apreciar el consumo de madera en la comparación con los métodos de cuadros y tajeos de corte y relleno en pilares y paneles.

//...

CONSUMO DE MADERA - CUADRO COMPARATIVO

Dimensiones del Tajeo: Ancho 15'
Alto 12'
Largo 100'

TCS 1980

TAJEOS POR CUADROS				CORTE Y RELLENO DESCENDENTE				
Dimensiones	Piezas	No	Precio		Sin Cemento		Con Cemento	
			c/u	Total	c/u	Total	Piezas	No
Postes	8" x 8" x 7'	144	85.00	12,240.00				
Sombreados	8" x 8" x 5'	102	80.00	8,160.00				
Tirantes	6" x 8" x 5'	80	80.00	6,400.00				
Longarinas	5" x 10" x 15'				950.00	22,800.00	1,600	
Redondos	8" ø x 10'	100	75.00	7,500.00	75.00	6,068.00	3,280	21
Redondos	8" ø x 12'				90.00	2,520.00	1,477	32
Tablas	2" x 6" x 5'	350	11.25	3,937.00				
TOTAL				\$38,237.00		\$31,388.00		\$4,455.00

Como se puede apreciar, las diferencias en costos de madera no es muy grande, sin embargo, estas se pueden apreciar mas adelante con los cuadros explicativos en costoso

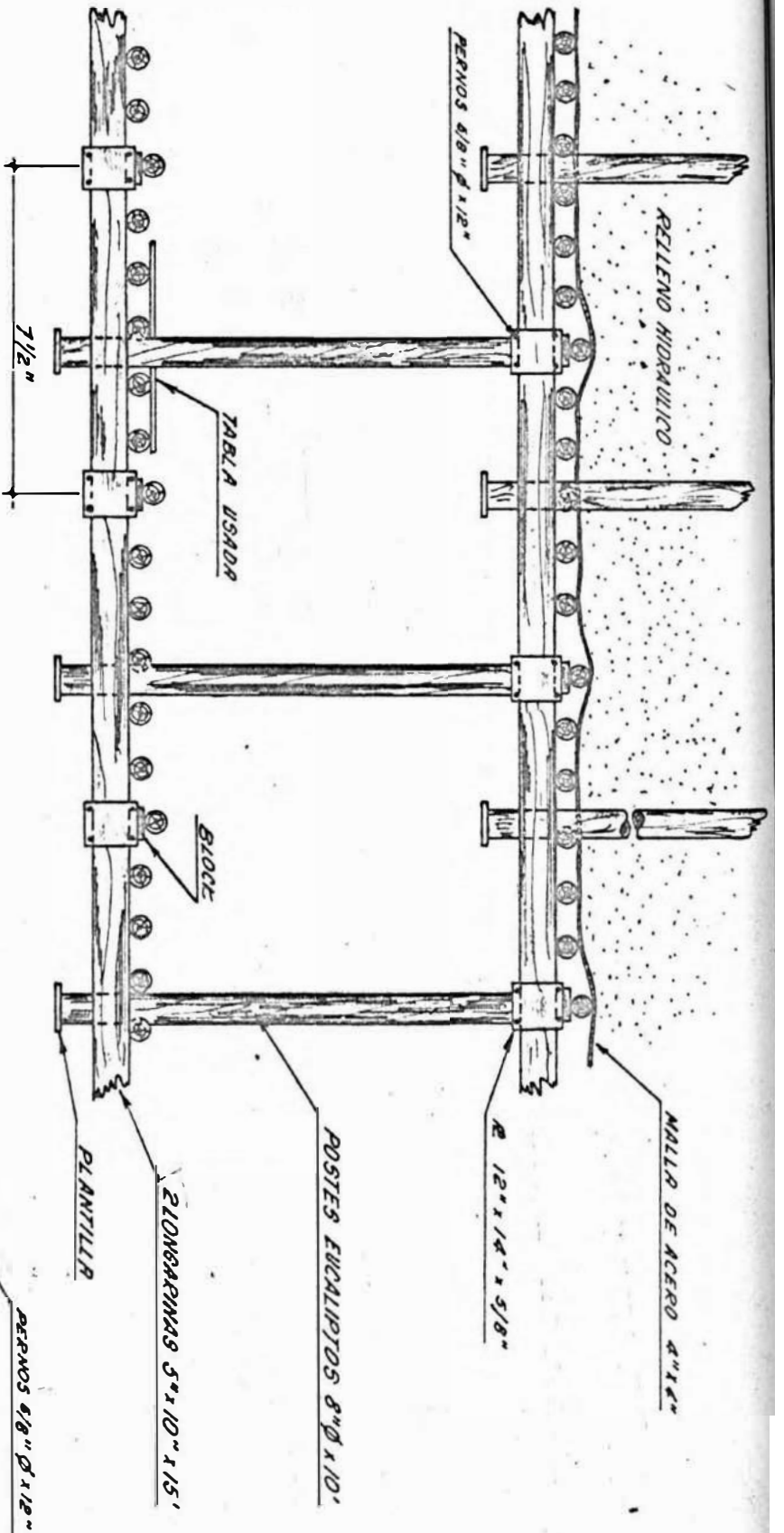
8. PREPARACION PARA RELLENO

Nuevamente tenemos que diferenciar la forma de preparar para relleno, de acuerdo al sistema y a los materiales que se utilizan, para esto es necesario explicar los pasos que se han seguido hasta llegar al sistema actual.

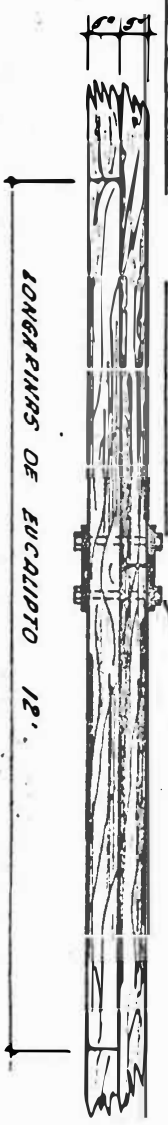
8.0 Preparación para relleno en pilares sin uso de cemento.-

Este ha sido el primer paso llevado a cabo en la recuperación de pilares, se puede utilizar en cualquier mina que no tenga las facilidades de uso de cemento pero que tenga relleno hidráulico ó cualquier material que pueda reemplazarlo, los pasos a seguir son:

- 1) Se colocan dos longarimas de 5" x 10" x 12' a todo lo largo del tajeo a ambos lados, separándose entre sí un máximo de 6' de manera que se obtengan vigas de soporte de 10 x 10 (ver Fig. 8), estas vigas son colocadas en forma alternada de manera que haya una viga contínua y otro las 2 uniones, para mantener el entablado se usan planchas de 12" x 14" y 5/16" de espesor, estas 2 planchas son empernadas con 4 pernos de 5/8" x 12", 2 pernos en la parte superior y 2 pernos en la parte inferior, como se puede observar en la Fig. 8, las planchas han sido colocadas cada seis pies, por lo tanto ellos forman su



VISTA DEL TAJEO EN SECCION FIG. N° 8



propio casillero en el cual es colocado el poste cuando se inicia el corte inferior. Cuando las longarinas han sido ensambladas, estas se clavan entre las uniones con clavos de 7", posteriormente estas longarinas son bloqueadas entre sí cada 6' de distancia y de las vigas así formadas a las paredes de los tajeos antiguos, además se colocan piezas de madera encima de las longarinas y al medio de las planchas para que estas sean recuperadas posteriormente, cuando las vigas han sido fijadas y puestas en su lugar, se comienza a colocar la cama que soportará el relleno; este consiste de redondos de 8 pulgadas de diámetro, cuando la luz entre longarinas es de 6' y cuando pasa a 8' de luz, se colocan redondos de 10" de \varnothing ; estos redondos son colocados a su vez junto a las paredes del tajeo como se pueda, para evitar que el relleno se pase por los costados cuando el corte debajo de las camas se inicie. Posteriormente, se usó tablas de montaña de 2" x 10" x 12' en lugar de las longarinas de eucalipto, este cambio por supuesto nos significó mayor economía y rapidez, siendo el

transporte más eficiente, ya que el peso es mucho menor, la única gran diferencia fué que al usar los postes de eucalipto debajo de las vigas, estos se incrustaban en las tablas y por lo tanto tuvo que usarse plantillas de 2" de espesor en la parte superior de los puntales, para evitar que se incrusten los postes en las vigas. Esta forma de preparación resulta también más eficiente ya que en lugar de usar planchas y pernos para las uniones de las tablas, se usan clavos de 6" clavándose cada 2 tablas unas a otras. Nuevamente aquí estas tablas se desplazan entre sí, de manera que no haya mas de dos uniones en la viga que significan los puntos débiles del sotenimiento. Ciertas variaciones en la preparación de las camas se han sucedido empleándose mallas cuyos reticulados son de 2" x 2", los cuales sólo evitan el uso de la mitad del número de redondos y a la vez ayudan a fortalecer el rozamiento entre la cama y las paredes de otros tajeos ya rellenos ó de pilones no extraídos, utili-

zando parte de las presiones horizontales (ver Apéndice I) como una ayuda para los soportes de los tajeos. La experiencia nos ha demostrado que la mejor forma de colocar estas mallas son a través del tajeo, sobrepasando el piso $\pm 3'$, este sistema es un poco laborioso pero da excelentes resultados, mientras que si los colocamos a lo largo no hay mucho rozamiento y por lo tanto las presiones horizontales son nulas.

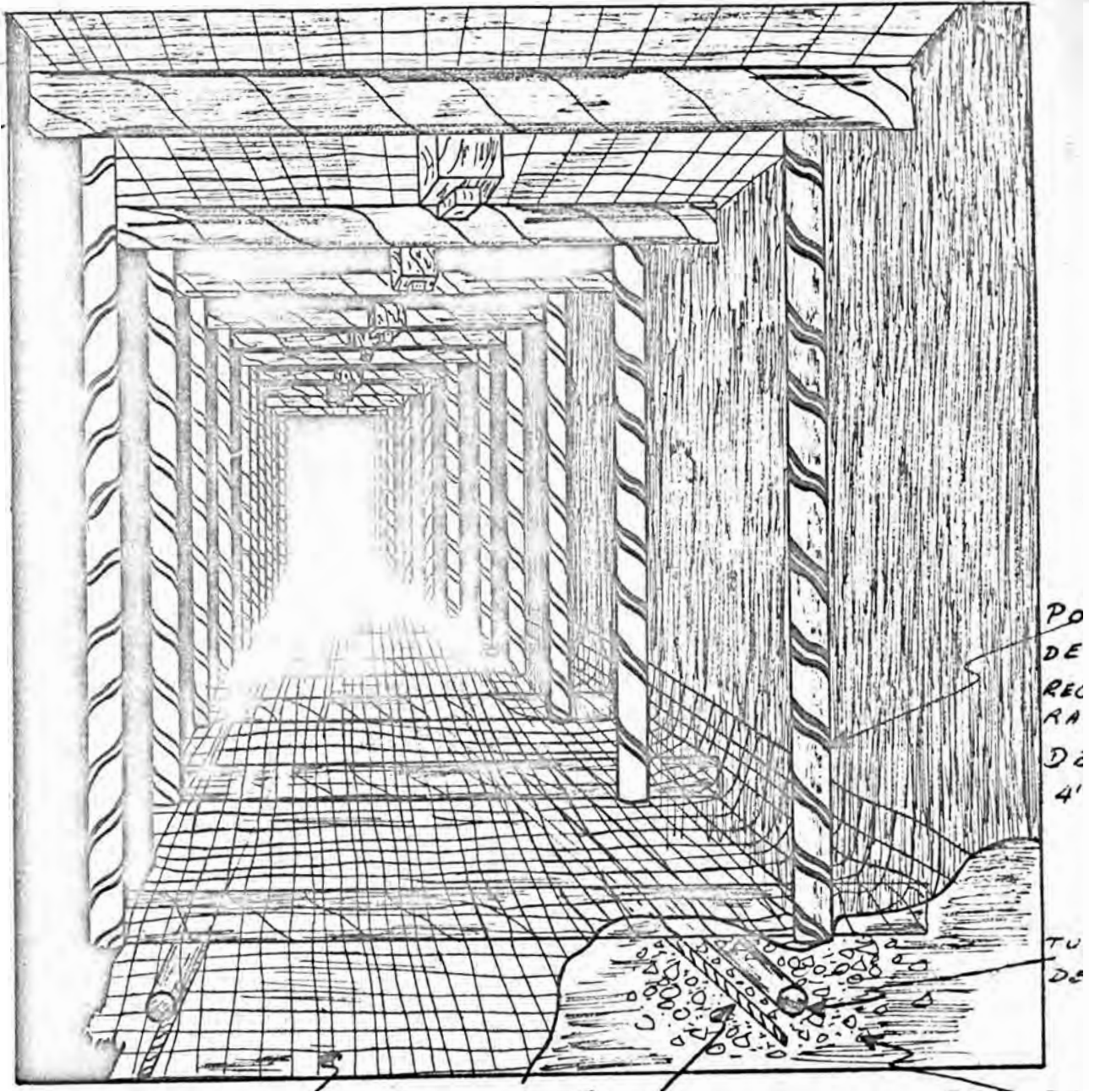
8.1 Preparación en pilares con uso de cemento.-

La imperiosa necesidad de rebajar al máximo la mano de obra ya que esta aumenta año tras año y debido a los buenos resultados de la mezcla de lama con cemento, en otras minas, sobre todo en los tajeos de cámaras y pilares en los Estados Unidos y Canadá, se implantó en Cerro, en forma experimental primero, haciéndose las mezclas en forma manual, que luego se cambió al mezclado mecánico, necesitándose para esto de la instalación de una planta completamente automática.

La preparación es más simple y no necesita de longarinas; los siguientes pasos (ver Fig. 9) se deben tomar para preparar para relleno:

- 1) Se nivela el piso, cuidando de dejar por lo menos 6" de mineral roto.

//...



MOLLA DE
ALAMBRE 4" x 4"

MINERAL
ROTO
DEBE CUORIR
EL TUBO DE
R/H.

TAJEO LISTO PARA RECIBIR EL
RELLENO HIDRAULICO

FIG. N° 9

- 2) Se tienden cables usados a lo largo y a los lados del tajeo, los cuales servirán para instalar ganchos especiales para rastrillar.
- 3) Se tienden los tubos de relleno hidráulico, los cuales van cubiertos con mineral para evitar que se concrete cuando la mezcla se vacee sobre ellos.
- 4) Se colocan redondos de 8" de diámetro x 10' de largo separados entre sí cada 6'.
- 5) Se colocan mallas al través, de la misma forma que en la preparación anterior.

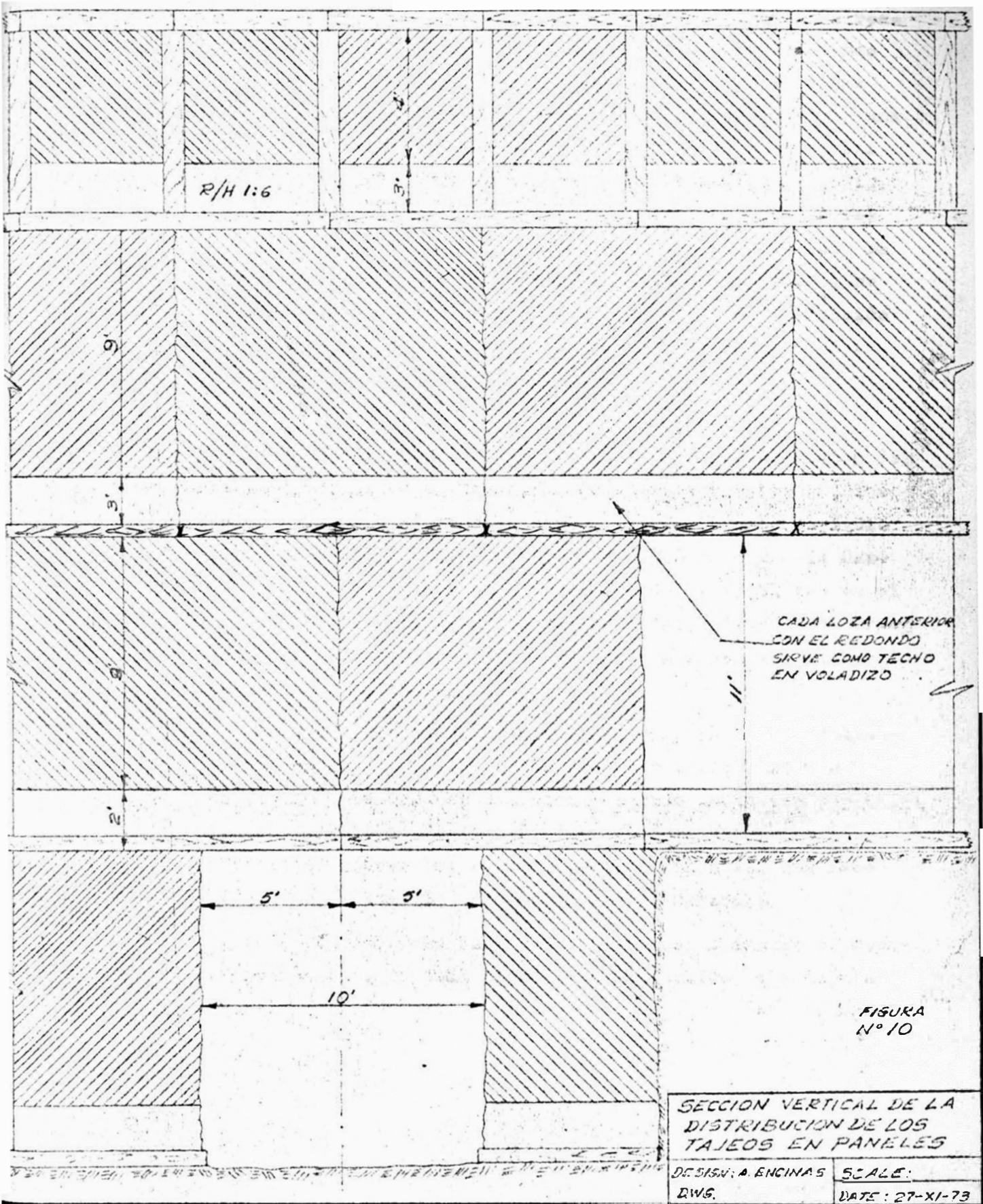
Esta forma de preparar es mucho más rápida, eficaz y segura para los futuros trabajos de explotación, para un mismo tajeo de las dimensiones 10' x 10' x 100' se aumentó a 12' x 12' x 100', es decir el 20% más en rotura debido a la seguridad que nos da las lozas de relleno (ver Apéndice I).

8.2 Preparación de tajeos en paneles.-

Cuando el sistema de explotación se va a realizar en forma alternada (ver Fig. 10), se procede en la misma forma que en los pilares, teniendo cuidado que los redondos de las camas tengan una misma dirección (Apéndice II).

//...

TRABAJOS ANTIGUOS



SECCION VERTICAL DE LA DISTRIBUCION DE LOS TAJEOS EN PANELES

DR. SISO: A. ENCINAS
DWS.

SCALE:

DATE: 27-XI-73

Por último, las preparaciones más simples se realizan en el método más sofisticado que le he llamado "Michi", aquí las preparaciones se efectúan en forma distinta, no necesita cama de redondos, sólo dejar una cama de mineral de $\pm 6''$ de alto luego se tienden las mallas, pero a lo largo del tajeo (ver foto # 2, Fig. 11), si es posible tender las mallas con separadores de $4''$ de alto, para que la mezcla cubra la malla. En zonas en que el cuerpo mineralizado es muy suave, se colocan redondos cada $6'$ a lo ancho de la preparación y a lo largo dejando una luz de $5'$ (ver Fig. 11-A).

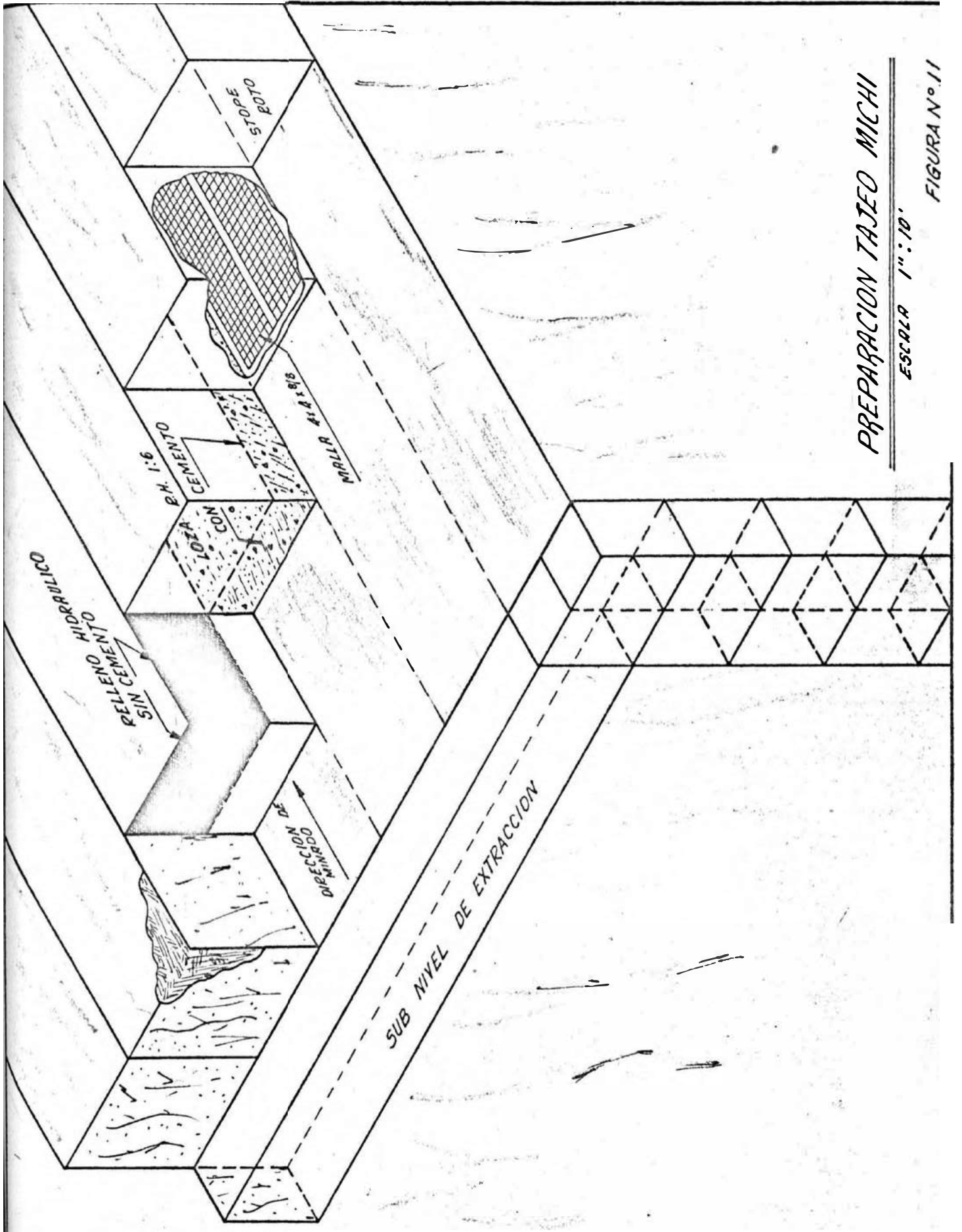
9. RELLENO DE LOS TAJEOS

En el Apéndice III, se presentan generalidades del relleno hidráulico en las minas de Cerro y Yauricocha, los cuales usan este sistema de explotación. En este capítulo sólo trataré de detallar el sistema usado en Cerro de Pasco, en cada tajeo, que ha sido preparado para relleno en el cual el método sea de tajeos descendentes. El relleno entonces de cada corte en un tajeo es esencialmente una operación de llenado completo.

Un requisito indispensable para el buen resultado del método es el relleno usado que debe estar colocado lo más pegado a la cama de redondos del piso inmediato superior; para esto, sólo el Relleno Hidráulico ó el neumático (Tipo Yauricocha) reúnen los requisitos indispensables que hacen posible la continuación del método que se describe.

Sabemos que cada material tiene un ángulo de reposo determinado, lo cual el Relleno Hidráulico no escapa a esta ley, por lo tanto un tajeo horizontal es teóricamente

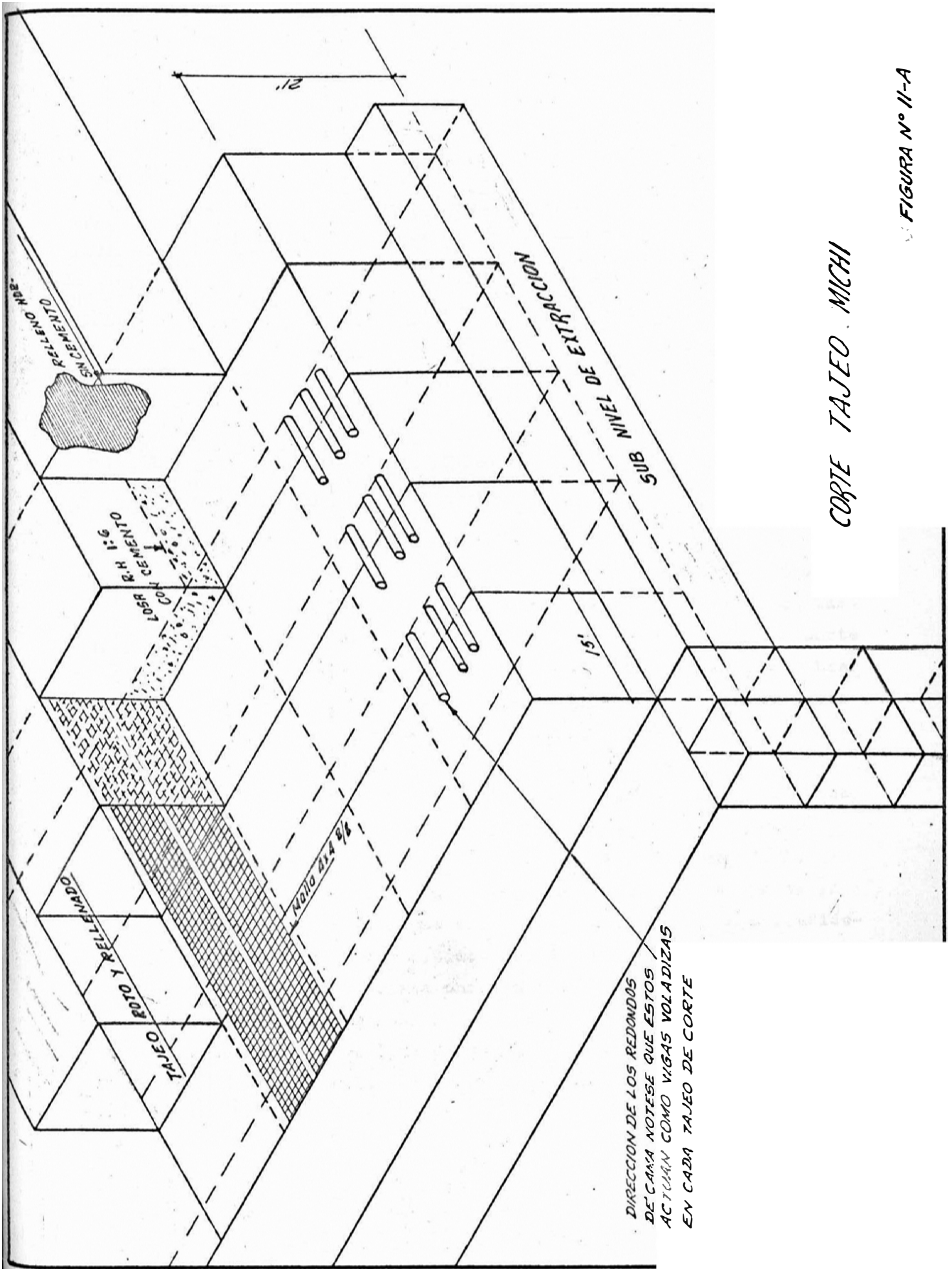
//...



PREPARACION TAJEO MICH

ESCALA 1" : 10'

FIGURA N° 11



CORTE TAJEO MICHI

imposible rellenarlo sin dejar espacios vacíos. Para determinar el ángulo de reposo de los avances producidos por los relaves, depositados en un flujo libre, se utilizaron los tajeos de Corte y Relleno ordinarios (tajeos por arco) introduciendo el relleno en un extremo y decantándolo en el otro extremo, siendo este último lado el lugar de drenaje principal; todas las observaciones nos dieron un promedio de 3.5 por ciento de gradiente; esta gradiente nos determina en realidad el ángulo de inclinación del tajeo ó de lo contrario la distancia mínima que debemos colocar los tubos de relleno, los cuales se describen más adelante, cuando comenzamos a rellenar con tajeos inclinados a menos 3.5% se construyeron Winzes ó chimeneas de observación a cada 30' de distancia, para estar seguros que cuando se rellena por un lado, el otro extremo debe necesariamente estar relleno al tope, estas chimeneas de observación también fueron rellenas. Después que el subsiguiente corte era terminado, entonces se vaciaban las chimeneas de observación, constatándose que el relleno llegaba a sobrepasar 6 1/2" la altura de los redondos que servían de cama, llegando al caso de estar completamente pegado a la malla de alambre (ver Fig. 6-12). La dificultad más grande que se encontró fué mantener la gradiente de los tajeos en -4% en general, ya que como se comprende es muy difícil; 1º conservar esta gradiente, 2º que la eficiencia de la wincha de arrastre se mantenga, sin embargo, baja considerablemente, y por último, cuando se usa cemento, las lozas no parecen ser nunca uniformes, por el cual se ideó una nueva forma de relleno. De todas formas hay que hacer notar que cuando los tajeos usan longarinas y redondos, es mejor para rellenar; aunque se han usado con relativo éxi-

//...

to tubos de madera colocados a 30' de distancia unos de otros (Fig. 12-A), estos tubos se colocan al piso mismo del tajeo a rellenar, tapándose con una tabla de 1" de espesor y 12" x 12" de manera que el relleno es vertido en estos tubos que al chocar con la tabla que taponea la continuación de los tubos de madera, llegan a rellenar el tajeo por completo, posteriormente cuando se requiere volver a usar el tubo, primero se desatora la lama que ha ingresado al tubo, una vez que ya ha llegado a la tabla de 1", se coloca medio cartucho de dinamita y se vuela, con este se vuelve al proceso de rellenado, éstos tubos se usan para no darle al tajeo la inclinación del -4%.

El sistema actual de relleno puede subdividirse en dos partes, la primera para relleno en recuperación de pilares y la segunda para relleno en paneles, en cualquier caso, el uso de crudo sintético es indispensable para el drenaje del agua. Algunas veces se usan enrejados de tablas de 2" x 6" x 60", dejando una luz de 2" entre tablas, el crudo sintético se coloca encima de la tabla, por lo general a 7' más lejos de la extracción y a ambos lados del tajeo para evitar posibles escapes de la lama. El uso del crudo sintético ha sido adoptado porque es más resistente a los ácidos y a las presiones hidráulicas.

El Sistema de Relleno en Recuperación de Pilares.-

Partiendo de la línea principal de relleno, se coloca dos líneas de tubos de 4" \varnothing (ver Fig. 13-A, B, C), en cada línea se conectan 2 tees también de 4" de diámetro los cuales tienen al final del

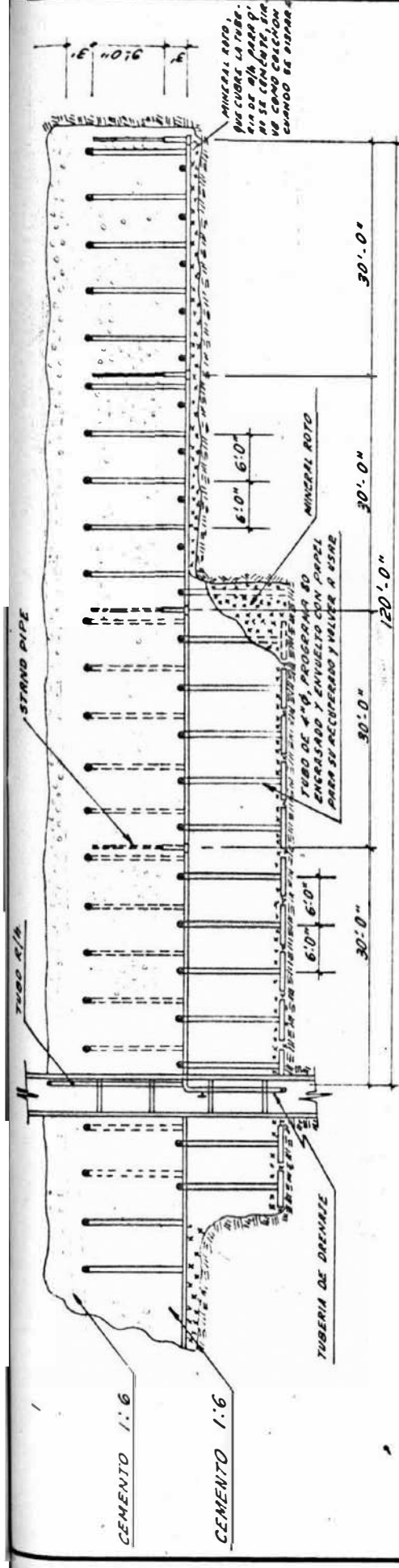


FIG. 13

SECCION - SISTEMA DE RELLENO HIDRAULICO
ESCALA - 1" = 200'

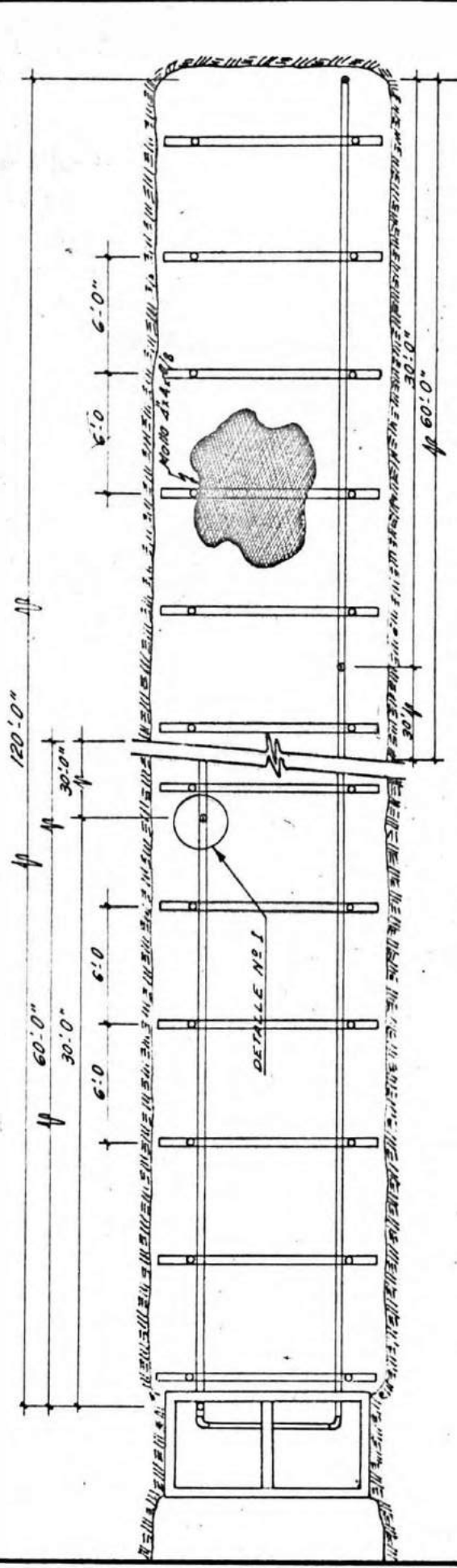
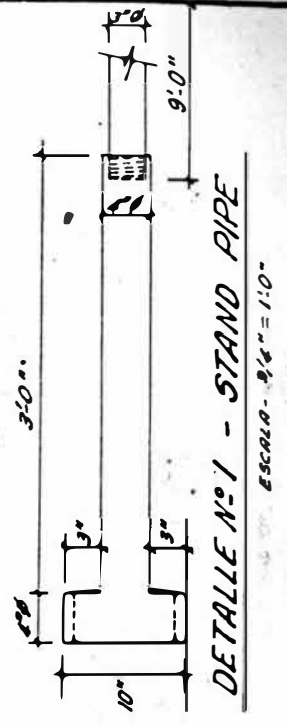


FIG. 13-A

PLANO - SISTEMA DE RELLENO HIDRAULICO
ESCALA - 1/8" = 1'-0"



DETALLE DEL TUBO DE 9' x 3" Ø
ESCALA - 1" = 20'

niple rosca interior para tubos de 3" de ϕ , estas tees tienen una altura de 3', los cuales sirven para echar la mezcla y cemento de 1:6, tan pronto quede lista la loza, se empatan tubos de 3" de diámetro a la tee, estos tubos pueden ser de 7 1/2" ó de 9 1/2" de largo, dependiendo de la altura del tajeo, sea de 10' ó 12' de alto, respectivamente, hecho esto cuando se completa el relleno, echándose sólo lama, lográndose un relleno casi perfecto. Es necesario lavar la tubería, se abre la válvula principal a la entrada del tajeo y entonces el agua pasa directamente, sin incrementar la cantidad de agua a la zona de relleno. Es necesario indicar que las líneas de relleno que son usadas en los tajeos se colocan debajo de los redondos de cama y cubiertos con mineral, para que la mezcla lama-cemento no dificulte la recuperación de esta línea cuando se comience a romper el próximo corte. Las tees de 3' de alto y los niples de 7 1/2 y 9 1/2 son engrasados y envueltos con papel de bolsas de cemento, que facilite también la recuperación de estos materiales. Todas las líneas de relleno usan coplas victáulicas las cuales son más fáciles de empatar ó desarmar los tubos.

9.1 Sistema de Relleno en Paneles.-

Las tuberías usadas en pilares resultan demasiado caras para ser usadas en este siste

ma ya que los subsiguientes cortes son hechos después de 8 a 10 meses y sería necesario una cantidad enorme de tubos, razón por el cual se usan tubos de relleno en la parte superior de los tajeos, casi en forma indicada en la Fig. 6-B, usándose el sistema de tuberías como pilares sólo en los últimos casos de extracción (Figura # 13 A).

Debido a la enorme altura en los tajeos Michi (21'), primero se rellena la loza y después se continúa con lama sin cemento, sólo en los 6 últimos pies para rellenar, se colocan los tubos al costado del tajeo, que son luego recuperados cuando se inicia la explotación del tajeo adyacente.

10. PERFORACION Y DISPARO

Nuevamente se debe diferenciar la forma de perforación en cada sistema ya que dependen fundamentalmente de la naturaleza de la roca y sobre todo como en el caso de pilares, las grandes fracturaciones debido a los disparos contiguos hechos con anterioridad ó más que todo a la función que ha desempeñado como zona de sostenimiento rígido, el cual ha sido sometido durante mucho tiempo a concentración de grandes esfuerzos. El sistema de tajeos descendentes se adopta como ya se ha dicho, a las áreas que tienen dificultados de sostenimiento a gases ó recuperación de pilares en el cual el terreno está completamente fracturado,

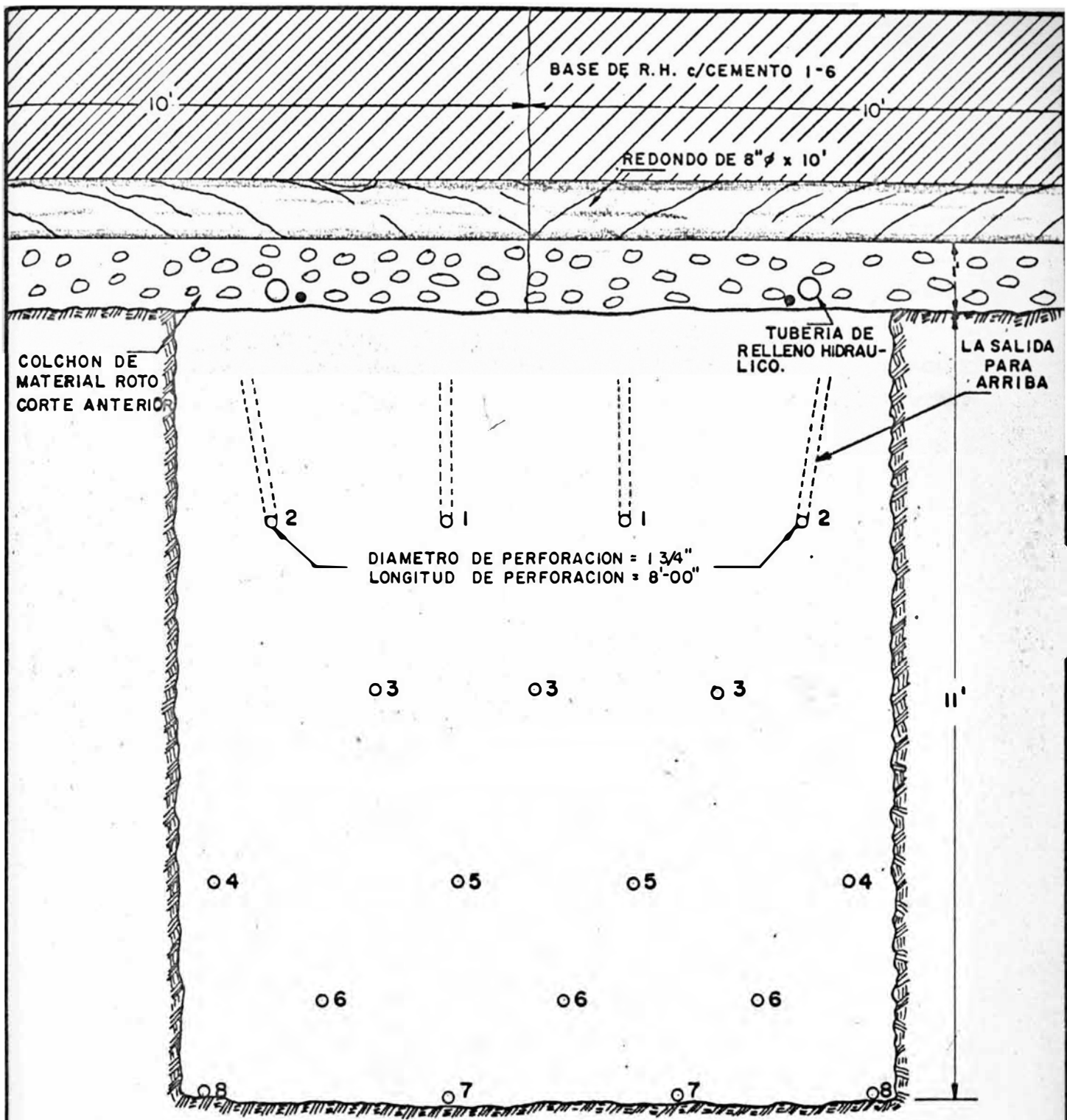
por lo tanto, ningún trazo puede ser utilizado como modelo único, salvo como guía de perforación, ya que la perforación tiene que ser hecha en los lugares en que se pueda perforar y no sólo eso, también en que se pueda cargar y disparar, por esta razón se ha usado barrenos de 1" en lugar de 7/8", cuando se perfora en pilares, no así en los paneles.

La perforación de tajeos en pilares y paneles se realiza a forma de desquinche, utilizando como salida el colchón de mineral roto dejado en el corte anterior, tal como se muestra en la foto II, y Fig. 14 (en estas dos ilustraciones se pueden observar los taladros que sirven de corte a $\pm 3'$ debajo del colchón y corte anterior).

La perforación y disparo en tajeos Michi se realizan en forma transversal al tajeo, disparándose primero la parte inferior y luego la superior ó vicerversa, dependiendo de la salida que se ha dejado (ver Foto II y Fig. 14). Dos tipos de máquinas perforadoras fueron usadas con relativo éxito, las tigres-leonas y las JR-300, barrenos de 6' y 8', normalmente la profundidad de perforación es de 6' en pilares y 8' en paneles.

11. TRANSFERENCIA DE MINERAL

La gran mayoría de estos métodos de tajeos usan winchas eléctricas, las que varían desde los 7 1/2 HP hasta los 40 HP. Winchas de dos tamboras (7 1/2, 10, 30, 40 HP) y tres tamboras (15 HP). Las winchas de 7 1/2 HP han sido descartadas ya que la mayoría de tajeos pasan de los 100 pies de largo. Las winchas más eficientes son las de dos tamboras con 40 HP de potencia. Los tamaños de rastrillos varían desde los 36" hasta los 48". Ya sabemos pues que en



COLCHON DE MATERIAL ROTO CORTE ANTERIO

BASE DE R.H. c/CEMENTO 1-6

REDONDO DE 8" φ x 10"

TUBERIA DE RELLENO HIDRAULICO.

LA SALIDA PARA ARRIBA

DIAMETRO DE PERFORACION = 1 3/4"
LONGITUD DE PERFORACION = 8'-00"

AREA = 110 PIES CUADRADOS

VOL. = 880 PIES CUBICOS

TONELAJE = 89.7 T.C.S.

FIG. 14

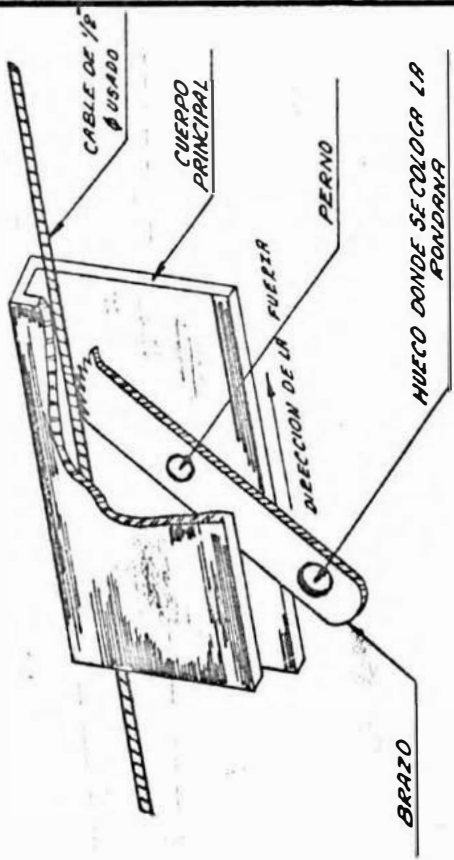
PERFORACION EN UN TAJEO DE CORTE Y RELLENO DESCENDENTE

DIS. A. ENCINAS

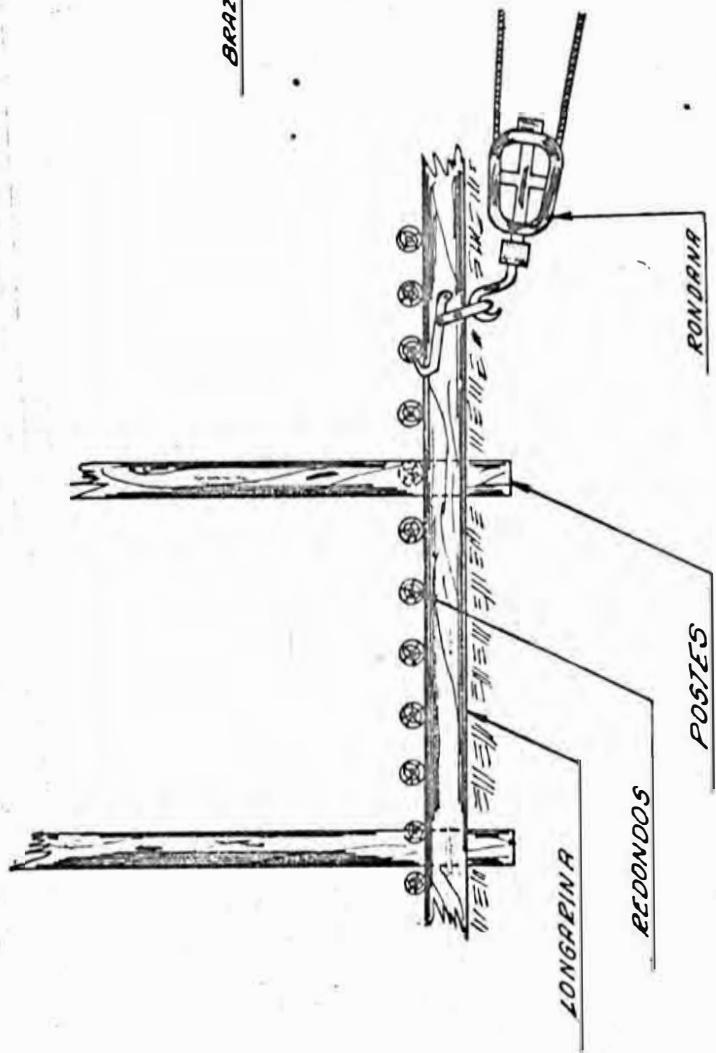
ESCALA = 1:20

los pilares debido a su alto fracturamiento, es bastante difícil usar taladros perforados en los frentes de avance en los cuales, anclar varillas de acero llamados cáncamos, los cuales sujetan a pedazos de cable usado en los que se anclaran a su vez las rondanas ó patecas, las que guían al cable de las winchas eléctricas, muchas veces los cáncamos mismos se preparan con "ojos" donde se coloca la rondana y así jalar mineral; por esa razón se usa el siguiente sistema

- a. Cuando se usan redondos de cama en tajeos sin cemento, a medida que se avanza la explotación, se usan ganchos especiales, los que se incrustan al redondo.
- b. El uso de cables viejos han dado buenos resultados, cuando se usa la mezcla 1:6. Al momento de la preparación para relleno, junto con los tubos se tienden los cables, debajo mismo de los redondos de cama y a ambos lados del tajeo, de manera que cuando se avanza en la explotación, los cables que dan al aire entonces se colocan los "libros", el cual es una plancha doblada, dando esa apariencia, luego se hace un hueco de ± 1 " de diámetro para el perno que sujetará una lengüeta canalizada al extremo mismo que aprisionar al cable, cuando esta lengüeta sea movida en dirección del jale del mineral (ver Fig. 15), en el otro extremo se coloca la rondana y este "libro" ó grampa de cable se irá moviendo lo más pegado al frente como se pueda para limpiar bien antes del próximo disparo, esto es muy importante pues evita al máximo las pérdidas de tiempo por "lampeo".



GRAMPA DE CABLE



GANCHOS UTILIZADOS PARA TRANSFERENCIA DE MINERAL

FIG. N° 15

11.0 Transferencia de mineral en Pilares.-

Normalmente se usan winchas de 20 HP cuando el tajeo no es mayor de 100' y de 40' HP cuando es mayor de 100' y menor de 150', generalmente cada tajeo tiene su propia chimenea de extracción.

11.1 Transferencia de mineral en Paneles.-

En la Fig. 2 se muestra el caso típico de transferencia de mineral en este sistema, generalmente en el subnivel principal de extracción se usa una wincha de dos tambores y 40 HP de potencia, ya que se trabajan por lo menos 4 tajeos simultáneamente.

11.2 Transferencia de mineral en Tajeos "MICHÍ".-

Al tener mayores dimensiones estos tajeos (15' x 20' x 150'), las winchas no son muy eficientes, por lo cual se está usando un autocargador de 1 m³ de capacidad. Por lo tanto, el subnivel de extracción está al mismo nivel de los tajeos (Figs. 11, 11A) en cada corte transversal.

La experiencia nos ha demostrado que el subnivel de extracción debe ser un tajeo que se haya extraído antes que los MICHÍ, de tal forma de tener nuestro techo bien seguro.

Estos autocargadores (310) han probado ser eficientes hasta los 300', sobrepasando con eficiencia a las winchas casi en una proporción de 1:5

12. SOSTENIMIENTO DE LOS TAJEOS

12.0 Pilares.-

Estos tajeos generalmente usan postes de redondos de 8" de diámetro y 12' de alto, madera de eucalipto, sin embargo, la mano de obra es alta y bastante dificultosa. El diámetro de los postes está referido sólo al ancho de los tajeos que usamos, por supuesto, si el tajeo es más ancho, el diámetro tiene que subir en una proporción cuadrática.

Para evitar tanto manipuleo del material, se está usando postes de tubos de 4" de diámetro programa 80, que de acuerdo a las características (Apéndice I) de resistencia, son mejores que la madera y más manejable, estos postes son recuperables y usados tantas veces como cortes tenga el tajeo hasta terminarlo, por supuesto que en el último corte, los tubos son reemplazados por postes de madera.

Toda una técnica se emplea para la recuperación de los tubos:

- 1º Una vez que el corte está terminado, se revisan los tubos y se corrige su verticalidad, enterrando la base del poste, cubriéndolo con mineral.
- 2º Se limpian completamente.

//...

3a Se engrasan cuidando de no mezclarlos con el mineral.

4a Se envuelven con papel de bolsas de cemento ó cualquier material parecido que se encuentre a la mano.

En los demás sistemas, no se usan postes y se pueden ver en Apéndice I.

13. COSTOS COMPARATIVOS DE TAJEOS EN PILARES -
 PANELES - MICHÍ

R/H = 0.08 Ton/pie³ Toneladas Cortas Secas = 1800 = 15,426 pies³
 Mineral = 0.11686 Tons/pie³

	P I L A R E S		PANELES	MICHÍ
	Sin Cemento	Con Cemento		
Mano de Obra	1) 184 x 397 = 73,048.00 2) 64 x 397 = 24,768.00	120 x 397 = 47,640.00 35 x 397 = 13,895.00	120 x 397 = 47,640.00 35 x 397 = 13,895.00	92 x 397 = 36,524.00 10 x 397 = 3,970.00
Transporte Materiales	16 x 397 = 6,192.00	10 x 397 = 3,970.00	4 x 397 = 1,588.00	4 x 397 = 1,588.00
Apuntalado Rastrilleros	50 x 397 = 19,350.00	3) 20 x 397 = 7,940.00		10 x 397 = 3,970.00
Madera	45,400	6,120	6,120	1,250
Yute Sintético	360 x \$11/m ² = 3,960	3,600 x 11 = 3,960	3,960	2,640
Malla 4 x 4	1800 x 3.78 = 6,804	1,800 x 3.78 = 6,804	6,804	4,536
Perforación Barrerros	3 x 623 = 1,869	1,869	1,869	1,246
Dinamita	4) 9.33 caj. x 631 = 5,889.00	5,889.00	5,889.00	8 caj. x 631 = 5,048.00
Fulminantes	3.6 full. x 64.85 = 233.00	233.00	233.00	233.00
Conectores	360 x 1.35 = 486.00	486.00	486.00	486.00
Guan	1200 mt x 1.54 = 1,848.00	1,848.00	1,848.00	1,848.00
Otros Mat. Planchas, Tuercas Pernos, Clavos	6,320.00	1,760.00	800.00	700.00
R/H (Sin Cemo. Con Cemo.)	1234 x 24.47 = 30,196.00	1176 x 24.47 = 28,777.00 57.6 x 1030 = 59,328.00	28,777.00 59,328.00	5) 29,567.00 26,471.00
TOTAL	\$ 125,75/Ton	\$ 105.84/Ton	178,237.00	120,077.00
Costo	1800 - 14	1800 - 175	\$ 99.02/Ton 1800 - 159	\$ 66.70/Ton 1800 - 176
Efficiencia	= 5.73 Tr/Hora.	= 10.28	= 11.39	= 15.51

1. Considerando un salario básico de \$ 200.00 mas \$ 197.00 incluyendo beneficios sociales y facilidades logradas, tales como Hospital gratuito, para el servidor y familiares; casa, luz, agua que se les proporciona en forma gratuita.
En esta línea sólo está considerado la mano de obra por explotación.
2. Se considera la mano de obra para preparación de relleno.
3. A pesar de que en los tajeos con relleno cementado 1:6 se usan postes de tubos recuperables, éstos algunas veces se atascan y se pierden tareas al extraerlos, este número de tareas es como promedio de 1-1/2 años, que duran los tajeos.
4. Pocas variaciones se han encontrado en el consumo de estos materiales, por lo que se considera casi negligible sus diferencias.
5. En realidad los tajeos en este sistema tienen las siguientes dimensiones: 15' x 20' x 100 largo, lo que nos da un volumen de 30,000 pies³.

Lo que nos daría:

$$\text{Toneladas de Mineral} = 30,000 \times 0.116686 = 3,500 \text{ Tons.} \quad 1)$$

$$\text{Toneladas de Relleno} = 30,000 \times 0.08 = 2,400 \quad 2)$$

$$\text{La loza que se rellena} = 3' \times 15' \times 100 = 4,500 \text{ pies}^3 \quad 3)$$

$$\text{Ton. R/H} = 4,500 \times 0.08 = 360 \text{ Tons.} \quad 4)$$

$$\text{Mezcla 1:6} = \frac{360}{7} = 51.4 \text{ Tons. de cemento} \quad 5)$$

$$\text{Precio: } 51.40 \times \$ 1,030 = \$ 52,942.00 \quad 6)$$

$$\text{La loza nos costaría: } \$ 52,942 + 308.6 \times 24.47 =$$

$$\$ 52,942 + 7,551.4 = \$ 60,493.00 \quad 7)$$

Si para 3,505 Tons. de mineral gastamos 52,942

para 1,800 será = 26,471.00 sólo en cemento que significan

25.7 tons de cemento, considerando el mismo factor que el

R/H, entonces

$$1,234 \text{ Tons de R/H} - 25.7 = 1,208.30$$

$$\text{Costo} = 1,208.30 \times 24.47 = \$ 29,567.00$$

Muchas veces ha sido necesario rellenar la loza con 1:6 y posteriormente todo el cuerpo con mezcla 1:30, ésto nos incrementa el costo en la siguiente forma:

De 2) y 4)

$$2,400 - 360 = 2,040 \text{ tons de R/H.}$$

$$\frac{2,040}{31} = 65.8 \text{ tons de cemento.}$$

$$\text{Costo en cemento: } 65.8 \times 1,030 = 67,774.00 \quad 8)$$

$$\text{Costo en Relleno: } 2,040 - 65.8 = 1,974.20 \text{ tons}$$

$$1,974.20 \times 24.47 = 48,309.00 \quad 9)$$

De 7), 8) y 9)

$$60,493 + 67,774 + 48,309 = 176,576$$

$$\frac{176,576}{3,500} = \$ 50.45/\text{Ton}$$

Para las 1,800 Tons.

$$1,800 \times 50.45 = 90,810$$

Lo que quiere decir que nos incrementaría el costo en

$$90,810 - 29,567 = 61,243 = \$ 34,772.00$$

$$120,077 + 34,772 = 154,849.00$$

Costo por tonelada

$$\frac{154,849}{1,800} = \$ 86.02$$

Esto nos significa pues que aún en los peores casos, el costo por tonelada es inferior a cualquier otro sistema.

APENDICE I14. CONSIDERACIONES TEORICASExtracción de Pilares

Debido a la planificación de áreas en las que se diseñaron tajeos de corte y relleno en arcos, dejando pilares de 15' como sostenimiento con la idea principal de extraerlos en el futuro, no tomándose en cuenta las condiciones en las que el terreno iba variando a medida de la explotación, se incrementaba, es decir, que el pilar mismo parece estar completamente molido debido a la intensa explotación. Sin embargo, con un examen detenido se puede constatar zonas de grandes fracturamientos, de los costados, a unos 2 ó 3 pies al centro del pilar, permaneciendo este centro sin fracturamiento, indicándonos pues que la zona central del pilar está sometida a altas concentraciones de esfuerzos, denotando condiciones bastante inseguras, esta es una de las razones en que las extracciones de los pilares se han preparado en áreas fuera de las líneas de concentraciones de esfuerzos (Fig. 1). Esta idea general debería ser aplicada también no solamente a los pilares en referencia sino también a los tajeos programados cualquiera que ellos sean.

La experiencia nos ha enseñado que usando los tajeos descendentes, uno de los factores preponderantes es el tiempo de minado y de relleno, lo cual cae dentro de la relación de los efectos de resistencia - tiempo de la roca; es decir que mientras más rápido sea el ciclo de explotación mayor seguridad del método; esto va por supuesto contra los que hablan de mientras más lenta la extracción, mayor seguridad, ya que cuando entramos al área, todos los esfuerzos han sido concentrados en los soportes, por lo tanto, sabemos que estos son suficientes para la continuación de los trabajos.

//...

Es necesario mencionar que los esfuerzos dentro de un pilar aumentará naturalmente como el tamaño del pilar disminuya, pero allí no habrá una proporcionalidad inversa entre los esfuerzos creados y áreas sometidas a estos esfuerzos.

Por lo tanto, la eficacia de los soportes que se emplean y la extensión de las zonas fracturadas en las periferias del pilar, deben ser tomadas en cuenta cuando se planifiquen extracciones, aún en los pilares a extraerse.

O. Weiss ha desarrollado una ecuación la cual da la carga total L, sobre un pilar circular de area A y espesor t, esta puede ser escrita como:

$$L = S_{\max} A \frac{(n + 1) (2n + 1)}{6n} \quad 1)$$

S_{\max} = Máximo esfuerzo de compresión dentro del pilar
 $n = A^{1/2} / \pi^{1/2} t \cot B$ $B =$ angulo de fractura
 si tomamos $B = 45^\circ$, es decir cuando el esfuerzo de corte es máximo, entonces

$$S_{\text{medio}} = S_{\max} \sqrt{\frac{d}{t}} \quad 2)$$

$$S_{\text{medio}} = K \left(\frac{d}{t}\right)^{1/2} \quad 3)$$

Cuando los pilares son extraídos en la mina, entonces tenemos que tener en cuenta la zona fracturada, por lo tanto, el área A disminuirá de acuerdo a la proporción de fracturamiento, es decir CP ($P =$ perímetro del área, $C =$ longitud del fracturamiento).

El area efectiva será entonces $(A - cp)$ y si tomamos el

//...

"diámetro efectivo" del pilar $(A - C_p)^{1/2}$ la cual puede sustituirse en 3)

$$S = \frac{K (A - C_p)^{1/4}}{t^{1/2}}$$

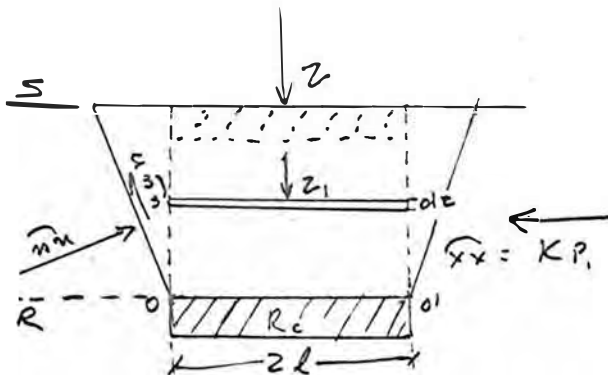
Lo que nos indica que sería más seguro hacer cortes transversales al pilar en lugar de a lo largo.

Ahora bien, en términos prácticos, el problema puede reducirse a una evaluación realística del factor de seguridad que lo llamaremos F_s la cual puede ser definida por la carga "p" que influye en el soporte. La resistencia de la loza que se opone a esta carga como R_c , pudiéndose expresarse como

$$F_s = \frac{R_c}{p}$$

Esto quiere decir que cuando $F_s > 1$ - la estructura es estable

$F_s < 1$ - inestable.



En la siguiente figura se puede observar la carga que debe ser soportada y el espacio que tiene que mantenerse abierto; esta carga será la que está entre los planos R y S menos las fuerzas de fricción entre las paredes oz y o'z' y la reacción creada por esta fuerza que sería $= u.n.n.$ Esto nos aclara que aún en una masa suelta por

completo, la carga que deberá ser soportada es menor que el peso del material entre dos lozas distintas. Si suponemos que los cortes son verticales, no habrá ninguna reacción hacia arriba, es decir $u.n.n. = 0$ o, por lo tanto, el soporte tendrá que ser igual al peso del material entre las lozas y aún las lozas mismas, menos fricción creada entre el material de relleno y las paredes.

//...

Se ha determinado que: $\frac{\delta z_1}{\delta z} = \rho - \frac{K z_1 u}{l}$ donde

z es la profundidad medida desde superficie,

u = coeficiente de fricción a través de los planos de subsidencia

K = relación de esfuerzos laterales a verticales = $\frac{\sigma}{1-\sigma}$

$$\delta z_1 = \rho - \frac{\sigma z_1 u}{(1-\sigma)l}$$

$$\frac{\delta z_1}{\delta z} = \frac{\rho (1-\sigma)l - \sigma z_1 u}{(1-\sigma)l}$$

desarrollando

$$z_1 = \frac{\rho l (1-\sigma)}{\sigma} \left(1 - e^{-\frac{\sigma u z}{(1-\sigma)l}} \right)$$

Esta fórmula nos indica que el límite máximo sería cuando la expresión $1 - e^{-\frac{\sigma u z}{(1-\sigma)l}} \rightarrow 1$ es decir

$$\text{que } z_1 = \frac{\rho l (1-\sigma)}{\sigma}$$

que para el caso nuestro

$$\begin{aligned} l &= 6' \\ \rho &= 0.08 + 2200 \text{ \#/pie}^3 = 176 \text{ \#/pie}^3 \\ \sigma &= 0.18 \end{aligned}$$

$$z_1 = 6 \times \frac{176 (0.82)}{0.18} = \frac{6 \times 176 \times 82}{18}$$

$$4805.2 \text{ \#/pie}^2 = \frac{4805}{144} \text{ pd}^2 = 334 \text{ lb/pd}^2$$

Esto significa que el máximo de peso que debemos soportar tendría que ser 334 lb/pd².

APENDICE II

DATE

JOB NO.

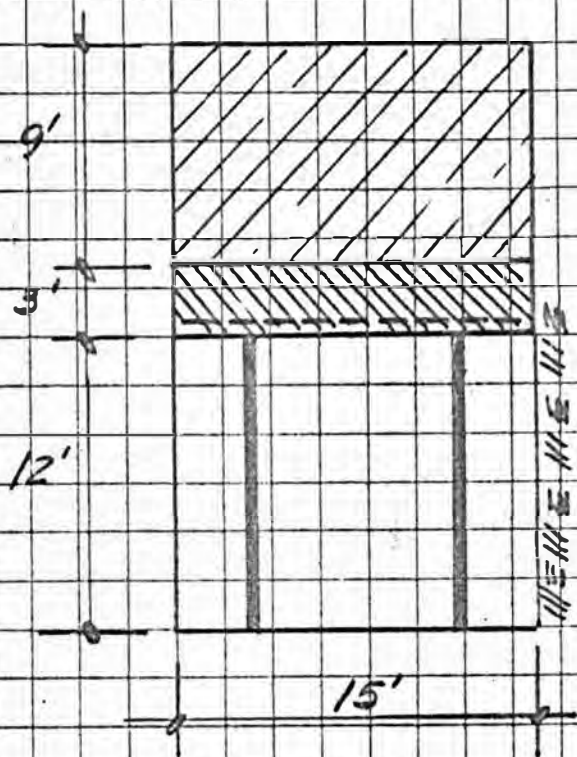
SUBJECT

TITLE 15. CALCULOS TEORICOS DE SOSTENIMIENTO

BY

CHKD.

SHT. 1 OF



U. C. $\frac{1}{8}$ F. PILARES.

ANCHO = 15'
 ALTURA = 12'

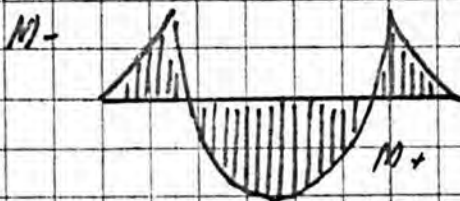
LOSA: e = 3'

MEZCLA 1:6

REFUERZO: WWM. 4x4 8/8

W RELLENO = 0.0824 DST/C.F.
 = 164 #/C.F.

$$M = \frac{1}{8} WL^2 = \frac{164 \times 12 \times 9^2}{8} = 19926 \text{ #-FT.}$$



$$M(\pm) = \frac{WL^2}{2} = \frac{164 \times 12 \times 9}{2} = 8856 \text{ #-FT.}$$

$$M(\pm) = 19926 - 8856 = 11070 \text{ #-FT.}$$

$$I_{LOSA} = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{12 \times 36^3}{12} = 46656 \text{ in}^4$$

$$S = \frac{I}{c} = \frac{46656}{18} = 2592 \text{ in}^3$$

$$\frac{M}{I} = \frac{E \sigma}{c} = S \quad \sigma = \frac{M}{S} = \frac{11070 \times 12}{2592} = 51.25 \text{ psi}$$

DATE

JOB NO.

SUBJECT

CALCULOS TEORICOS DE SOSTENIMIENTO (Cont.)

BY

CHKD.

SHT 2 OF

ESFUERZO POR CORTE EN LA LOSA.

$$V = \frac{164 \times 12 \times 9}{2} = 8856 \text{ lbs.}$$

$$\sigma = \frac{3V}{2bd} = \frac{3 \times 8856}{2 \times 12 \times 36} = 30.8 \text{ psi.}$$

POSTES - TUBOS. $\phi = 4''$

<u>h.</u>	sch. 40	sch. 80	sch 120
8 FT.	47 kips.	65 kips	118 kips
10 FT.	44 "	60 "	108 "
12 FT.	40 "	54 "	94 "

DATE

CALCULO TEORICO

BY

JOB NO.

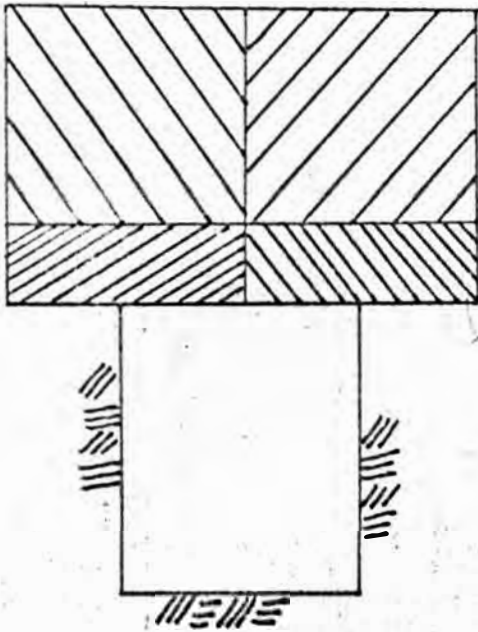
TITLE

CHKD.

SUBJECT

SOSTENIMIENTO EN PANELES

SHT. 1 OF



PANELES ALTERNOS.

ANCHO = 10'

ALTURA = 12'

LOSA e = 3'

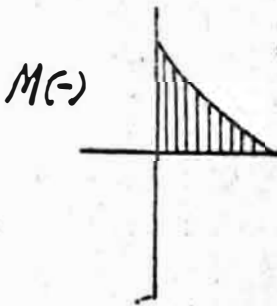
MEZCLA : 1:6

WRELLENO = 0.0824 DST/CF.
 = 164 #/CF.

$$M = \frac{1}{2} w L^2$$

$$= \frac{165 \times 9 \times 5^2}{2}$$

$$= 24750 \text{ #-4C}$$



$$\frac{M}{S} = \frac{I}{C} = S$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 36^3}{12} = 46656 \text{ in}^4$$

$$S = 2592 \text{ in}^3$$

$$f = \frac{M}{S} = \frac{24750 \times 12}{2592} = 114.5 \text{ psi}$$

CORTE

$$V = 165 \times 12 \times 5 = 9900 \text{ lbs}$$

$$v = \frac{3 \times 9900}{2 \times 12 \times 36} = 34.4 \text{ psi}$$

L A M I N A # 1



RECUPERACION DE LOS POSTES DE TUBOS EN TAJEOS EN PILARES

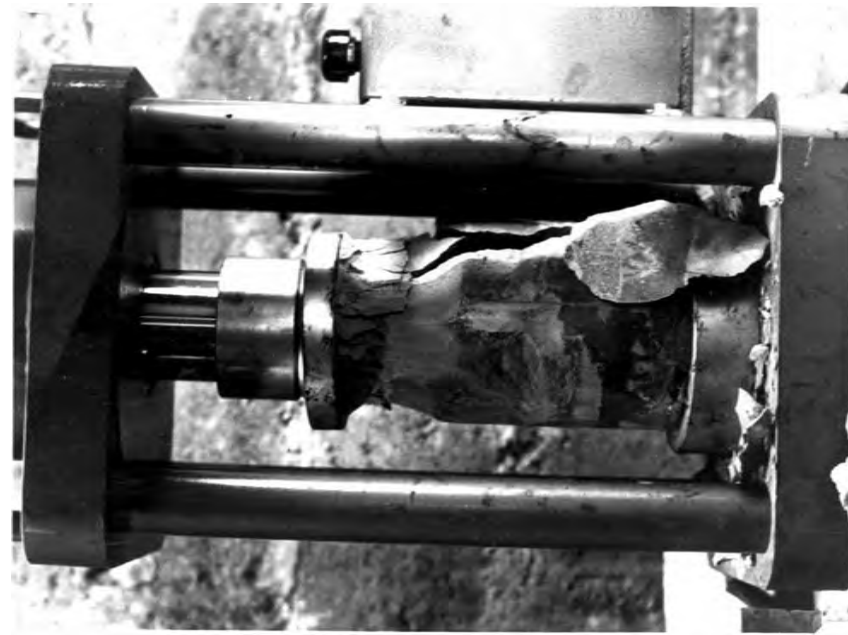
L A M I N A # 2



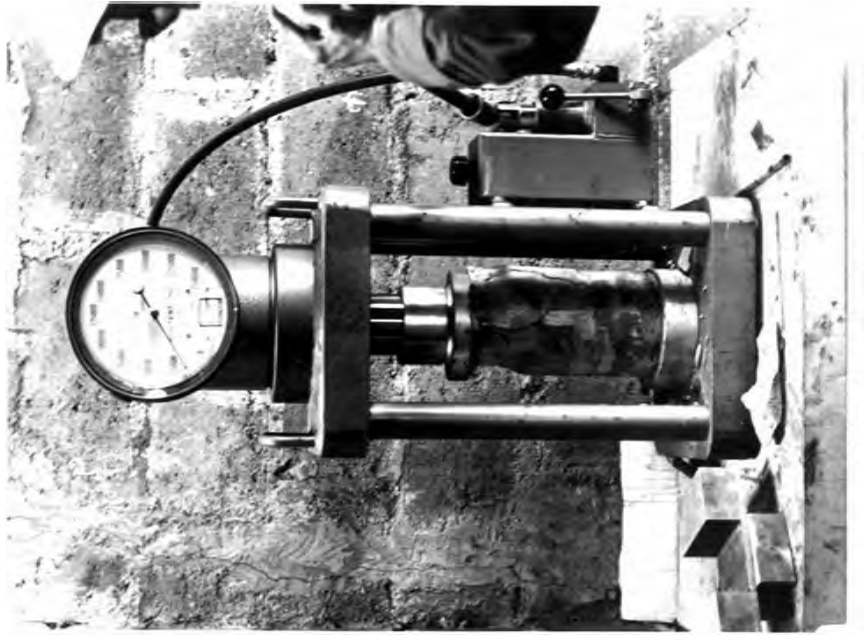
TAJEO DE CORTE Y RELLENO DESCENDENTE EN PILARES

- 1) Tuberías de K/h
- 2) Cama de redondos
- 3) Cables para jale de mineral

L A M I N A # 3

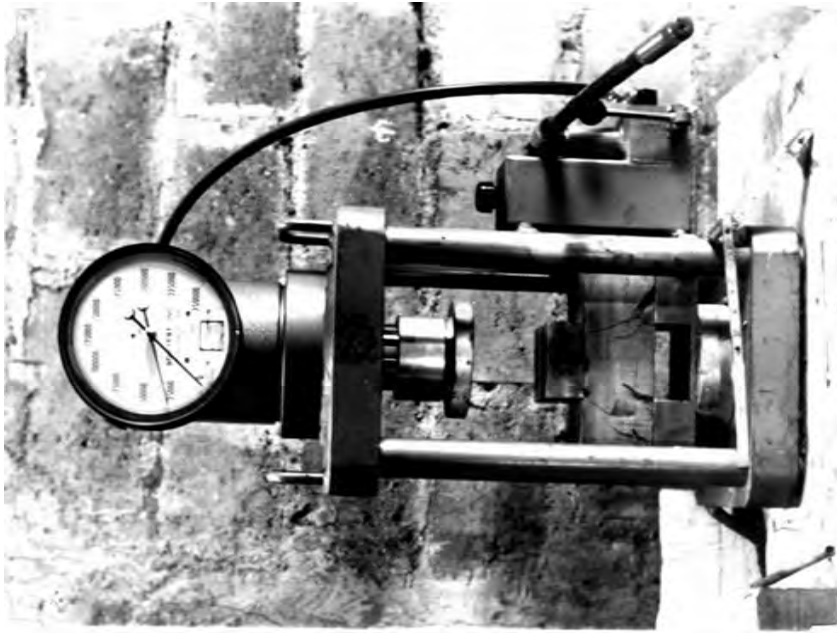


Prueba de compresión simple de una muestra de Relleno de cemento Radio 1:6.

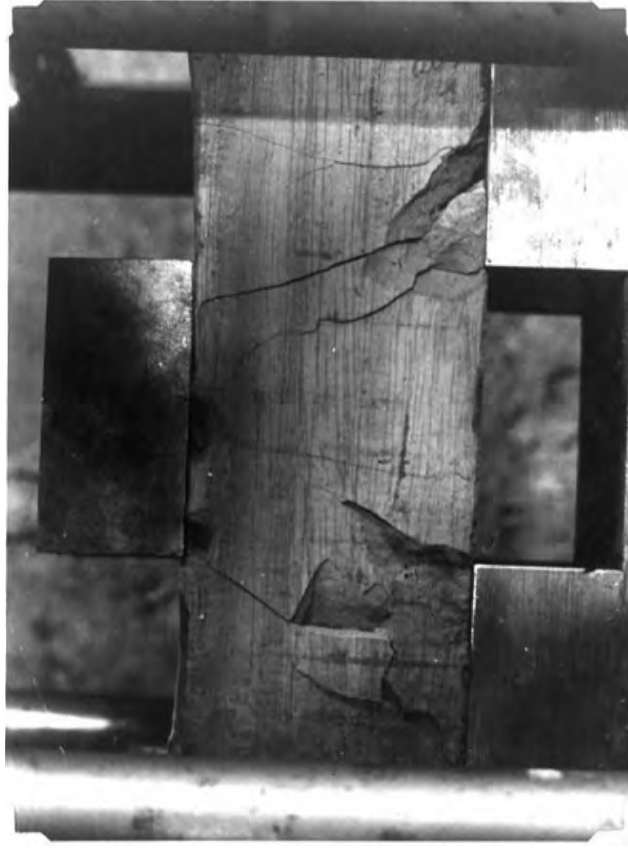


Pruebas al corte de muestra de Relleno Hidráulico/cemento - Radio 1:6

L A M I N A # 4



Equipo mostrando la forma de
Hacer las pruebas al corte
(simple).



Fallamiento al corte, la primera fractura
(1) aparece generalmente al momento de pro-
ducirse flexión en la muestra. (2) Las
fracturas que producen el fallamiento por
corte.

16. RELLENO HIDRAULICO - Generalidades

En los últimos años, mayor atención se ha tomado para el uso y relleno de tajeos vacíos con materiales que pueden encontrarse en minas individuales, que satisfactoriamente contrarresten los movimientos de las rocas. Hasta hace muy pocos años, las actitudes de las Compañías a tomar eran la recuperación de los minerales, a tan bajo costo como ello era posible. Afortunadamente, la actitud actual ha cambiado en tal forma que las miradas y posiciones están hechas para el futuro y el uso del relleno es de tal modo determinante, que es casi obligatorio para preservar los lugares de trabajo en las minas.

Es necesario indicar que como condición indispensable, el relleno hidráulico ó hidroneumático (Yauricocha) deben estar presentes como parte importante del sistema de tajeos descendentes, sin ellos, no se podría aplicar este sistema. El uso de las arenas transportadas hidráulicamente, que han sido obtenidas de las moliendas del mineral extraído, como relaves ó de depósitos aluviales (Yauricocha) cercano a las minas son descritos aquí con algunos detalles.

El mayor criterio para el uso de arenas transportadas hidráulicamente es un mínimo de 4" a 6" de agua de percolación por hora.

Para obtener esta velocidad de percolación, es usualmente necesario clarificar el material de la lama, para eliminar la mayor cantidad de finos innecesarios, esto se hace en ciclones hidráulicos.

Hay muchos casos, en especial en Cerro de Pasco,

//...

en el que el mineral es tan finamente distribuido en las rocas (como la roca misma es de granito fino) y por lo tanto es necesario una molienda fina para liberar los valores económicos dando como resultado unas colas con alto contenido de finos, los cuales dificultan la obtención de la velocidad de percolación, de allí que es necesario tener mayor atención en la polución producida por estos finos, cuando se llega a rellenar tajeos vacíos. Es una de las razones que se usan en muchos casos, floculantes especiales, tales como el Super flow 127, ó acelerantes como cloruro de calcio.

Las tablas siguientes muestran los análisis de malla de las colas ó relaves en Cerro de Pasco (Paragsha).

<u>MALLA</u>	<u>PESO %</u>	<u>PESO ACUMULATIVO %</u>
+ 65	0.4	0.4
+ 100	1.3	1.7
+ 150	3.3	5.0
+ 200	6.6	11.6
+ 270	9.4	21.0
+ 400	13.9	34.9
400	<u>65.1</u>	
	100.0	100.0 %

Como se puede observar, cerca del 80% de la lama está entre mallas + 400 y - 400 usándose sólo el 30 al 39.7% en peso del total de la lama producida en Cerro.

Ya se ha dicho que el relleno en áreas explotadas no es una operación continua. Como una regla general se puede decir, es el deseo de rellenar a una velocidad mayor a

//...

la cual una Concentradora pueda suministrar el material.

La economía de la operación nos dicta que la pulpa del relleno debería de contener la máxima cantidad de sólidos, 60 a 70% de sólidos por peso comunmente una buena proporción, pero cada sistema de distribución varía tanto como el máximo permisible antes de que el material comience a asentarse y causar una parada del sistema. Este porcentaje generalmente es determinado sólo por la experiencia. En muchas minas visitadas en el exterior, consideran una gran ventaja al retener el máximo de finos posibles, dentro de los límites de percolación, por supuesto, para que ellos actúen como una especie de lubricantes, mientras que en otras, tal el caso de Cerro (ver análisis de malla), se trata de eliminar el máximo de finos, ya que ellos incrementan la polución en la mina.

Para la distribución del relleno hidráulico, no se usan válvulas de ninguna clase en todo el sistema, usándose solamente conexiones vitáulicas, las que dan mejores resultados, tanto por la velocidad con que se hacen como por seguridad; a medida que el personal va teniendo mayor experiencia, las conexiones se hacen a más velocidad. Todas y cada uno de las operaciones de relleno en la mina están acompañadas con una línea telefónica directa, desde el lugar que se va a rellenar hasta el mismo punto de origen en la superficie donde se echa el relleno, de manera que es posible avisar en poco tiempo, tanto el momento de rellenar, como de parada. La operación misma del rellenado comienza con la introducción de agua limpia dentro del sistema, cuando esta alcanza los puntos que se van a rellenar, entonces quiere decir que el sistema de tuberías está limpio, avisándose al operador de superficie que comience a introducir la lama y ello no para hasta que los tajeos ó los lugares que se rellenan queden completados,

//...

entonces nuevamente se para el flujo de relleno, se procede a enviar agua limpia para asegurarse que las líneas estén completamente libres, para un futuro relleno ó la de otras labores que usen la misma línea.

16.0 PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO
CERRO DE PASCO

Esta planta usa los relaves provenientes de la Concentradora Paragsha, los cuales por medio de un canal de madera llega a tres bombas Denver 8 x 6 - SRL, que tienen una capacidad teórica de 1000 galones por minuto cada una. De las tres bombas se usan continuamente dos, quedando la otra como emergencia. La lama es entonces bombeada hacia cuatro ciclones tipo KREB de 15" de diámetro, el rebose de los ciclones pasa a la cuneta y de allí pasa a la cancha principal de relaves, mientras que la descarga del material ya clasificado pasa al tanque nivelador, que tiene como finalidad el mantener el tubo donde se encuentran los instrumentos medidores de densidad y flujo completamente lleno, ésta operación se realiza automáticamente abriendo ó cerrando una válvula, instalada ex-profeso.

Del tanque nivelador el relleno pasa a través del Densímetro OHMART, que mide la densidad de la pulpa, de acuerdo a la diferencia que hay entre cantidad de rayos Gama que han sido absorbidos por los sólidos del relleno y los producidos por la fuente de energía que en este caso es Cesio 137.

//...

El relleno pasa entonces por el medidor de flujo, que da la lectura en galones por minuto, basándose en la medición de corriente inducida que produce el paso del relleno entre electroimanes.

La densidad de la pulpa y el flujo son las informaciones que recibe el computador de masa, la que calcula en forma constante las toneladas secas del relleno que se está alimentando al tanque mezclador de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$F_S = KQ (S_p - 1)$$

de donde

F_S = Flujo de sólido secos

Q = Flujo continuo de la lama

S_p = Gravedad específica de la pulpa

K = Constante = $S_g / S_s - 1$

S_s = Gravedad específica de los sólidos secos.

El cemento llega de la fábrica en tanques que son descargados neumáticamente al silo que tiene una capacidad de 200 toneladas; del silo, el cemento pasa al tanque de aireado. en donde todo el polvo es absorbido por el filtro; en la base del aireador tenemos el alimentador de cemento con un motor de velocidad variable el cual alimenta a la faja que también tiene un motor de velocidad variable y una balanza.

La parte más importante de la planta lo forma el controlador de radio de cemento; éste recibe la información del computador de masa y según el radio de cemento-relleno que se le haya pedido al controlador, aumenta ó disminuye la velocidad de los dos motores de velocidad variable, en el alimenta

dor y faja, hasta conseguir el radio requerido; para cerciorar se que el tonelaje de cemento está correcto, recibe otra información de la balanza.

El cemento y el relave se mezclan en un tanque de 8' x 8' por medio de un agitador de paletas; la mezcla pasa luego al tanque distribuidor y de aquí a los diferentes niveles de la mina.

Las tuberías de las líneas verticales son por lo general de 3" de diámetro interior y las líneas de distribución horizontales de 4".

CARACTERISTICAS DEL RELLENO

- Densidad _____ 1900 a 2000 g/lit.
- Porcentaje de sólidos por peso _____ 65% 70%
- Tonelaje por hora, promedio _____ 70 Toneladas Cortas secas
- Volumen por hora 22 m³/hora
- Esfuerzo a la compresión
Para mezcla 1:9, 28 días _____ 980 lbs/pulg².
Esfuerzo de corte _____ Promedio 360 lbs/pulg².
- Análisis de malla.

Reactivos que se usan _____ Cloruro de Calcio (como
acelerante del cemento)

Al usarse el Superflow 127, los finos eran asentados casi inmediatamente, mejorándonos en un 70% la polución de la mina, pero, este reactivo guarda bastante agua dentro del relleno de manera que el secado era muy lento y dificultaba el proceso de producción. De manera que en tajeos en los que la rotura debe ser inmediata, se ha desechado su uso, no así en tajeos cuya rotura no es necesaria hacerla inmediatamente después del relleno.

16.1 RELLENO EN YAURICOCHA

El sistema de relleno estaba constituido principalmente por una planta clasificadora de derrubios aluviales, ubicada a 4 Kms. de la mina, los cuales eran transportados y vaciados a una mezcladora ubicada en una galería cerca del pique allí se echaba agua para después pasar a las líneas de distribución de relleno; con este sistema el máximo de porcentaje de sólidos era de unos 40-50%, de manera que escapaba tal cantidad de finos con el agua, que era prácticamente antieconómico seguir laborando, es fácil también visualizar que debido a esta cantidad de agua, las lozas necesarias para los tajeos no podían salir bien por lo que en la mayoría de los casos tenía que hacerse a mano. Este sistema de relleno traía consigo una cantidad de agua tal que lavaba las paredes de los tajeos, constituidos por una mineralización bastante fina, casi como arenas, las cuales al paso del agua, comienzan a desintegrarse, produciendo derrumbes de los tajeos por rellenar, por esa razón comenzó a pensarse en una forma más económica y segura de rellenar los tajeos para hacer posible la aplicación de los tajeos descendentes en esta mina.

Utilizando los mismos elementos, es decir, la planta clasificadora de derrubios, la que entrega material de las siguientes características:

Malla	Peso
- 2" + 1"	12.4
- 1" + 1/4	9.4
- 1/4 + 10 m.	11.9
- 10 + 20 m.	7.6

//...

Malla	Peso
- 100 + 150	22.3
- 150 + 200 m.	13.1
- 200 + 400	8.0
- 400	<u>15.3</u>
	100.0

La composición principal basada en arenas eólicas, calizas descompuestas y guijarros de granito. Como se puede observar, tiene suficientes finos como para evitar desgastes de tuberías, estos finos conformados principalmente de calizas.

Las tuberías normales de 4" de diámetro fueron cambiadas por tubos de 6", con la idea de mandar mezcla seca de por lo menos 90% de sólidos (exactamente al transporte del concreto), éste material es recibido en una bomba hidroneumática de 1 yarda cúbica, la que inmediatamente bombea el material a los tajeos en relleno, utilizando un sistema doble de venturi.

En realidad la llave de toda la operación está en la bomba de concreto, al cual se le adicionó la tubería de carga de 6" a la compuerta principal y encima de ella una válvula de compuerta que se abría al paso del concreto y se cerraba cuando se daba presión de aire a la bomba. La presión de aire con que trabaja es de 60' a 80 libras/pie².

Este sistema barato y simple puede y debe ser usado en minas cuyos terrenos sean bastantes suaves y estén propensos a derrumbarse debido al agua de relleno.

Una bomba como la descrita puede echar hasta 30,000 toneladas cortas secas de relleno, que puede significar una producción mínima de 40,000 toneladas de mineral. Durante

//...

dos años que se ha usado con tubos de 6" tanto en la columna principal como en la línea de relleno (también es de 6"). No se ha observado mayor desgaste, salvo en los codos que se colocan para llegar a los tajeos.

Los golpes de martillo ocasionados por las plantas de relleno hidráulico normales, no se producen aquí, ya que la tubería es abierta y penetra aire suficiente para evitar la creación de vacíos en la tubería.

17. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Para la aplicación del método, en cualquiera de sus variaciones, es necesario que haya un sistema de R/H ó hidroneumático, como condición indispensable.
- b) El método puede y debe aplicarse en cualquier clase de terrenos, en los cuales el uso de madera u otro sistema de sostenimiento es necesario.
- c) Se ha probado que las eficiencias suben a medida que el uso de cemento es incrementado, esto es, que a pesar de los costos un poco elevados, son fácilmente superados con la velocidad de minado, es decir, de eficiencias altas. Esto no quiere decir que el cemento es absolutamente necesario para que el método trabaje.
- d) Los pasos más adelantados, es decir, los Paneles y Michis pueden usar equipos más pesados y aún son aptos para la mecanización.
- e) Es un método simple de repetición, de manera que el personal se familiariza en tal forma que la simple automatización es factible, lográndose así un rendimiento más elevado, a medida que el personal se pone práctico.
- f) No hay mucho manipuleo de materiales y los costos secundarios por transportes son prácticamente eliminados.
- g) No es necesario tener un taller de carpintería, pues toda la madera usada es en bruto.
- h) La supervisión es más fácil debido a la concentración de trabajos.

//...

- i) En la preparación y explotación de los tajeos, es absolutamente necesario llevar un control estricto del centro de línea y gradiente.
- j) La llave fundamental es el control del relleno de los tajeos, tratando de no dejar intersticios abiertos entre cortes, hacer una inspección cada vez que se tenga duda del Relleno.
- k) Cuando se use el método en recuperación de pilares, se recomienda usar tubos de 4" de diámetro, recuperables, de manera que no necesita más materiales que las camas de redondos (15). En nuestras operaciones, en cortes completos de 200', sólo se han perdido entre el 2% y 3% de postes.
- l) Cuando las rocas son muy fracturadas, hay producción de gases (SO_2 , H_2S , etc.), puede usarse el método, ya que estos tajeos al momento de rellenarse, rellenan también los intersticios ó fracturas de las rocas, evitando así una futura oxidación.

B I B L I O G R A F I A

- F. A. Steart Strength and Stability of Pillars in Coal Mines. Journal of the Chemi-Me ta and Mining Society of South Africa March, 1954.
- C. T. Holland - Design of Pillars for Overburden Sup port. Mining Congress Journal, Vol. 48, No 3 and 4, March and April, 1962
- C. T. Holland - Interfacial Friction, Moisture, and David Olson Coal Pillar Strength. Transactions Vol. 241, Sept. 1968. AIME
- Harold F. Yde Jr. - Hydraulic Tailings Fill Improvements Preprint # 69-AU-341
- Isaac Sson - Rock Pressure in Mines
- Salamon, M.D.G. A Method of Designing Board and Pillar Workings. Sept. 1967 (AIME)
- Coates, D.F. - Pillar Loading. R I - 68, 70, 80.
- Singh, Deshwar, K.H. Determination of In Situ Rock Strength, Engineering & Mining Journal, Sept. 1970.
- N. Rivera - Geología de Yacimientos Minerales Cerro de Pasco 1er. Congreso Lati noamericano de Geología, 1970

-.-.-.-.-