



C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1979

05.79.04 al  
05.79.09



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA  
Y COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR

# CURSO LATINOAMERICANO DE EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS

TOMO I

1º de Agosto - 30 de Noviembre  
BUENOS AIRES  
1979

05.79.09



COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA  
COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR



**CURSO LATINOAMERICANO  
DE EVALUACION DE INDICIOS URANIFEROS**

Buenos Aires, 1° de Agosto - 30 de Noviembre de 1979

---

CNEA-AC-16/79

PERFORACION - EQUIPOS Y ACCESORIOS DE SONDEOS

ROLANDO G. ROMERO

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES  
AGOSTO-NOVIEMBRE 1979

## PERFORACIONES - EQUIPOS Y ACCESORIOS DE SONDEOS

C.N.E.A.

Rolando G. Romero

### I.- INTRODUCCION

Desde tiempos muy antiguos el hombre sintió la necesidad de explorar el subsuelo para ampliar sus conocimientos científicos, conocer el comportamiento mecánico de los suelos, el desarrollo de / una mineralización, producir el alumbramiento de agua, petróleo, / etc., o algún fin práctico para el que no contaba con otro método/ mas adecuado y quizás económico, que el de ejecutar un sondeo. Hacia esos objetivos, numerosas empresas en todo el mundo, han dedicado sus esfuerzos, especializando elementos, para que, cada día, / resulten mas eficaces a los requerimientos constantes de los empresarios dedicados a éstas actividades.

De entre las especialidades que brindan las perforaciones nos/ ocuparemos de la aplicada a la exploración geológica o geológica / minera, que no por ser menos voluminosa, en comparación con otras, alcanzar limitadas profundidades o manipular implementos de reducido peso y diámetro, deja de ser interesante y requerir de quién lo practica un conocimiento técnico adecuado y especializado.

Siendo la principal finalidad de esta maquinaria, la testificación del subsuelo, se las agrupa bajo la denominación de "sacanú-7 cleos" o "diamantinas", por extraer testigos o utilizar herramienta de corte diamantada.

La experiencia adquirida por quienes se dedican a éstas perforaciones, ha llevado a imaginar el diseño y construcción de una variedad notable de elementos que le resulten apropiados para atravesar y proporcionar testigos de los mas diferentes tipos de terreno.

De su práctica, también han surgido, como consecuencia del rompimiento de las tensiones internas inconvenientes traducidos en /

hinchamientos o desprendimientos de las paredes de los sondeos, para los que se han ideado métodos de solución, que no la alejan demasiado de las especialidades más altamente conocidas.

En esta información, se tratará de reunir la esencia para una orientación práctica, de quien desee ejercerla, aportando consejos extraídos de la experiencia personal y de los elementos de consulta disponibles. El tema es amplio, de evolución constante, pero conocidas las bases, no habrá motivo para no adaptarse al curso que impone la modernización.

No obstante ser éste tipo de maquinaria, el más completo y efectivo para un estudio geológico minero, cabe, en nuestro caso específico de la localización de minerales radiactivos pensar, que en más de una oportunidad habiendo logrado los objetivos geológicos// necesarios, la testificación deja de ser imprescindible y cede paso a las mediciones electrónicas. En virtud de ello, vemos factible introducir otro tipo de maquinaria o sistema de perforación, / que aportándonos solamente cuttings o un orificio apto para la medición, nos proporciona la información requerida.

Posición, que nos abre la posibilidad de incorporar aquellas, / que originalmente nacieron para la explotación minera, pero que en la necesidad de ampliar sus aplicaciones para la solución de situaciones imprevistas, han ampliado y perfeccionado su uso, cubriendo muchas de las especialidades que fueron casi exclusivas de los /// equipos "sacanúcleos" y que genéricamente se les designan "Equipos Percutantes Neumáticos".

## II.- EQUIPAMIENTO

Estimando que las relaciones comerciales de los países americanos se extiende preferentemente hacia la órbita de sus similares / del Norte (EE.UU. y Canadá) y Europa Occidental, es propio, pensar, que de cumplirse alguna transacción económica con vista a la adquisición de maquinaria, ésta se realice con fabricantes de dichas // procedencias, por lo que es razonable que nos ocupemos por destacar las normas que rigen individual o colectivamente el variado material de su fabricación.

Estas firmas productoras de maquinarias y accesorios para la / perforación rotativa diamantina, se agrupan en tres asociaciones: / DCDMA (DIAMOND CORE DRILL - MANUFACTURES ASSOCIATION), CDDA (CANADIAN DIAMOND DRILLING-ASSOCIATION STANDARS) y la CMS (CRAELIUS METRIC / STANDARS) que reconocen diseños y medidas standars en ciertas líneas de fabricación. La DCDMA y la CDDA utilizan como medida patrón, la pulgada y una nomenclatura basada en letras, que sirven para definir el elemento haciendo abstracción de la medida. Diferente a la / CMS o "Serie Milimétrica" que aplica la expresión métrica numérica, como medida y designación.

Estas nomenclaturas, están referidas especialmente a los accesorios que se introducen en el sondeo y a los complementarios que posibilitan su aplicación, de manera que su incidencia en el equipo / perforador es mínima, pero a la vez importante. Es decir, que en / principio, debemos separar equipos, de accesorios de perforación, /

por cuanto ambos no correspondiendo a, una misma procedencia o sistema deberán complementarse y es prudente advertirlo.

En el equipo las precauciones que deberán tomarse, se refieren al diámetro del husillo y mordazas del mandril mecánico o hidráulico, del cabezal.

## II.1.- Equipos Perforadores

Antes de iniciar la selección de equipos y accesorios, es necesario tener claro los objetivos que se perseguirán en los programas de sondeos previstos, en base a las siguientes consideraciones:

- Diámetro de los testigos.
- Profundidad de los sondeos.
- Tipo de formaciones geológicas que se piensan atravesar.
- Ubicación de los sondeos, accesos.
- Provisión de agua.

Conocidos estos parámetros, podremos definir las características de la máquina perforadora que nos convendrá adquirir, pensando, que deberá cubrir el plan de acción presente como futuro.

Siguiendo las consideraciones citadas le determinaremos, capacidad de perforación, adaptabilidad al medio de trabajo y accionamiento motorizado y avance. Entre equipos similares, la mayor o menor complejidad en sus diseños, guardará relación con la inversión, pero no en detrimento de la eficacia, por cuanto todos se mantienen actualizados para no quedar rezagados en el mercado de la oferta.

Desde la mas antigua máquina que era de avance manual mediante palanca (sensitiva), se pasó a la de avance mecánico a tornillo, / finalizando con la mas moderna hidráulica.

En las de tornillo (Fig.1), las velocidades de rotación y avance guardan una relación constante que solamente es variable con el cambio de engranajes. Mediante un embrague a fricción es posible, / relativamente, independizar el avance de la resistencia que ofrece la roca a ser perforada. Algunos fabricantes extienden ésta línea / de fabricación hasta equipos de capacidad intermedia.

En las perforadoras hidráulicas (Fig. 2-3 y 4), la presión se / ejerce y regula con los siguientes implementos: depósito y bomba / de aceite, válvula reguladora de presión y avance y cilindros hidráulicos.

Dentro de la línea de fabricación, el detalle que permite establecer un cierto agrupamiento, es el del diámetro interior del husillo del cabezal según sea la medida de la barra que se va a usar. En las mas pequeñas, se aplican barras EW o RWT únicamente. En las / intermedias, las anteriores mas la AW, y en las grandes, de AW a / HW. En el segundo y tercer grupo se usarán también las equivalentes en barras Wire Line.

En relación con la medida de barra, estará el peso del equipo / y la potencia del motor, determinantes de sus capacidades de perforación, que aproximadamente podrán estimarse, para cada grupo, en / 120, 250 y 1.300 metros, con las barras mas livianas.

Será tema principal de definición inicial si el trabajo a // realizarse es superficial o subterráneo. Si es superficial debemos proveerle su sistema de auto desplazamiento sobre bastidor metálico, o ruedas para el transporte en terrenos llanos; además su torre o castillete, fijo o desarmable.

Para trabajos subterráneos, la fuerza motriz será generada / por un motor eléctrico o neumático y su emplazamiento en galería / se hará en base a columnas. Para ambos fines se puede utilizar un / mismo equipo, previéndole los elementos complementarios. Las figuras 2 y 4 responden a equipos que poseen el mismo cabezal, guinche y caja de transmisión para usar en superficie e interior de mina. / La carcasa de la caja debe ser para colocar en columnas.

Encontrándonos en situación de trabajar en interior de mina, se suele supeditar al espacio disponible, la elección de la máquina, olvidando que es posible instalar una de superficie, con mayor / alcance, con solo ampliar el espacio existente, trabajo que quedará plenamente compensado con la mayor comodidad de acción y un potencial motriz que ampliará nuestros recursos operativos.

Las maniobras en boca de pozo deben realizarse con comodidad y el desplazamiento hidráulico sobre su bastidor, es un detalle a / su favor.

En ciertos casos, persiguiendo una inversión menor, se eliminan los accesorios opcionales que la firma ofrece. No todos, pero / algunos merecen su atención, como pueden ser el motor y el cabrestante. El motor de baja potencia está cerca del límite de la capacidad de la máquina y resultará insuficiente después de un tiempo / de uso. El cabrestante no será de aplicación constante, pero se // sentirá su necesidad cuando haya que aplicar martinete por un apri / sionamiento, hincar un tubo, sacar o bajar entubado o barras, etc..

De contar con mas de un equipo para trabajos en superficie y haber adoptado el sistema de sacatestigo a cable, no es necesario / que todos tengan el guinche para el extractor acoplado y accionado por el propio equipo. Los hay independiente (Fig. 39), con la / ventaja de poderlo utilizar con el que lo necesite, sin representar, por ello, una pérdida de tiempo estimable.

Hemos dicho que nuestra actividad específica de proporcionar muestras de los terrenos que atravesamos, se complementa con un // perfilaje que no nos permite hacer abstracción de las relaciones / entre los diámetros de las sondas y los sondeos. A ese fin, se hace imprescindible una estrecha colaboración entre los sectores encargados de las perforaciones y los perfilajes, para evitar inconvenientes que puedan llegar a la obligación de tener que desechar / material existente, por falta de una coordinación adecuada.

En el tiempo que llevamos cumpliendo nuestra actividad, las / sondas para perfilajes radimétricos han variado sus diámetros entre 23 y 51 milímetros, negando toda posibilidad de ajustar los // sondeos a una única medida que resulte, a su vez, económica.

Al estimar el diámetro de perforación, no será posible des / cartar los milímetros de holgura que necesita una sonda para des / cender libremente en el sondeo y las posibilidades de entubación / ante la existencia de terrenos desmoronables.

A su vez, estas consideraciones, son transferibles a la capacidad de perforación de la máquina, que se irá reduciendo, a medida que aumentemos el diámetro de corte de las coronas por exigencias del de las sondas.

## II.2.- Bombas de Inyección

Es un elemento importante en perforación puesto que su función deberá ser:

Extraer los detritos del agujero.

Refrigerar la corona.

Estabilizar el tren de barras.

Servir de lubricante entre el tren de barras y la pared del sondeo.

En algunos casos la bomba se ofrece acoplada a la máquina y accionada por el mismo motor. No es una ventaja, porque la bomba quedará sujeta al régimen de trabajo del equipo, sin posibilidades de variantes cuando las necesidades lo impongan. Es preferible que cuente con motor independiente para que el operador pueda regularla siguiendo la trayectoria del sondeo.

Su capacidad deberá estar en relación al diámetro del sondeo, las barras y naturaleza del terreno, considerando que el ascenso de las partículas deberán estar alrededor de 40 cm./seg.. / Generalmente son a pistones para asegurar un caudal constante que unido a las variaciones de volumen, acordadas por el diferente régimen de revoluciones del motor, permitirá levantar, tanto partículas finas de terreno duro, como mayores de terreno blando.

Deberá, también contemplarse que si bien la inyección mas común es agua sola, habrá casos en los que será necesario agregar le bentonita o aditivos especiales para aumentar su densidad y // ser bombeada en esas condiciones.

Si bien el equipo de bombeo se instala, al lado de la máquina perforadora cuando la provisión de agua llega hasta el mismo // sondeo, puede darse el caso, de que eliminado el transporte se // bombee desde la misma fuente de producción requiriendo un equipo // apto para esa función.

## III.- ACCESORIOS DE PERFORACION (Cuadro 2)

### III.1.- Normas de Fabricación

Para interpretar las normas de fabricación y nomenclaturas/ que utilizan las distintas asociaciones de fabricantes para designar sus accesorios de perforación, se adjunta un detalle comparativo. (Cuadro 1)

En él se hace referencia a las distintas piezas que componen un sacatestigo que responden a modelos y medidas standards, // que aceptan y respetan esas asociaciones con una tolerancia de // mas o menos 0,005 pulgadas.

Como el conjunto de éstos accesorios y sus complementarios,

barras y entubados, responden a un sistema de uso telescópico, // cualquiera sea el sistema standard, el objetivo es el mismo, obtener testigos de diámetros determinados y lograr, en cierta forma, // que se puedan intercambiar aunque no procedan de un mismo fabricante.

La DCDMA como la CDDA cambian la designación de las "Series" pero no por los diámetros de corte exteriores que son similares. // Hacen uso de letras para designar los distintos accesorios par-// tiendo de letras bases R, E, A, B, N y H, que complementadas con otras servirán para señalar diferentes elementos.

Las letras base, E, A, B y N indican las barras convencionales antiguas, ya obsoletas, que han sido reemplazadas por otras mas / livianas que se designan incorporando una "W" (EW).

Los entubados respectivos serán "W", (AW) y "X", (AX), según lleven o no cupla. Las cuplas de los entubados tienen el mismo // diámetro interior de los entubados lisos sin cupla, pero, el tubo en particular sin la cupla, tiene diámetro interior mas grande, / por lo que resulta mas liviano.

Del cuadro que nos ocupa podemos extraer cuatro "Series": // "WG", "WM", "T" y "milimétrica".

La "Serie Milimétrica", como puede apreciarse, presenta medidas que no posibilitan su intercambio con la DCDMA y CDDA por / lo que su adopción deberá ser exclusiva. No obstante, sus fabricantes elaboran accesorios de las otras "Series" y proveen sus máquinas perforadoras aptas para su uso, a requerimiento.

Esta "Serie" tiene la particularidad, con referencia a la // elaboración Craelius, de presentar en cada medida distintos tipos de sacatestigos. Es decir, la "Serie T" para toda clase de terrenos y en especial friables, con inyección de agua. La "Serie TT" / y T-2 para formaciones duras y semi-duras con inyección de agua. // La "Serie K-3" para usar agua y lodo en terrenos, blandos duros y friables, y la "Serie K-3-S" es un modelo con tubo interior partido.

La "Serie T" de la CDDA, se diferencia de las "Series WG y // WM" por poseer mayor diámetro interior y por supuesto de testigo.

La "Serie WG" (Fig.6) se relaciona con sacatestigos simples y doble tubo, fijos y giratorios siendo su característica principal el alojamiento del retén o extractor de testigo directamente / en el interior de la corona que es cónico. Este detalle lleva a / que el tubo interior llegue hasta la parte superior de la corona / y que el líquido de inyección, que circula entre los dos tubos, // en el extremo inferior tome mayor contacto con el testigo, no /// siendo recomendables para terrenos blandos.

La "Serie WM" (Fig.5) sirve a sacatestigos doble tubo fijos y giratorios, y presentan la corona con su interior recto, de forma que el retén se aloja en un portaretén que sirve de prolongación al tubo interior hasta el borde inferior interno de la corona, reduciendo a un mínimo el contacto de la inyección con el testigo. Son para terrenos de cualquier consistencia.

Las conexiones de los cabezales de los sacatestigos a las // barras están standarizados con la mención de la "W" (de barra "W").//

Cuando la letra "G" y "M" se reemplaza por otra, que puede / ser "L" (Longyear), significará el modelo exclusivo de un determi- nado fabricante (NWL).

Las "Series NX, HX, y PX" de 76,2,99,2 y 121,6 milímetros de diámetro exterior también están standarizadas y se vinculan con sa catestigos especiales para el uso de lodos o aire.

En el sistema de sacatestigos a cable (Wire Line) (Fig.7) so- lamente están standarizados los diámetros de corte exteriores, para adaptarse al sistema de herramienta telescópica, pero no en cuanto a diseños y diámetros interiores, por cuanto resulta casi imposi-// ble intercambiar las piezas de esos sacatestigos entre sí. Este sis- tema es mas conocido como "Serie Q", pero la realidad es que respon- de a la marca registrada Longyear, habiendo equivalentes de otras/ marcas con denominaciones y diseños diferentes, como puede ser NDB, que es el sacatestigo a cable de la firma Diamant Boart.

Una aclaración que es conveniente efectuar es que en cual-// quiera de las Series de estos sacatestigos nos encontremos, con // una letra agregada, que en el caso de la marca Lonyear puede ser / "U" (NQ-U). Representa el sacatestigo a cable que se utilizará pa- ra perforar, inclinado, horizontal o hacia arriba.

Los datos aportados, serán útiles para una interpretación // primaria de las normas que rigen la designación de accesorios de / perforación y una advertencia a la posibilidad de encontrarse con/ materiales diversos que no posibilitarán sus combinaciones. No por ello debemos excluir aquel elemento, que a nuestro criterio, es // mas apropiado o evolucionado, para nuestra actividad y que con un/ simple adaptador de rosca podremos adoptarlo basándonos en que to- dos los diámetros exteriores son similares.

## II.2.- Barras de sondeo y entubados (Cuadro 2)

Las barras constituyen uno de los accesorios mas importantes en perforaciones, que por las tensiones a que están sometidas y su proyección en la construcción del sondeo necesitan ser de buena ca lidad y esmerada construcción.

La base reside en la calidad del acero que se utiliza en su/ fabricación, requisito que es muy difícil certificar pero que la / seriedad del fabricante será el mejor aval. Hay quiénes brindan // las normas de su fabricación en relación a la composición del ace- ro y las tolerancias de su maquinado.

Cualquiera sea el sistema normativo a que pertenezcan se ten drán las barras convencionales (E,A, B y N y EW, AW, BW, NW y HW) / con uniones, y las Wire Line, que son lisas, con rosca cónica y // con o sin uniones. Las barras convencionales mas modernas, "W", se fabrican con extremos recalcados, a excepción de las E y AW que // tienen pared interna lisa (Fig.9). El recalque en las barras B,N y HW (Fig.10) da el espesor necesario para que se construyan las ros cas en la misma barra, no admitiendo su reconstrucción una vez /

gastadas; ventaja que ha sido prevista recientemente, por los fabricantes Longyear, que las proveen con los extremos "sustituibles", introducidos a presión y soldados (CW-NCW) (Fig.11). También la firma comercial indicada, ofrece barras Wire Line con extremos recalcados (Fig. 13).

Con estos diseños y nuevas calidades de aceros, se tiende a hacerlas mas livianas para aumentar las capacidades de perforación de las máquinas existentes, sin necesidad de modificaciones en sus estructuras.

Cuando se adquiere éste elemento, generalmente se le acompaña de su respectiva unión, pero es recomendable adquirir un cierto porcentaje extra, porque su cambio periódico ayuda a la conservación de barras y roscas, por ser éste el punto de mayor desgaste.

En la Figura 12 se podrá observar el tipo de barra que responde a la "Serie Y", introducida por la Boyles Brother con uniones y roscas cónicas, al modelo de las petroleras.

En cuanto a los tubos para entubación, las exigencias serán menor, teniendo en cuenta que su uso y función no es permanente. No obstante, se tendrá que controlar que su diámetro interno sea el correcto, pensando que por su interior habrá que seguir perforando.

Los tubos para revestimiento se fabrican con o sin cuplas o uniones ("X" y "W") y pueden ser con rosca derecha o izquierda. Estos resultan mas favorables, ya que el tren de barras que gira internamente, tiende a apretar las roscas en lugar de desenroscarlas, cuando son roscados a derecha.

### III.3.- Sacatestigos

Existe una gran variedad de modelos de sacatestigos que permiten efectuar una selección según los objetivos que se persigan. Básicamente, se debe considerar la constitución del terreno y el porcentaje de recuperación que se busca, para aplicar el mas adecuado y en último caso mas económico.

Hay sacatestigos simples y dobles. Es decir, que consten de un solo tubo o de dos. En el primer caso éste se integra con una corona, que lleva el retén, un manguito calibrador o escariador, un tubo y el cabezal o conexión a las barras. Son de aplicación cuando las exigencias de recuperación no son muchas o se trabaja en una roca compacta y homogénea que no sufrirá por el roce con el tubo ni por el pasaje de la inyección; que lo hace entre el tubo y el testigo (Serie "WG").

Cuando la recuperación de testigo requiere mayor atención, es imprescindible recurrir al sacatestigo doble, que en atención a lo dicho, podrá seleccionarse entre doble tubo fijo o doble tubo giratorio. Son dos tubos que en el primer caso giran simultáneamente. En el segundo, el exterior solamente por mantenerse estático el interior mediante un sistema de rodamientos, que está en la parte superior o cabezal del sacatestigo. El retén se alojará en la

corona (WG) o en el portaretén del tubo interior (WM). Para estudios especiales pueden obtenerse con tres tubos.

Las características indicadas no son las únicas que diferencian a los sacatestigos, tenemos otras, que son dignas de considerarse por cuanto están vinculadas con las ocasiones en que las condiciones del terreno no se ajustan a los casos mas comunes. Podemos encontrarnos con arcillas que al humedecerse se hinchan, ofreciendo dificultades al paso de la inyección y a su extracción del tubo interior, o a la necesidad de trabajar con una inyección de lodo. En estos casos, será necesario contar con mayor espacio entre los tubos y la pared del sondeo, debiéndose sobredimensionar el frente de corte de la corona; contrariamente, a cuando el terreno estando muy diaclasado, reduciendo dicho frente, la presión sobre la roca será menor.

En terrenos muy blandos, que al simple contacto con la inyección se descomponen haciendo muy difícil su recuperación, se puede ensayar un sacatestigo doble tubo fijo con dos coronas (Fig. 38) o una corona y un tubo de penetración. Tanto el tubo exterior como el interior, llevan una corona de corte, que en el caso de la interior, puede reemplazarse por un tubo de frente cónico revestido con material duro. Uno u otro modelo se aplica de acuerdo a la dureza del terreno, pero en ambos, el accesorio interno es sobresaliente con respecto al externo, para su penetración "en seco", aislando al testigo del contacto con la inyección.

No todos los sacatestigos presentan una misma construcción. Cada fabricante introduce un modelo que lo distingue de los otros y como se acepta que es el producto de una gran experiencia, deberán respetarse sus instrucciones de armado que no siempre están en conocimiento de los operarios.

El sistema de sacatestigo a cable (Wire Line) responde al tipo doble tubo giratorio y es lo mas moderno para recuperar testigos. Su valor está en permitir la continuidad de la perforación hasta que la corona tenga buen grado de corte. El tubo interior, una vez producido su llenado, es extraído mediante un pescador o extractor que se baja por el interior de las barras unido a un cable (Fig. 7 y 8).

#### III.4.- Accesorios con diamantes

Desde el año 1862 en que se desarrolló la primera máquina perforadora con útil de diamante para perforar, su perfeccionamiento e incremento en el uso, ha sido cada vez mayor.

Los útiles con diamantes que se utilizan para perforar son: Coronas, brocas, escariadores o calibradores; zapatas y coronas para entubados.

El diamante, es el mineral mas duro puesto que ocupa el lugar 10 en la escala de Mohs y aparte de sus excelentes características para esta función tienen sus desventajas en su fácil rotura y sensibilidad a las altas temperaturas. La mayor parte de los diamantes que se utilizan para perforar, son monocristales y poseen planos de clivajes o rotura paralelos a la cara octaédrica. Cuando se someten a tensiones o cargas de choque, suele producirse su

cizallamiento por estos planos y en casos de altastemperaturas se/ queman, descomponiéndose en monóxido y dióxido de carbono.

No todos los diamantes tienen la misma dureza. Para los prin- cipales en su función de perforar tendríamos: Diamantes Boart /// 10.000, Ballas del Brasil 9,99 y Congo 9,96.

Los mayores productores de diamantes industriales para perfo- ración son Sud-Africa, El Congo, América del Sur (Brasil) y Rusia.

La calidad de los diamantes varía, pero para la fabricación/ de útiles de diamantes se les selecciona de acuerdo a tres catego- rías, siguiendo su forma, estructura cristalina y uniformidad de / superficie; que en orden decreciente de calidad serán aplicados pa- ra perforar rocas de mayor o menor dureza.

Los fabricantes adoptan designaciones propias para diferen- / ciar las tres calidades pero ajustándose a una de ellas será sufi- / ciente dato para su interpretación. El "Bureau of Mines" y el Cuer- po de Ingenieros de los EE.UU., usan las siguientes denominaciones:

1a.- AAA	WA - 1
2a.- AA	WA - 2
3a.- A	WA - 3

Ultimamente se está usando: AAAA para designar diamantes muy especiales. Una identificación de la calidad lo da su redondez, // que disminuye a medida que aquella se pierde. (Fig. 14)

#### III.4.1.- Coronas

Las coronas de diamantes se dividen en dos grupos:

- 1 - De inserción superficial (Fig. 19)
- 2 - De impregnación o concreción (Fig. 18)

En el primer tipo los diamantes son engarzados en la superfi- cie de corte y son diamantes enteros. En las coronas de impregna- / ción se usa el "Grit", que es el material partido por rotura o cli- vaje y que se distribuye en toda la matriz de la corona. Estas se / usan hasta el límite de la profundidad de impregnación, porque a / medida que la matriz se desgasta, nuevos diamantes van apareciendo.

Los diamantes engarzados son recuperables, por lo que se re- comienda no destruirlos ni llevarlos a un máximo de utilización.

En una corona se distingue una parte estructural y una fun- / cional. La estructural la integran la matriz, donde se engastan // los diamantes, y el cuerpo metálico.

La matriz constituída por polvo de carburo de tungsteno liga- do por fusión a metales blandos, cobalto, níquel, cobre, etc., es / una de las partes mas importante de la corona y a la que se le de- be prestar mucha atención cuando se selecciona. De acuerdo a las / combinaciones metálicas se consiguen diferentes grados de dureza, // que siguiendo la escala Rockwell C se puede clasificar en:

Normal	de 20 a 30 Rc	Color bronce
Dura	de 30 a 40	Color plata
Extradura	de 40 a 50	Color gris

Las primeras serán para terrenos no abrasivos, las segundas/ para una abrasión intermedia y las mas duras, para formaciones /// abrasivas y fracturadas.

En coronas impregnadas se guardará la misma relación y designación, aunque el grado de dureza no será el mismo. En estas coronas se busca que la dureza de la matriz esté bien relacionada con/ la del terreno, porque es fundamental que la matriz se desgaste // adecuadamente para dar lugar a que aparezcan nuevas capas de dia-// mantes, antes de que estos sean pulidos y pierdan su efecto de cor-te.

En cuanto a la parte funcional de la corona estará dada por:

- La conexión, o sea la parte roscada.
- Los contornos laterales con diamantes y sus bordes, tanto externo como interno, que en el primer caso servirá de estabilizador y mantendrá el diámetro del sondeo, y en el segundo, el diámetro del testigo. Estos laterales podrán tener distintas alturas, pero lo normal es que sea de 3/8 a 5/8 " (9.525 a 15.875 mm.).
- Los sectores con diamantes entre dos vías de agua. En estos/ sectores los diamantes engastados sobresalen de la matriz es casamente 1/8 a 1/3 de su diámetro, denominándose "exposición". Se usa mayor exposición en rocas blandas y semiduras y menor mientras mas dura y fracturada lo esté.
- Vías de agua. Sirven para el paso de la inyección que refrigera la corona y levanta los detritos del sondeo. Suelen fabricarse tipo estándar; pero es posible solicitarlas con mas vías de agua cuando se tropieza con terrenos blandos que obstaculizan el paso de la inyección o es necesario que fluya rápidamente para que no ejerza presión en el testigo.
- Frente de corte o perfil. Se fabrican con numerosos perfiles pero los mas comunes suelen ser: Escalonados (Fig.21) (uno o/ dos escalones) plano (Fig. 20), redondo y semiredondo (Fig./ 19). Las escalonadas tienen mejor penetración pero son de // mas elevado costo. Los perfiles restantes se vinculan con la dureza y abrasividad de la roca.

Cuando la abrasividad y fracturación de la roca es muy elevada, se protegen las vías de agua y diamantes, con pastillas de carburo de tungsteno. El exceso de presión en la inyección se manifiesta en la erosión que produce en las vías de agua.

En terrenos muy blandos, donde la inyección destruye al testigo, se puede eliminar en parte este efecto con coronas perforadas en el frente de corte, que dan paso a la inyección disminuyendo su contacto con el testigo (Fig. 22 y 23).

### III.4.2.- Concentración

Es muy común que las herramientas diamantadas cuando se adquieren, sean sugeridas en su tipo por la firma proveedora, y que luego, no se extraigan conclusiones de acuerdo a una experiencia propia, para su selección futura.

Las características que deben tenerse en cuenta, además del perfil, matriz, vías de agua y calidad, ya tratados, en la concentración o granulación de diamantes o sea, cantidad de diamantes // por quilates.

En términos generales diríamos que el tamaño del diamante y su exposición debe disminuir a medida que aumenta la dureza y fracturación de la roca. No por pedir mayor concentración se tendrán mejores rendimientos en perforación. La superficie anular de corte de las coronas ya está calculada para un máximo de diamantes, de acuerdo al diámetro de los mismos, y los fabricantes la proveerán siguiendo esas normas. Los diamantes son dispuestos en el frente de corte en líneas radiales alternadas, de manera de no dejar espacio sin corte, es decir, que los espacios vacíos entre diamantes en una línea radial, son cubiertos por los diamantes de la línea siguiente, por lo que una mayor concentración solo traerá problemas al fabricante y mayor costo. Debe recordarse que la herramienta diamantada es cara, pero que su incidencia en la perforación se puede disminuir, si se hace una adecuada selección.

Si bien todos los diamantes en una corona son importantes, / en mayor grado lo son los dispuestos en los bordes, que sufren los choques mas violentos y que conjuntamente con los laterales externos e internos, deben escariar y mantener el diámetro del sondeo y del testigo.

Cada modelo de corona lleva un determinado número de quilates de acuerdo con su concentración, existiendo normas definidas a las cuales se puede recurrir para la propia selección. (Cuadro 3)

Los quilates en un mismo tipo de corona disminuyen conjuntamente con el tamaño de los diamantes. De no conocerse exactamente la corona que será mas apta para el trabajo a realizar, es conveniente inclinarse por las coronas con diamantes de segunda calidad y tamaño mediano y chico, engarzados en matriz dura o el tipo estándar del productor. Servirán de punto de partida para futuras selecciones con la seguridad de que serán de efectiva aplicación.

### III.4.3.- Calibradores

Es la pieza que en los sacatestigos une a la corona con el tubo exterior y puede ser lisa, con revestimiento de material duro o con diamantes engastados.

Se construyen 0,2 a 0,3 mm. mas grande que las coronas y su función es rectificar el sondeo, manteniendo su diámetro para que cuando se cambie corona se pueda llegar al fondo del pozo sin inconvenientes; estabilizar el tren de herramienta, ya que los tres puntos de contacto del sacatestigo con las paredes del sondeo están dados por la corona, el calibrador y los nervios de material duro del cabezal. Hay sondeos donde es posible trabajar con escariado-

res lisos sin inconvenientes, esto lo determinará el mismo operador. De no ser éstos, se podrá seleccionar entre los que llevan un anillo circular (Ring type) (Fig. 24) o listones (Strip type) (Fig. 25) con diamantes o material duro. Su elección depende de las condiciones de la roca y de la inversión que se desee hacer.

#### III.4.4.- Coronas ciegas, zapatas y coronas para entubados

Las coronas ciegas (macizas) son de aplicación en casos especiales, chimeneas, respiraderos, inyección de cemento, etc., o /// cuando el testigo, es de muy difícil obtención y el sondeo es imprescindible realizar. Presentan problemas de desviación y refrigeración, por lo que es importante su diseño, y acompañamiento de estabilizadores. Las cóncavas (Fig. 16) son para terrenos semiduros y las piloto y aguzadas (Fig. 15 y 17) para terrenos duros y muy duros.

Las zapatas se utilizan para entubar y seguir perforando por su interior. No llevan diamantes en la cara interna. Las coronas / son para cuando se desea perforar algunos metros con el entubado.

Las coronas y zapatas para entubado no es imprescindible que sean diamantadas si el terreno es blando; pueden llevar pastillas/ de material duro o ser lisas como en el caso de las zapatas.

#### III.4.5.- Herramienta de corte con carburo de tungsteno (Fig. 26 y 27)

Las pastillas de carburo de tungsteno son de aplicación en / coronas, escariadores, trépanos y zapatas, sirviendo de reemplazo/ al diamante cuando las condiciones del terreno así lo permiten. Si bien sus costos serán inferiores, no llegarán nunca a substituir / al diamante en formaciones semiduras o duras. El rendimiento será/ siempre inferior por el afilado constante, los tiempos de manio-// bras, sus vibraciones transmitidas al tren de barras, el avance mucho mas lento y la menor recuperación de testigo; aunque, a veces/ resultan irreemplazables en arcillas. Tienen mejor penetración y/ dan mayor paso a la inyección. Es recomendable siempre tener a mano algunas.

El material duro es plenamente justificable en zapatas por / su función reducida, en escariadores, cuando no se desea invertir/ en diamantes y en trépanos cuando no es fundamental la obtención / de testigos. Estos se fabrican escalonados, lo que permite una buena penetración y excelente paso de inyección; constituyendo una solución cuando hay dificultades con el sacatestigo. Deben acompañarse de guías para evitar desviaciones.

### IV.- OPERACIONES EN PERFORACION

#### IV.1.- Instalación del equipo

Cuando se va a iniciar un sondeo es de capital importancia / el emplazamiento de la máquina. Se hará sobre una plataforma de madera o concreto, construída al efecto, donde el equipo quede perfectamente nivelado y anclado; recordando que debe soportar un es-

fuerzo superior al del tren de barras y al del propio equipo. El agua de inyección no deberá filtrarse hacia la plataforma que en poco tiempo estará desnivelada y con serios problemas en la construcción del sondeo.

#### IV.2.- Instalación del castillete o torre

Es muy común eliminar la torre para maniobras cuando se requiere un equipo, pensando en la utilización de una cabriada o trípode. La torre, cuando está anexada a la máquina y tiene sus desplazamientos hidráulicos, da más firmeza y significa ahorro de tiempo con respecto al conocido trípode, que por la abertura de sus parantes necesita contar con buen espacio.

La altura que se le dará estará relacionada con el tramo de barras que se desee extraer por vez, 3,6,9, etc., metros. Una plataforma para el operario y un brazo de apoyo para las barras hará falta, si se ubican éstas en forma vertical (Fig. 28).

Para la perforación inclinada (Fig. 29) es más común el uso de trípode, porque no son muchos los modelos de maquinarias que ofrecen torres para uso vertical e inclinado a la vez.

En una perforación inclinada, el armado del trípode requiere una especial atención para evitar que los parantes se doblen o el trípode se incline. El centro de la cabriada o el espacio entre los dos parantes delanteros, deberá coincidir con el centro de tiro de un equipo. El tercer parante será para apoyo e inclinación necesaria. Desde la roldana o malacate descenderá una canaleta, o madera, que sin llegar al extremo superior del cabezal servirá para apoyo de las barras en las operaciones de bajarlas y subirlas. De no contarla, se doblarían por su propio peso y no se podrían maniobrar.

#### IV.3.- Instalación de la Bomba para Inyección y Circuito

Cuando se instala la motobomba, debe quedar a la vista y alcance del operador, para poder regular el caudal y controlar la presión observando el manómetro, posición que puede variarse colocando en el propio equipo las llaves de manejo de la circulación y controles si la motobomba se encuentra a distancia.

La inyección en su función de lubricar la herramienta en el sondeo y levantar o suspender el material de corte, no exige mayor atención si se trabaja con agua limpia y circuito abierto. Si esta situación no se da, es porque la construcción del sondeo no es normal y nos encontramos con pérdida de inyección, paredes que se derrumban, o arcillas que se hinchan obstaculizando la perforación. El resultado es preparar una inyección especial y un circuito cerrado.

Una inyección preparada tendrá por función, rebocar las paredes del sondeo, impermeabilizarlo, levantar partículas más pesadas, acelerar la penetración de la corona, mantener en suspensión el material de corte y desplazarse con fluidez en la bomba, cañería, y sacatestigo.

Siendo un circuito cerrado, en el que el mismo fluido deberá retornar al sondeo se tendrá que desalojar el material inerte de la inyección. Como no es tarea habitual, no son muchos los implementos

de que se dispone, mas si consideramos que este tipo de maquinaria normalmente trabaja a nivel de piso y todo lo que se implemente // conservará esa posición, a no ser, que la topografía del terreno / favorezca alguna variante.

Si el terreno no se adapta para construir un circuito de decantación natural se puede construir uno como el que indica la Fig. 33 que tiende a hacer perder velocidad al líquido que sale del sondeo para que las partículas precipiten.

Para llegar al correcto grado de limpieza de la inyección, / donde el material inerte no debe superar el dos o tres por ciento, es problemático que el circuito indicado, o el que se prepare en / el terreno, llegue a satisfacernos plenamente. Contar con un ciclón // separador de limo (Fig. 30) es una ventaja. Haciendo circular periódicamente la inyección por el ciclón, obtendremos buenos resultados, considerando que el volumen que se manipula es bastante / reducido.

Para preparar una inyección adecuada con bentonita es conveniente // utilizar un mezclador (Fig. 31) y dejarla reposar unas horas (24) para su hidratación.

La limpieza del lodo es fundamental cuando nuestros estudios los queremos basar en la recuperación de cuttings. Al faltar limpieza retornamos al sondeo el material triturado quitando fidelidad a las muestras y poniéndonos en riesgo de producir obstrucciones que nos obligará a extraer todo el tren de herramientas.

La presión de trabajo del líquido se regula con la válvula / (Fig. 36) que para ese fin lleva la bomba, tratando de que siempre esté limpia para que actúe en el momento adecuado, evitando que un exceso de presión irrumpa por cualquier otro punto del circuito.

La falta de presión en el circuito puede deberse a que el volumen que inyectamos, siendo correcto, no tiene obstáculos en la circulación. Si ésta falta de presión es temporaria y se manifiesta / con una reducción de volumen en boca de pozo, puede tratarse de una pérdida que se insinúa.

El aporte de algun elemento o instrumento agregado al circuito que nos certifique la circulación, como puede ser un caudalímetro, es muy importante. Eliminando las dudas, evitaremos retirar / la herramienta, sin justa razón. Una operación práctica, es doblar la manguera que va a la cabeza de inyección; en el esfuerzo para / hacerlo detectaremos paso y presión.

#### IV.4.- Iniciación del sondeo

Conjuntamente con la instalación de la máquina y la bomba, / deberá preverse la construcción de la boca del sondeo que desde un principio debe quedar bien realizada.

Si el terreno es desmoronable se podrá cavar un hoyo y llenarlo con concreto si la parte firme está a no mas de un metro. Si la profundidad es mayor, ya habrá que usar un trépano y entubar a / la medida necesaria. Por el contrario, si la roca es bien firme, / se inicia la perforación directamente desde superficie, utilizando

el "sacatestigo iniciador" que no tiene mas longitud, que el espacio que media entre el piso y el mandril del cabezal.

Para evitar el balanceo de la barra portadora de la cabeza / de inyección, deberá colocarse, en la parte superior del cabezal, / el anillo guía, de diámetro igual al de la barra.

#### IV.5.- Uso y mantenimiento de barras y entubados

Las barras de perforación se pueden distinguir entre las de tipo convencional y wire line. Ambas deberán ser de buena calidad, y se tendrá en constante observación, su rectitud, estado de sus / roscas y desgaste general, que se produce cerca de las roscas por su roce con la pared del sondeo al flexionarse por un exceso de / presión.

Las barras convencionales llevan manguitos o uniones y muy / poco las wire line. Cuando hay manguitos se debe cambiar su posición dándolos vuelta, para que ambas roscas se gasten en forma // uniforme. Si hay resistencia de parte de los operarios se les debe exigir, porque de lo contrario se oxidan y endurecen, necesi- / tándose posteriormente, mucho esfuerzo para desenroscarlas llegan- / do a dañarlas y hasta inutilizarlas.

Se deberá siempre limpiar las roscas con cepillo de acero y engrasar antes de roscarlas. En las barras convencionales el desgaste de sus espejos podrá protegerse usando arandelas de cobre, / que son muy útiles cuando por desgaste hay pérdidas de inyección.

Un buen método para ayudar a conservar las barras es colo- / carlas ordenadamente al extraerlas, sobre caballetes o brazo de / apoyo de la torre, de forma que cuando se vuelven a introducir, / se empiece por la primer barra extraída. Al rotarlas y cambiar su posición dentro del sondeo, variará su situación a las tensiones.

Con frecuencia las barras se encuentran tiradas en el lugar de operaciones o utilizándose las como palanca, rodillos u otros / fines que aparentemente no les ocasiona deterioro, pero que se re- / velan una vez aplicadas en el equipo. Las barras dobladas provo- / can grandes vibraciones en el tren de perforación.

Un detalle indicativo de que se perfora correctamente, o // que se cuenta con un buen operador, es que cuando se extrae del / sondeo el sacatestigo y las barras, todas las piezas pueden ser / desenroscadas sin esfuerzo, y el desgaste, producido normalmente en todo su contorno.

La correcta perforación se obtiene, cuando la presión, la - / regulación del avance, el volumen de inyección y las revoluciones de la corona se combinan de forma, que el tren de barras no se do- / bla y las paredes del sondeo no se dañan.

Si bien, el entubado no es de mucho uso, requiere, los mis- / mos cuidados que las barras; especialmente que no hayan sufrido / abolladuras que reduzcan su diámetro interno y frenen el paso de / la corona.

Al entubar un sondeo se colocará resina caliente en las ros- / cas, si no son izquierdas, para evitar que se desenrosquen con el

golpeteo de las barras al perforar. La resina ajusta bien las ros-  
cas, llegándose a utilizar para recuperar barras cuando se cortan/  
y se presumen que no han quedado aprisionadas. Esta operación, que  
se ejecuta combinando barras con rosca derecha y campana o macho /  
pescador izquierdo, viene a convalidar lo dicho sobre una correcta  
perforación.

Habiendo exceso de presión, las barras tomarían tal ajuste,/  
que la resistencia de la resina no sería suficiente para desenros-  
carlas.

#### IV.6.- Armado de sacatestigos

Es éste el accesorio mas importante en la perforación testi-  
gada y son pocos los operarios que realmente conocen su armado y /  
mantenimiento . Es fundamental que cada vez que se extrae el saca-  
testigo para descargarlo, se laven los tubos para retirarle la are-  
na que pudo haber quedado adherida, se revisen y engrasen los roda-  
mientos, se controle el desgaste de los nervios estabilizadores //  
del cabezal, y escariador, que no siendo normales, contribuyen al/  
desgaste del tubo exterior en su roce con las paredes del pozo. //  
Portaretén y retén también se desgastan. El primero, de no ser ros-  
cado, cae sobre la corona obstruyendo el paso de la inyección y el  
segundo, si es de anillo partido, no retiene al testigo despren-//  
diéndose cuando es extraído.

Los sacatestigos deben ser regulados en su salida de inyec-/  
ción.

Como se dijo anteriormente, se fabrican diversos modelos de/  
sacatestigos y todos ofrecen la posibilidad de regulación, tratán-  
dose del doble tubo. Es decir, que al armarlo se debe regular el /  
espacio que queda entre el portaretén e interior cónico de la coro-  
na, de acuerdo al terreno que se está perforando. En terreno semi-  
duro a duro, mayor espacio que en blando, para reducir el pasaje /  
de inyección que baña y destruye al testigo. Este espacio o luz no  
debe superar los 2 mm..

Existen sacatestigos (Fig. 7) que en el cabezal llevan sepa-  
radores o distanciadores que son arandelas de goma y hierro ("L" o  
"Q"). En principio, estas arandelas sirven para la regulación men-  
cionada y para detectar inconvenientes en el fondo del sondeo. Con  
exceso de presión las arandelas de goma se hinchan y cierran la //  
circulación, anunciando la necesidad de retirar el sacatestigo. //  
Con este objeto se fabrican arandelas de goma para distintas pre-/  
siones. Presiones, que se pueden, también hacer variar, según se /  
las coloque juntas o separadas por arandelas de hierro. En terre-/  
nos fracturados se confunde acuñamiento del testigo con dureza.

Otra observación importante es comprobar si el cabezal o el/  
tubo interior lleva, y no está obstruido, el orificio que sirve pa-  
ra expulsar la inyección que se acumula en su interior.

De no haberlo, al penetrar el testigo comprime el líquido //  
produciendo una contrapresión, que el perforador, ante la falta de  
avance, pretende vencer con exceso de presión, doblando el tren de  
barras. Algunos cabezales llevan, para este fin, bolillas de acero,  
que de no ponerlas, la inyección pasará por el tubo interior des-/  
truyendo al testigo, si el terreno es blando o poco consolidado.

Al sacatestigo a cable se le debe brindar el mismo cuidado / que a los ya citados, con el agregado de las barras, que por su interior debe salir el tubo interior y el espacio entre ambos es muy reducido, al extremo, que utilizando circuito cerrado, la arcilla / de la inyección se adhiere a las paredes trabando la extracción // del tubo.

La mayoría de las piezas de éstos sacatestigos sufren desgaste, pero hay una en especial que por su ubicación en el interior / del escariador y no salir con el tubo interior, no se le presta mayor atención. Es el anillo estabilizador, que colocándolo sobre el / diámetro exterior del tubo interior, su holgura, no debe superar / 0,030", para determinar que es necesario cambiarlo.

Una de las recomendaciones que es importante destacar, por / no ser de uso habitual, es el descenso del tubo interior de Wire / Line en los denominados "pozos secos". Acostumbrado el operario a / arrojar desde superficie este tubo en sondeos con agua, que le sirve de muelle, efectúa la misma operación cuando hay pérdida de inyección. Para hacerlo debe estimar que el recorrido en seco (desde superficie a nivel de agua) no producirá un impacto que por su intensidad resulte perjudicial. Caso contrario, deberán usarse las / piezas que para esta finalidad se proveen, permitiendo bajar el tubo con cable, dejarlo ubicado en el tubo exterior y desenganchar.

Según sea el tipo de perforación que se piensa ejecutar, vertical, horizontal, inclinada o hacia arriba, será el sacatestigo; / aclaración que debe efectuarse en el momento de su adquisición, para que se provean las piezas complementarias. Los proveedores // Long year lo designan "Q-U".

#### IV-7.- Rotación y presión sobre coronas de diamantes

La velocidad de rotación en las coronas con diamantes engastados (Gráfico 1) variará según la consolidación de la roca, pero / en términos generales podría ser:

1 metro por segundo en rocas duras. (Rot. Per.)

3 metros por segundo en rocas blandas (Rot. Per.)

Las coronas de impregnación se operan a mayor velocidad, 2 a 4 metros por segundo.

Cuando se trabaja en terrenos uniformes es posible seleccionar el tipo de corona que mas se adapta y establecerles los regímenes mas adecuados de revoluciones y presiones; pero tratándose de / terrenos sedimentarios, donde alternan diferentes formaciones, la / situación se plantea distinta. Para ello se parte de un tipo de corona de características intermedias o standard, que fijándole ciertas reglas técnicas, un buen operador se encargará de ratificar o / modificar. No obstante, hay observaciones prácticas, que son útiles / para conocer aproximadamente si se trabaja en forma correcta. / Como ser: la modificación del régimen de marcha del motor del equipo indicando la dureza del terreno. La mano aplicada sobre el equipo o el tren de barras permitirá conocer si la penetración es suave o produce vibraciones. La disminución del caudal de salida de / la inyección en boca de pozo o aumento de presión en el manómetro / de la bomba, está anunciando obstrucción del pasaje de la inyec-//

ción en la corona, sacatestigo y pared del pozo o penetración en / zona arcillosa. El color de la inyección, cuando se conocen los pa- ses litológicos.

Respecto a la presión sobre el útil diremos que está en es- / trecha relación con la velocidad de penetración. De cualquier mane- ra, se deberá tener en cuenta que el peso que se aplica sobre cada / diamante activo, deberá ser lo suficientemente grande para que la / piedra penetre en la roca. Es decir, que la superficie de contacto deberá tener una fuerza que exceda la resistencia de la roca, pero a su vez, sea menor que la resistencia de rotura del diamante. El / grave problema de los diamantes es su pulido, que se produce prin- cipalmente cuando los diamantes trabajan sueltos por falta de pre- sión.

Con frecuencia, el peso máximo que puede aplicarse a una co- rona excede al que puede soportar el tubo colector de testigo que / es de pared delgada, pero aún así, no deberá exceder de:

Proporción útil de quilates x Número de piedras por quilate x 15 Kg.

---

3

Relación que nos dará 5 Kg. de peso máximo sobre diamante de tipo especial, y 3 Kg., cuando es de calidad inferior.

También es posible determinar la presión de acuerdo al si- // quiente cálculo: Considerando que trabajamos con una corona de 10 / quilates y 30 piedras por quilate, tendremos un total de 300 pie- / dras. De las 300 piedras solamente 1/2 a 2/3 serán piedras activas, es decir, 150 o 200 piedras las que soportarán presión. Si sobre / cada piedra aplicamos 4,5 Kg., tendremos que la presión total nece- saria será de 680 a 900 Kg. respectivamente.

Si se desea ser mas exacto, se pueden contar rápidamente los diamantes del frente de corte, que están dispuestos en líneas ra- / diales perfectamente visibles. Multiplicando los diamantes de cada línea, por la cantidad de líneas, tendremos su total.

En caso de coronas usadas se deben descontar los diamantes / rotos o desprendidos.

#### IV.8.- Inyección - Lodos - Cementación - Entubación

No siempre en perforaciones se puede utilizar agua limpia co- mo inyección. Cuando aparecen aberturas o derrumbes en las paredes de los sondeos, se deberá preparar una inyección en base a bentoni- ta y aditivos especiales, si las condiciones lo exigen, para tra- / tar de corregir el estado transitorio del sondeo.

Es común, que antes de tomar medidas de ésta naturaleza, in- tentemos seguir trabajando con algunas precauciones en lo que deno- minamos "pozo sucio". Entre éstas precauciones puede estar la eje- cución de las maniobras de agregado de barras y descarga de los sa- catestigos en el menor tiempo posible, evitando la detención de la circulación y decantación del material molido. Un sacatestigo a ca- ble se dejará suspendido a una altura del fondo del sondeo equiva- lente al volumen de detritos acumulado en el tiempo ocupado en /// extraer el testigo. Lo mismo si paralizamos circunstancialmente la

perforación.

El retorno del tren de herramientas al fondo del orificio lo debemos efectuar con circulación de líquido en las últimas dos o tres barras, en salvedad de taponamientos. Contrariamente, trabajando con barras y sacatestigos convencionales, podemos llegar al fondo del sondeo sin necesidad de hacer circular, incorporando, a continuación del sacatestigo, una unión de barra con válvula (Fig. 32) para no dejar ascender la inyección por el interior. En sacatestigos que llevan cabezal con bolilla produce el mismo efecto. Se supone, que el cierre de la válvula en el descenso, solamente, admitirá el llenado interior del sacatestigo con el líquido de mas arriba que es mas limpio, y lo conservará hasta el fondo del pozo sin dar lugar a la incorporación de suciedad.

Otra alternativa que no se contempla en los desprendimientos de los niveles superiores, es la disminución de presión contra las paredes cuando retiramos las barras produciendo una reducción de volumen y descenso de nivel. Para restituir las condiciones primitivas, desde boca de pozo se deberá cubrir con inyección el vacío producido.

Si los recursos de un buen lodo no son positivos para cerrar una pérdida y deseamos cementar se deberá bajar previamente, uno o dos obturadores (Packer) (Fig. 35) para que ubicados en el lugar de la pérdida nos permita inyectar el cemento a presión. Los intentos de agregar, por boca de pozo, por lo general fracazan, porque si la fractura que la provoca es algo amplia, aunque se nos llene el sondeo, con el transcurrir de las horas la inyección de cemento buscará su nivel dejando parte de la fractura sin llenar o sellar.

Para ganar tiempo en ésta operación se pueden incorporar a la inyección de cemento aceleradores de frague y cuerpos inertes, del tamaño que sea posible bombear para que se fijen en las grietas y obstruyan su paso.

Considerando que la preparación de un lodo adecuado, puede llegar a evitarnos una entubación, esta resultará el último recurso si los esfuerzos anteriores han fracasado.

La entubación con las máquinas que nos ocupa, es una operación para la que debemos contar con algunos implementos cuando los tubos no descienden normalmente por el interior del sondeo y es necesario rotarlos. Si el diámetro del husillo del cabezal admite el paso del entubado que estamos utilizando, su rotación será una operación fácil; si en cambio, el entubado es de mayor diámetro, tendremos que hacerlo mediante una barra en el cabezal y una reducción de roscas para acople del entubado, no olvidando que para posibilitar esta función tendremos que contar con trozos de entubado de una longitud igual al espacio que media entre la boca del sondeo y el mandril de la máquina. Cuando se baja entubado es conveniente acompañarlo con inyección para que facilite su descenso y refrigere la corona o zapata, si hay que rotar.

A través de formaciones blandas, fracturadas o sueltas, que se derrumban a medida que perforamos, es factible superarlas, ejecutando simultáneamente la perforación con la entubación. Una idea la podemos tomar del sistema "Duplex", de Atlas Copco (Fig. 37), en el que al mandril propio del equipo que está ubicado en el ex-

tremo superior del cabezal, se le incorpora otro mandril doble para ajustar conjuntamente entubado y barra para que giren simultáneamente. Alcanzada la profundidad deseada, se deja el entubado y se retiran los accesorios centrales, continuando normalmente la perforación.

Cuando se trabaja con circuito cerrado es conveniente agregarle al agua bentonita, aunque no lo exija la marcha de la perforación y algún lubricante para disminuir el desgaste de las barras e incrementar el régimen de revoluciones.

En algunas oportunidades todos los ensayos realizados, incluyendo la entubación, no dan resultado para detener la pérdida de inyección y se debe continuar perforando con pozo seco, es decir, la inyección se pierde antes de salir a superficie, provocando vibraciones en el tren de barras que impide mantener el régimen de revoluciones con que se debe trabajar. Puede llegar a evitarse, si desde la boca del sondeo se vierte sobre las barras, periódicamente, un lubricante en reemplazo del agua permanente, que también se aconseja.

El caudal (Q) de inyección necesario para que una partícula de 1 mm. de diámetro ascienda a una velocidad de 40 cm./s, por la sección anular (Gráficos 2 y 3) comprendida entre la pared del sondeo y las barras, sería:

$$Q = \frac{40 \times S \times 60}{1.000} \text{ (L/min.)}$$

de donde  $Q = 2,4 \times S \text{ (L/min.)}$

S es la sección anular en cm<sup>2</sup>. (Gráfico 4)

Según sea el avance de la corona por la constitución del terreno se pueden establecer caudales mínimos y máximos, que no tendrán que ser inferior a 30 cm./seg. ni superior a 50 cm./seg., o sea:

$$Q \text{ min.} = 1,8 \times S \text{ (L/min.)} \quad Q \text{ max.} = 3,0 \times S \text{ (L/min.)}$$

#### IV.9.- Inyección de aire

En climas fríos o zonas con dificultades para la provisión de agua se puede recurrir al aire como inyección. Sus factores negativos son que no produce efecto estabilizador y la herramienta de corte no tiene los mismos rendimientos que trabajando con agua. Usando sacatestigo se debe estar atento con la humedad del terreno o la producida por el agua que acompaña al aire, si no se dispone de un recuperador de humedad en el compresor. De no haber un buen desalojo de los detritos, se forman anillos alrededor del sacatestigo que fuerzan la rotación al extremo de cortarlo o aprisionarlo, por el recalentamiento de las piezas.

Ultimamente se está poniendo en uso, para cuando no es necesario el testigo en los equipos rotativos, el martillo percutante neumático de fondo. Se pueden alcanzar apreciables profundidades con rendimientos muy beneficiosos, especialmente en terrenos secos y compactos. Habiendo humedad o agua en el sondeo, obligadamente se tendrá que reemplazar la inyección de aire por la de agua, para

lo cual también hay martillos.

#### IV.10.- Anormalidades y correcciones

##### Vibraciones

Las vibraciones constituyen uno de los defectos de perforación de mayor trascendencia en el conjunto, equipo y accesorios // que van en el orificio. Producidas hacen impracticables el trabajo, obligando a encontrar sus causas para evitar desgastes anormales y excesivos. Entre los motivos que pueden originar las vibraciones y posibles soluciones, veríamos:

<u>CAUSA</u>	<u>SOLUCION</u>
Deficiente fijación del equipo.	Ajuste periódico de los anclajes.
Desproporcionada relación entre los sacatestigos y barras.	Bajar revoluciones.
Excesiva rotación, avance y peso sobre la corona.	Modificar. A mayor peso menor rotación y viceversa. Engrasar barras.
Sondeo, sacatestigo o barras // curvadas.	Disminuir la velocidad de avance/ en lo primero y efectuar cambios/ en el resto.
Desgaste del testigo o uso de / coronas inadecuadas.	Seleccionar corona, no demorar el tiempo de perforación y disminuir inyección.
Descentralización de las mordazas del mandril.	Centrar correctamente y luego bajar con una o dos únicamente.
Desgaste desigual en los nervios estabilizadores del cabezal del sacatestigo.	Controlar sus roscas y disminuir/ la presión.

#### Defectos y correcciones en el uso de coronas de diamantes

Los accesorios de corte diamantados deben usarse hasta que su avance sea rentable y los diamantes, sin haberse desprendido, recuperables. Es necesario mantenerlos en constante observación para poder // efectuar su cambio en el momento oportuno. Se puede estar trabajando con una corona con buen rendimiento pero que los diamantes estén a punto de desprenderse. Puede haber una excesiva abrasión y / equivocada dureza en la matriz, que sufre un desgaste prematuro de jando sin sostén a los diamantes. El desgaste de la matriz debe // llegar hasta 2/3 del tamaño de los diamantes.

Ensanche de las vías de agua, con posibilidades de desprendimiento de los diamantes próximos, puede deberse a un exceso de caudal y presión en la inyección o a falta de limpieza en el fondo // del sondeo.

Interrupción o insuficiencia de inyección, puede quemar las coronas. Las pérdidas de inyección entre barras disminuye el caudal en el fondo.

Para un adecuado uso de la herramienta diamantada pueden seguirse las siguientes recomendaciones:

No inicie un sondeo con corona nueva.

No trabaje la corona nueva a alta velocidad y presión los primeros metros. Vaya graduando.

No toque los diamantes con metales, que se rompen fácilmente.

Use llaves especiales para desenroscar coronas y escariadores y // nunca las coloque en la zona de matriz o diamantes.

No haga girar las coronas con diamantes grandes a la misma velocidad que las que llevan diamantes chicos. Mientras mas chicos mayor velocidad.

Haga circular la inyección antes de empezar a perforar y deje circular un momento, cuando haya finalizado.

No corte el testigo en seco, en cuestiones de segundo se quemán // los diamantes.

No use en el sondeo una corona nueva después de una usada, tendrá/ que escariar para llegar al fondo por la diferencia de diámetro.

Mantenga la boca del sondeo tapada cuando no perfora, pueden caer/ objetos metálicos, que luego destruirán las coronas.

#### IV.11.- Aprisionamientos

Cuando se producen éstos casos la desesperación suele llevar a efectuar maniobras que solamente contribuyen a agravar mas la situación. Lo primero que se intenta es destrabar la herramienta utilizando la fuerza del equipo. Habiendo circulación, la primera operación debe ser tratar de rotar las barras usando las llaves. La 7 causa puede estar en una piedra desprendida de la pared del sondeo que sirve de cuña. Si se aprecia que no cede por falta de fuerza, / use el equipo con movimientos suaves, caso contrario corre el riesgo de cortar las barras.

Si la situación ha empeorado y ya no se tiene circulación, / es conveniente analizar bien las posibilidades de éxito de futuras maniobras porque muchas veces, se invierte mas en operaciones de / pesca, que en el valor del material a perder o en el tiempo necesario para alcanzar la misma profundidad repitiendo el sondeo.

Antes de decidirse conviene aplicar martinete, conjuntamente con bombeo de inyección, por si se abre nuevamente la circulación, que ayudará a desprender.

El resto, ya corresponde a usos de machos o campanas pescadoras, de roscado derecho, si se desea tirar y de roscado izquierdo / si se desea desenroscar (Fig. 4-1, 4-2 y 4-3).

Perforar alrededor de la herramienta aprisionada es otro recurso pero requiere la reperforación o ensanche (Fig. 40) del sondeo. Cuando queda libre todo el interior del material que está en / el sondeo se puede perforar por su interior, lavando unos cincuenta centímetros para que sirva de recipiente al material del fondo / del sondeo.

## V.- COSTOS

En perforaciones el problema del costo es de fundamental importancia. El conocimiento de los costos de un trabajo en su relación con los resultados obtenidos, es el punto de apoyo donde descansará toda futura planificación, debiéndose enfocar todos los aspectos que conforman la actividad, para determinarles sus incidencias individuales dentro del conjunto, y poder efectuar los ajustes convenientes.

Para su análisis será necesario munirse de material informativo, diario, quincenal, mensual o como se estime mejor, en el que deberán volcarse todos los datos concernientes a la marcha del trabajo, con la suficiente claridad que permita extraer conclusiones ciertas sobre costos y desempeños técnicos (Planilla 1).

A título informativo, se suministran dos ejemplos de descomposición de un costo de perforación. Sus incidencias porcentuales son solamente indicativas, debiéndose ajustar al nivel económico // del sitio donde se los considere.

### EJEMPLO 1

Mano de obra	35	%
Gastos generales de la Empresa y salarios de Dirección.	8,5	%
Transporte al emplazamiento	2	%
Coronas de perforación	16	%
Reparaciones	5	%
Combustibles y lubricantes	3,5	%
Cemento, barras y entubados	4,5	%
Suministro de agua	2	%
Anualidades y deprecaciones	3,5	%
Análisis de muestras	11	%
Accesos, nivelaciones	9	%
	<hr/>	
	100,00	%

### EJEMPLO 2

Mano de obra - cargas en la obra. Desplazamientos.	58	%
Consumo de materiales	15	%
Energía	1,2	%
Alquileres	4,5	%
Talleres	4,5	%
Transportes	1	%
Suministros	1,2	%
Estudios y Ensayos	2	%
Administración	12,6	%
	<hr/>	
	100,00	%

La mano de obra al constituir la mayor incidencia necesita / de un efectivo control, que deberá realizarse, no sobre la base de una reducción antojadiza de personal que puede resultar perjudi-// cial para la actividad, sino, sobre la introducción de mejoras en/ las operaciones, que propendan a un rendimiento mayor. Para ello, / se partirá de la fijación de un metraje mínimo de perforación por/ turno de trabajo, a lograrse con el apoyo de algunas iniciativas. / Como ser:

- Reducción del tiempo de maniobras. Aplicando elevadores automáti-// cos de barras, mandril hidráulico (Fig. 44 y 45), extrayendo mas/ de una barra por vez, utilizando dos sacatestigos, apoyando los/ sondeos profundos con más personal o introduciendo el uso del sa-// catestigo a cable.
- Reduciendo el tiempo de traslado e instalación de los equipos.// Antes de la finalización de un sondeo ya debe estar preparada la base de fijación y la playa de trabajo. Si se puede contar con / dos equipos, aunque uno solo se opere, se ganará perforando el / tiempo ocupado en instalación, por haberse efectuado anticipada-// mente.
- Mantener en el lugar de trabajo los accesorios de mayor consumo/ y los repuestos estimados imprescindibles.
- Disponer de materiales para reemplazo del que está en situación/ de agotamiento. Continuar usándolos, obligará al operario a to-// mar las prevenciones necesarias para evitar roturas, disminuyen-// do su ritmo de trabajo.
- Considerar muy especialmente los sondeos de construcción difícil. Por ejemplo aquellos que con la interrupción de la perforación / sufren desmoronamientos. Conviene disponer el trabajo continuo / hasta su finalización.
- Evitar las interrupciones. Trabajar en programas de sondeos con-// cretos.

La inversión en accesorios de perforación, es la segunda en/ importancia en el costo de perforación. Su mayor volumen está re-// presentado por los elementos que se introducen en el sondeo. Aun-// que éstos consumos dependerán de las condiciones del terreno, es / importante tener una idea aproximada al respecto. Se da el caso de que no disponiendo de personal apto para la actividad, se toman co-// mo ciertos los consumos que estos provocan, cuando no es mas que / el producto del mal uso y aplicación de los elementos. Detectado / el error, conviene programar un plan de capacitación del personal.

Útiles diamantados, barras y sacatestigos son los accesorios que sufren mayor desgaste, y sobre los que se deben efectuar oportu-// nas previsiones para mantener la continuidad de trabajo.

En los útiles de diamantes, no deben olvidarse, que siempre/ queda un rezago con valor a favor, que debe descontarse del valor/ inicial, para recién ser aplicado al costo. Es decir, que siendo C el precio de la corona nueva, D el valor de los diamantes recupera-// dos y N el metraje realizado, el costo final será: (Planilla 2)

$$\frac{C - D}{N} = \text{Costo Final}$$

En el caso de tubos para sacatestigos los rendimientos pueden estar alrededor de los 100 metros en granito y 200 metros en otros terrenos. En barras, estimar que 300 metros podrán ejecutar/ 3.000 metros de perforación.

En última instancia, sin entrar a considerar su incidencia, tendremos los valores de amortización de la maquinaria en general, que podrá establecerse por días u horas de funcionamiento.

#### VI.- PERFORACIONES PERCUTANTES NEUMATICAS

Es posible utilizar con fines de exploración geológica equipos percutantes del tipo carro perforador o Wagon Drill. Su aplicación dependerá de los objetivos que se persigan, atendiendo a que no poseen la misma ductilidad que los equipos rotativos. Se obtendrá rapidez de ejecución y economía, como ventajas sobresalientes, y falta de maniobrabilidad y capacidad de perforación, como desventajas.

Dispuestos a su utilización, partiremos con la selección del equipo, que estará en íntima relación con la profundidad de los // sondeos. Sus características diferenciales nos permitirán establecer dos grupos.

En el primero, al estar el martillo percutante ubicado en la columna de desplazamiento lo designamos: Equipos con martillo de / superficie. Su capacidad de perforación dependerá de la potencia / de cada una de sus partes motrices, en relación al diámetro de la / broca y barras. No siempre su volumen de fabricación suele ser indicativo de un mayor alcance de perforación. Eficiencia y rapidez / son los objetivos mas codiciados por sus fabricantes.

Lo mas común, es que éstos carros perforadores cubran profundidades que varían entre 0 y 30 metros, haciendo excepción de los / últimos lanzados al mercado que están alrededor de los 100 metros / de capacidad.

En el segundo grupo, el martillo percutante va en el fondo / del sondeo, en el extremo de las barras, que son mas livianas y de mayor diámetro. Siendo su alcance de perforación muy superior a // las anteriores, debemos suponer que no siempre las condiciones del terreno serán las adecuadas para obtener idéntica eficiencia. Otras variantes le restan rapidez y posibilidades inmediatas de supera- / ción.

Es digno de mencionar, que sondeos que llegan aproximadamente a los 60 metros, tienen posibilidad de ser ejecutados con el // mismo equipo que lleva el martillo de superficie. Se consigue retiriéndole al martillo de superficie la parte percutante, o cambiándolo íntegramente, por el conjunto fabricado al efecto, que proporcionará avance, rotación y soplado. En ambos casos se acoplan barras livianas.

La figura 48 corresponde a un equipo combinado que posibilita la perforación con martillo de fondo o de superficie. Con "A" / se indican las partes a utilizar con martillo de superficie y con "B" las de fondo.

Siendo que éstos equipos se fabrican para una función específica, que es la explotación minera, debemos imaginarnos que se trabajará preferentemente sobre terrenos compactos, con muy pocas posibilidades de descomposición o fracturación. Si por el contrario, las trasladamos a fines explorativos sin selección de terreno, es muy posible que tengamos que afrontar situaciones similares a las que surgen cuando operamos con máquinas rotativas, que si bien, en la actualidad se las provee de métodos y elementos para superarlas, su aplicación influye en el rendimiento, razón que nos obligará a evaluar previamente el cambio de sistema.

Si nos atenemos a lo ya expresado, que eficiencia y economía serán las ventajas a obtener, y nos conformamos con la construcción de un orificio sin el aporte de otros elementos de estudio, / seguramente que nos inclinaremos por su elección.

#### VI.1.- Operatividad

Como el tema que estamos tratando es el uso de éstos equipos en exploración geológica, entraremos a tratar su operatividad con esa finalidad. Así tendremos:

##### VI.1.1.- Constitución del Equipo:

Estará condicionado a la inversión que se desee hacer cuidando no eliminar por pequeña diferencia, anexos que serán ventajosos en el futuro. La maquinaria completamente mecanizada, traerá en definitiva una ventaja económica. Su producción es increíblemente superior. Pero como nuestra finalidad es otra, tendremos que pensar, si en nuestro programa de trabajo, la vamos a utilizar en la medida de su eficiencia.

Tomando los extremos diremos que sondeos de pequeño diámetro 57 mm. lo podemos obtener con equipos livianos, montados sobre ruedas, con desplazamiento, inclinación de columna, desenrosque y enrosque de barras, etc., de tipo manual, hasta profundidades de alrededor de 15 - 30 metros; con buen tiempo de perforación según // sea el martillo neumático que se seleccione y el motor que acciona la cadena de su desplazamiento. Por supuesto, que su limitada potencia, no permitirá superar algunos imprevistos, recomendando para este caso y el de cualquier otro carro, que el martillo disponga de rotación en ambas direcciones.

Si por el contrario, lo que buscamos es alcanzar buenas profundidades y un desplazamiento rápido, la máquina deberá ser voluminosa, montada sobre orugas, automatizada, con motores de alta potencia y en concordancia con el compresor que acompañará su accionamiento.

##### VI.1.2.- Recuperación de cuttings - Testigado - Inyección Aire - Agua.

Cuando nos decidimos a incorporar la perforación neumática /

en lugar de la rotativa nos encontraremos con la problemática de / resolver, si la utilizaremos en similitud con ésta o buscando su / efectividad sin ser exigentes con el aporte de elementos de estu- / dio.

Los carros perforadores permiten la entubación y la obten- // ción de los testigos, pero caer en éstas operaciones es perder su / capacidad de rendimiento. Lo adecuado es limitarse a aceptar las / muestras del terreno en las condiciones que se puedan obtener, que serán muy diferentes, según trabajemos con aire o agua como, inyec- ción de limpieza.

Si no deseamos adquirir con el equipo un sacatestigo, pode- / mos hacer uso del que disponemos de una perforadora rotativa, si / el diámetro se aproxima al del sondeo que estamos ejecutando. La / corona podrá ser con diamantes o carburo de tungsteno, según sean / las exigencias del terreno.

En terreno seco, la perforación es ágil y las muestras exce- lentes. Su recuperación se obtiene ubicando a continuación de la / salida lateral un ciclón recuperador de polvo, que conviene que // sea de descarga continua para evitar parar la perforación, cada vez que tengamos que retirar el recipiente con la muestra.

La presencia de humedad o agua puede modificarnos substan- // cialmente el ritmo de trabajo. De no encontrarnos con un terreno / firme se producirán desmoronamientos que tendremos que solucionar / en las formas conocidas.

Nuestra experiencia nos indica, que habiendo humedad y una / disminución en el avance, es conveniente cambiar la inyección de / aire por la de agua. El material molido, al secarse con el calor / del aire del compresor, forma anillos que se adhieren a la broca y a las barras, ahogando la limpieza, en idéntica situación a cuando transportando humedad ambiente, forma barro.

No todos los equipos neumáticos se suministran para la apli- cación indistinta de aire y agua, pero es una previsión muy útil / teniendo en cuenta que nuestra actividad no será la de una explota- ción de cantera. De no contarlo, será fácil incorporarlo.

En la culata del martillo de superficie se colocará una cabe- za de inyección lateral siguiendo el modelo de la Fig. 49.

Si se trata de martillo de fondo las posibilidades de combi- nación deben quedar bien expresadas en el pedido respectivo.

En sondeos cortos donde la humedad acarrea inconvenientes y / la incorporación de agua se torna imposible por falta de elementos, se puede superar el momento, incorporando agua por la boca del /// sondeo, previa detención de la perforación.

La perforación con broca, en formaciones arcillosas húmedas / nos puede llevar al cambio de herramientas de corte, por lo que con- viene prever los implementos a anexar.

### VI.1.3.- Pérdidas de Inyección - Desmoronamientos

Dentro del conjunto de máquinas neumáticas que hemos querido / englobar con los dos grupos mencionados, se han incorporado siste- /

mas basados en la entubación para solucionar pérdidas de inyección o desmoronamientos.

Hablar de inyecciones especiales no sería posible, por cuanto trabajando con una mezcla de aire y agua no se logra una corriente continua y suave de lodo.

El aire acumulado provoca erupciones violentas que no permitirían la construcción de un reboque.

No teniendo otra alternativa que la de proceder a entubar se puede realizar en la forma clásica, luego de haber perforado a la medida correspondiente. Si el entubado no desciende libremente y nos vemos en la necesidad de rotar o queremos atravesar una zona de cubierta con derrumbe permanente, no tendremos otra alternativa que aplicar cualquiera de los sistemas que a continuación detallamos.

Atlas Copco de Suecia proporciona dos sistemas que denomina "O.D." y "ODEX". Ambos permiten la perforación y la entubación en formas simultánea. En el "O.D." la broca central y la corona del entubado giran y perforan (Fig. 50). En el "ODEX" perfora solamente la broca que es excéntrica, haciendo de acompañante el entubado que desciende a medida que la broca le abre paso. En ambos, el material triturado sale por el espacio entre la barra y el entubado.

En el sistema "ODEX" (Fig. 51) la broca excéntrica se compone de dos piezas, una central que es de la misma medida que el diámetro interior del entubado, y una "uña" o "escariador" superpuesto, que se desplaza en una superficie lisa e inclinada. Ubicada la broca en el fondo del sondeo y fuera del entubado, lograremos desplazar el escariador a la posición de perforar a la medida del entubado, con un leve giro hacia la derecha. Con giro contrario volverá a su posición primitiva pudiendo ser extraída, por el interior del entubado.

El sistema "O.D." viene recomendado para profundidades de 60, 50 y 25 metros en diámetros de 23/4, 3 1/2 y 5", y el "ODEX" para 120 y 250 metros en 5 y 8 1/2" respectivamente.

Otro de los sistemas es el denominado "SATURNO" diseñado por la firma STENUICK de Bélgica (Fig. 52). Es para entubación y perforación simultánea con giro de ambos elementos; portando una broca excéntrica entera, que abre paso al entubado. La broca posee un diámetro igual al interior del entubado conjuntamente con la "uña". Los nervios que lleva el primer tubo o zapata en su parte inferior sirve para centrar la barra guía que motiva la excentricidad de la broca. Esta lleva unas canaletas que haciéndolas coincidir con dichos "nervios" servirán de guía para que la broca se introduzca en el tubo y pueda ser extraída.

Profundidades de 50 y 70 metros es posible alcanzar con entubaciones de 133 y 168 mm. ( 5 1/4 y 6 5/8") respectivamente.

## I N D I C E

- I.- INTRODUCCION
- II.- EQUIPAMIENTO
  - II.1.- Equipos perforadores
  - II.2.- Bombas de inyección
- III.- ACCESORIOS DE PERFORACION
  - III.1.- Normas de fabricación
  - III.2.- Barras de sondeos y entubados
  - III.3.- Sacatestigos
  - III.4.- Accesorios con diamantes
    - III.4.1.- Coronas
    - III.4.2.- Concentración
    - III.4.3.- Calibradores
    - III.4.4.- Coronas ciegas, zapatas y coronas para entubados.
    - III.4.5.- Herramienta de corte con carburo de // tungsteno
- IV.- OPERACIONES EN PERFORACION
  - IV.1.- Instalación del equipo
  - IV.2.- Instalación del castillete o torre.
  - IV.3.- Instalación de la bomba para inyección y circuito.
  - IV.4.- Iniciación del sondeo.
  - IV.5.- Uso y mantenimiento de barras y entubados.
  - IV.6.- Armado de sacatestigos.
  - IV.7.- Rotación y presión sobre coronas de diamantes.
  - IV.8.- Inyección - Lodos - Cementación - Entubación.
  - IV.9.- Inyección de aire.
  - IV.10.- Anormalidades y correcciones.
  - IV.11.- Aprisionamientos
- V.- COSTOS
- VI.- PERFORACIONES PERCUTANTES NEUMATICAS
  - VI.1.- Operatividad
    - VI.1.1.- Constitución del equipo.
    - VI.1.2.- Recuperación de cuttings - Testigado - Inyección Aire - Agua.
    - VI.1.3.- Pérdidas de inyección - Desmoronamientos

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

- ACKER DRILL COMPANY, Inc. Catalogo General U.S.A. 1974.
- ATLAS COPCO Cat. Gral. de Equipos Perfor. rotativos, neumáticos y sus/ accesorios. Suecia 1970.
- BOYLES INDUSTRIES LIMITED Cat. Gral. N°200 - Canadá // 1963.
- CAMBEFORT HENRI Perforaciones y Sondeos - // Barcelona - España - 1962.
- CRAELIUS - SVENSKA - DIAMANTBERGBORRNINGS AB Métodos de Sondeos - 1965.
- CRAELIUS COCIET' e ANONYME Couronnes de Sondage-Cutils de Forage.
- CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S.A. Instrucciones para uso y mantenimiento de equipos Wire - Line Longyear - Madrid - 1970.
- DIAMANT BOART S.S. Le Carottage Moderne par Cabl - O - Matic Manuel démploi / Bélgica 1970.
- DIAMANT BOART S.A. Manuel du Sondeur - Bruxelles 1959.
- DIAMANT BOART S.A. Herramientas Diamantadas de / Perforación - Bélgica 1970.
- DIAMOND CORES DRILL MANUFACTURERS ASSOCIATION Standards - DCDMA - Bolletin N° 2 - U.S.A. - 1965.
- DRUON M. y SCATENA R. Sondages Percutants Longs de/ Fond - Bulletin de Genie Mi- nier - N°18 - C.E.A. Limiges/ Francia - 1966.
- DRUON M. y PARADE J. Evolution des Méthodes et du matériel dans la realization/ de longs trous en forage percutant - Bulletin N°19.
- C.E.A. C.E.A. - 1967
- KOERHRING COMPANY Well Drilling Manual - Oklahoma U.S.A. - 1969.
- LONGYEAR E.J. COMPANY Catalog of Diamont Drilling // Products Minneapolis U.S.A. // 1967.
- MARX CLAU S Utiles de diamantes y su em-// pleo en sondeos pocos profun- dos - Christensen Diamond Pro- ducts Co. Alemania.
- MAYNADIER M. y J. PHILLIPS Le Carottier a cable- Bolletin 20 - C.E.A. Limoges - Francia/ 1968.

NORLING R.G. y VANDERBERG E.

Le Sondage uo Diamant - Atlas Copco Stockholm - Suecia 1956.

NORLING R.G.

La Perforazione della roccia con diamante - De Beers Industrial Diamond Division - T-22 Milano-Italia.

SCATENA R.

Monographie de la sectin sondages du Commissariat & //// l'energie Atomique Francia // 1959.

SMIT J.K. y SONS

Diamond Bits and Drilling Supplies - Toronto - Canadá.

SPRAGUE y HENWOOD INC.

Core Drills y Equipment - // Scranton - Pennsylvania -U.S.A.

STENUICK FRERES

Drilling Machine HS 6 - Fontaine l'eveque - Belgique.

---\*---

## ACCESORIOS STANDARD PARA PERFORACION

DCDMA	$\phi$ ext.	$\phi$ int.	CDDA	$\phi$ ext.	$\phi$ Int.	CMS (Craellus)	$\phi$ ext.	$\phi$ int.	Tipo de sa- catestigo.
RWG(XRT)	29,8	18,7	RWG(XRT)	29,8	18,7				
							36,3	22,0	T
EWG/M	37,7	21,5	EWT(EXT)	37,7	23,0				
							46,3	32,0 35,6	T TT/T2
AWG/M	48,0	30,1	AWT(AXT)	48,0	32,5				
							56,3	42,0 45,5	T TT/T2
BWG/M	60,0	42,0	BWT(BXT)	60,0	44,4				
							66,3	52,0 47,0 38,0	T/T2 T6 K3/5
NWG/M	75,7	54,7	NWT(NXT)	75,7	58,7				
							76,3	62,0 57,0 48,0	T/T2 T6 K3/5
							86,3	72,0 67,0 58,0	T/T2 T6 K3/5
HWG	99,2	76,2	HWT	99,2	80,9				
3 7/8-2 3/4	98,4	68,3							
							101,3	84,0 79,0 72,0	T/T2 T6 K3
							116,3	93,0 86,0	T6 K3
							131,3	108,0 101,0	T6 K3
5 1/2- 4	139,6	100,8							
							146,3	123,0 116,0	T6 K3
7 3/4- 6	196,9	151,6							

CUADRO I

DIAMETRO DE BARRAS, ENTUBADOS Y CORONAS

SISTEMA DCDMA

SISTEMA METRICO

BARRAS

MEDIDA	∅ Exterior	∅ Interior	Medida ∅ Exterior	∅ Interior
E	33.3	21.4	33.5	23.7
A	41.3	28.6	42.0	32.2
B	48.4	35.7	50.0	37.0
N	60.3	50.8		
BW	27.8	18.2		
EW	34.9	22.2		
AW	44.4	30.9		
BW	54.0	44.5		
NW	66.7	57.2		
HW	88.9	77.8		

BARRAS WIRE LINE

AO	44.5	34.9	43.5	34.0
BQ	55.6	46.0	53.5	44.0
NQ	69.9	60.3	63.0	53.0
HO	88.9	77.8	72.0	62.0
			82.0	72.0
			140.0	127.0

ENTUBADO CON CUPLA

RX	36.5	30.2		
EX	46.0	41.3		
AX	57.1	50.3		
BX	73.0	65.1		
NX	88.9	80.9		
HX	114.3	104.8		

ENTUBADO LISO

RW	36.5	30.2	35.0	29.0
EW	46.0	38.1	44.0	37.0
AW	57.1	48.4	54.0	47.0
BW	73.0	60.3	64.0	57.0
			74.0	67.0
NW	88.9	76.2	84.0	77.0
			98.0	89.0
HW	114.3	101.6	113.0	104.0
			128.0	119.0
			143.0	134.0

SISTEMA DCDMASISTEMA METRICOCORONAS STANDARD

MEDIDA	Ø Exterior	Ø Interior	Medida Ø Exterior	Ø Interior
RWG	29.8	18.7		
EWG/M/L	37.7	21.5	36.0	
AWG/M/L	48.0	30.1	46.0	
BWG/M/L	60.0	42.0	56.0	
NWG/M/L	75.7	54.7	66.0	
HWG	99.2	76.2	76.0	
3 7/8 x 2 3/4	98.4	68.3	86.0	
5 1/2 x 4	139.6	100.8	101.0	
			116.0	
			131.0	
			146.0	
7 3/4 x 6	196.9	151.6		

Ver Cuadro 1

CORONAS WIRE LINE

AQ, AQ-U	48.0	27.0	46.0	25.6
BO, BO-U	60.0	36.5	56.0	35.6
			66.0	40.0
NQ, NQ-U	75.7	47.6	76.0	47.7
HQ	96.0	63.5	86.0	57.7
PQ	122.6	85.0	146.0	102.0

CORONAS CON DIAMANTES ENGARZADOS

Sistema DCDMA Standard

Perfil Standard

MEDIDA	Vias agua	Diamantes por Quilates					
		22		36		64	
		L	N	L	N	L	N
<u>Para Sacatestigos convencionales</u>		Cantidad de Quilates					
EWG-EXL	2	5.50	7.0	5.0	6.0	3.0	4.0
EWM	2	5.50	7.0	5.0	6.0	3.0	4.0
AWG-AXL	4	7.0	9.0	6.5	8.0	5.0	6.0
AWM	4	7.0	9.0	6.5	8.0	5.0	6.0
BWG-BXL	4	11.0	14.0	9.5	12.0	7.0	9.0
BWM	4	11.0	14.0	9.5	12.0	7.0	9.0
NWG-NXL	6	16.0	20.0	14.5	18.0	10.0	13.0
NWM	6	16.0	20.0	14.5	18.0	10.0	13.0
HWG-HXL	6	30.0	38.0	26.0	32.0	18.0	23.0
3 7/8 x 2 3/4	6	30.0	37.0	25.0	30.0	19.0	24.0
5 1/2 x 4	8	55.0	70.0	45.0	55.0	34.0	42.0
7 3/4 x 6	10	95.0	120.0	70.0	85.0	55.0	68.0
<u>Para Sacatestigos a cable</u>							
AX-Serie 10-12	4	7.0	9.0	6.5	8.0	5.0	6.0
BX-Serie 10-12	4	13.0	16.0	11.0	14.0	8.0	10.0
NX-Serie 10-12	6	19.0	24.0	14.5	18.0	10.5	13.0
AQ	4	8.0	10.0	6.5	8.0	5.0	6.0
BQ	4	12.0	15.0	10.5	13.0	7.0	9.0
NQ	6	17.5	22.0	16.0	20.0	11.0	14.0
HQ	6	30.0	37.0	25.0	31.0	17.5	22.0
PQ	8	40.0	50.0	38.0	47.0	29.0	36.0

**B - Perfil Escalonado**

CONTINUACION

MEDIDA	Vias agua	Diamantes por Quilates					
		22		36		64	
		L	N	L	N	L	N
<u>Para Sacatestigos convencionales</u>							
L.S. 37/8x23/4	6			33.0	45.0		
L.S. 51/2x4	8			60.0	80.0		
L.S. 73/4x6	10			105.0	140.0		
<u>Para Sacatestigos a cable</u>							
AX-Serie IO-12	4	8.5	11.0	6.5	9.0	5.5	7.0
BX-Serie IO-12	4	14.0	19.0	12.5	16.0	8.5	11.0
NX-Serie IO-12	4	21.0	27.0	17.0	10.0	5.0	7.0
AQ	4	8.0	12.0	7.0	10.0	5.0	7.0
BQ	4	14.5	20.0	12.0	15.5	8.0	11.0
NQ	6	21.0	30.0	17.0	23.0	12.0	16.5
HQ	6	33.0	45.0	28.0	37.0	20.0	25.0
PQ	6	45.0	60.0	43.0	56.0	31.0	41.0

**CORONAS IMPREGNADAS**

**A - Perfil Semiredondo**

MEDIDA	Vias agua	QUILATES	
		L	N
RWT	3	5	6
EWT	4	7.2	9
EWG/M/L	4	7.5	9.5
AWT	5	10	13
AWG/M/L	5	11	14
BWT	6	14	17.5
BWG/M/L	6	16	19
NWT	9	18	23
NWG/M/L	9	21	26.5
HW7	12	25	32
HWG/M/L	12	30	37.5
AQ	5	12	15
BQ	6	17.5	22
NQ	9	25	31
HQ	12	35	45

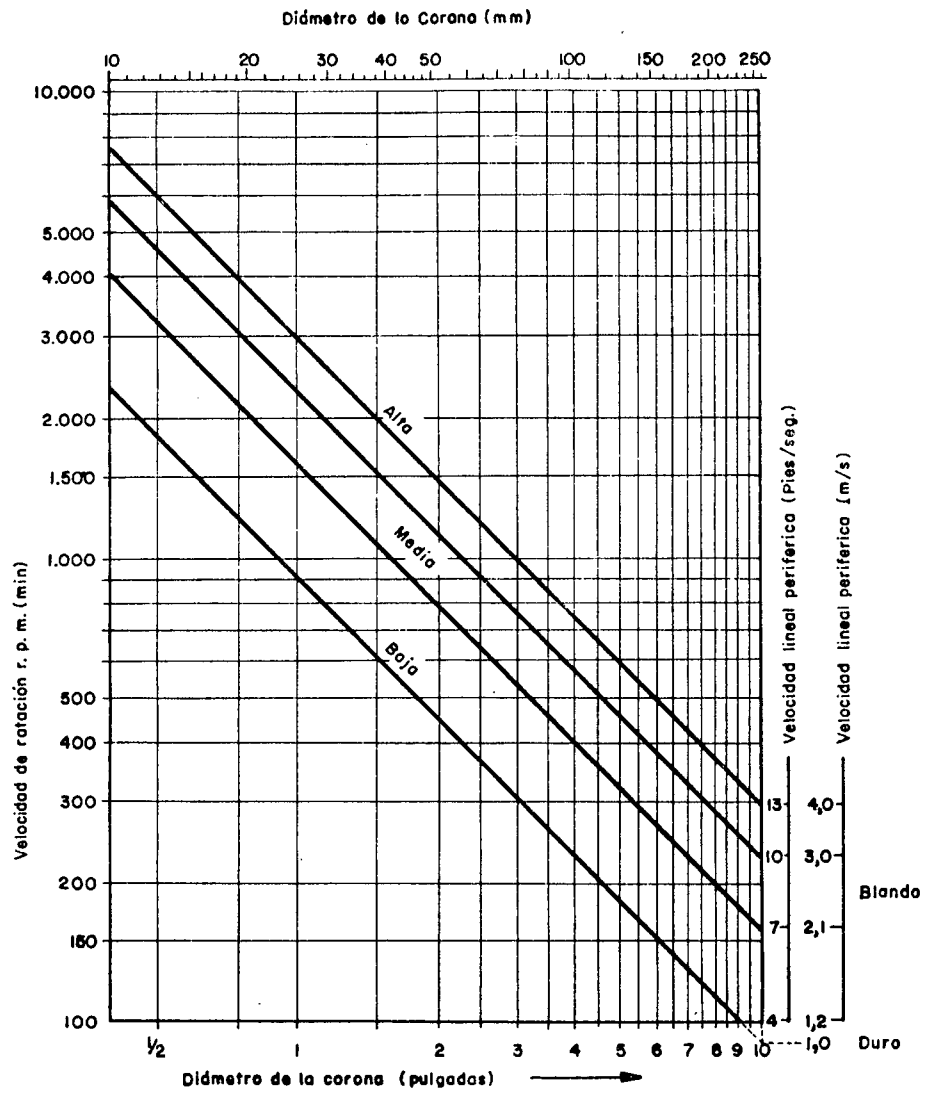
L = Concentración Liviano

N = Concentración Normal

**B - Perfil Escalonado**

AQ	6	5	20
BQ	8	21	27
NQ	10	31	40

## VELOCIDADES DE ROTACION RECOMENDADAS



**Nota:**  
 La velocidad óptima de rotación puede ser ajustada de acuerdo con la dureza de lo roca.  
 En general para coronas de concreción se usa más alta velocidad de rotación (1.80/360mts./s.) que para las de inserción superficial (0.92/2.75mts./s.)

CAUDAL DE INYECCION (W.L.)

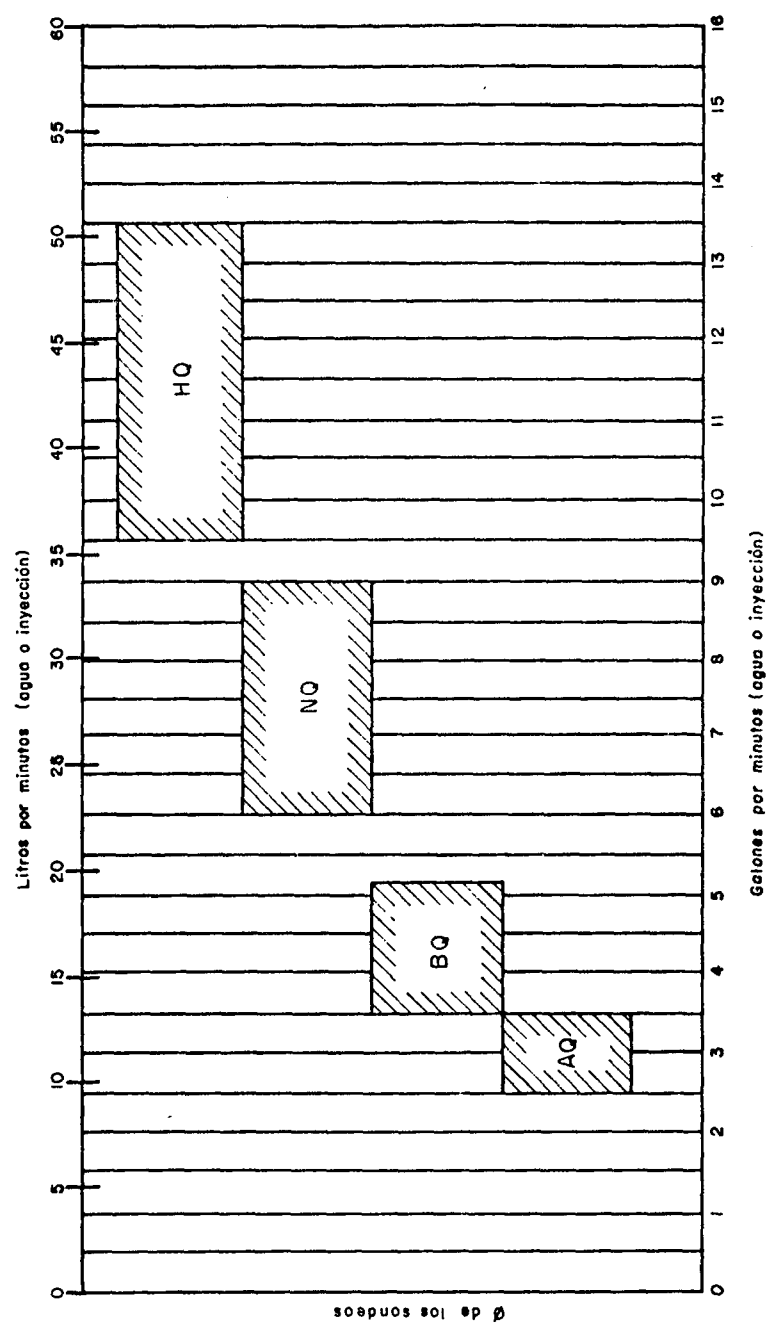
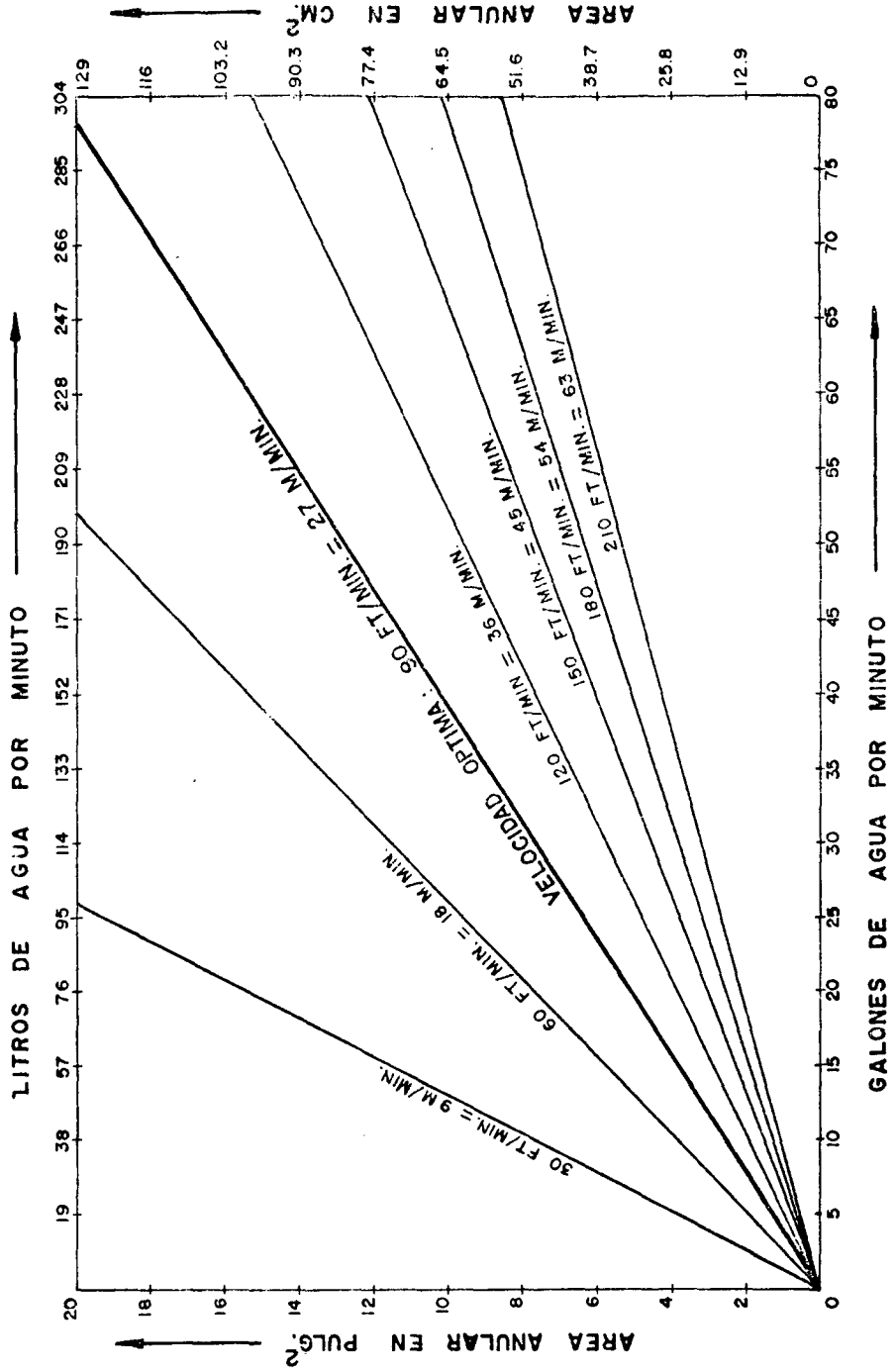
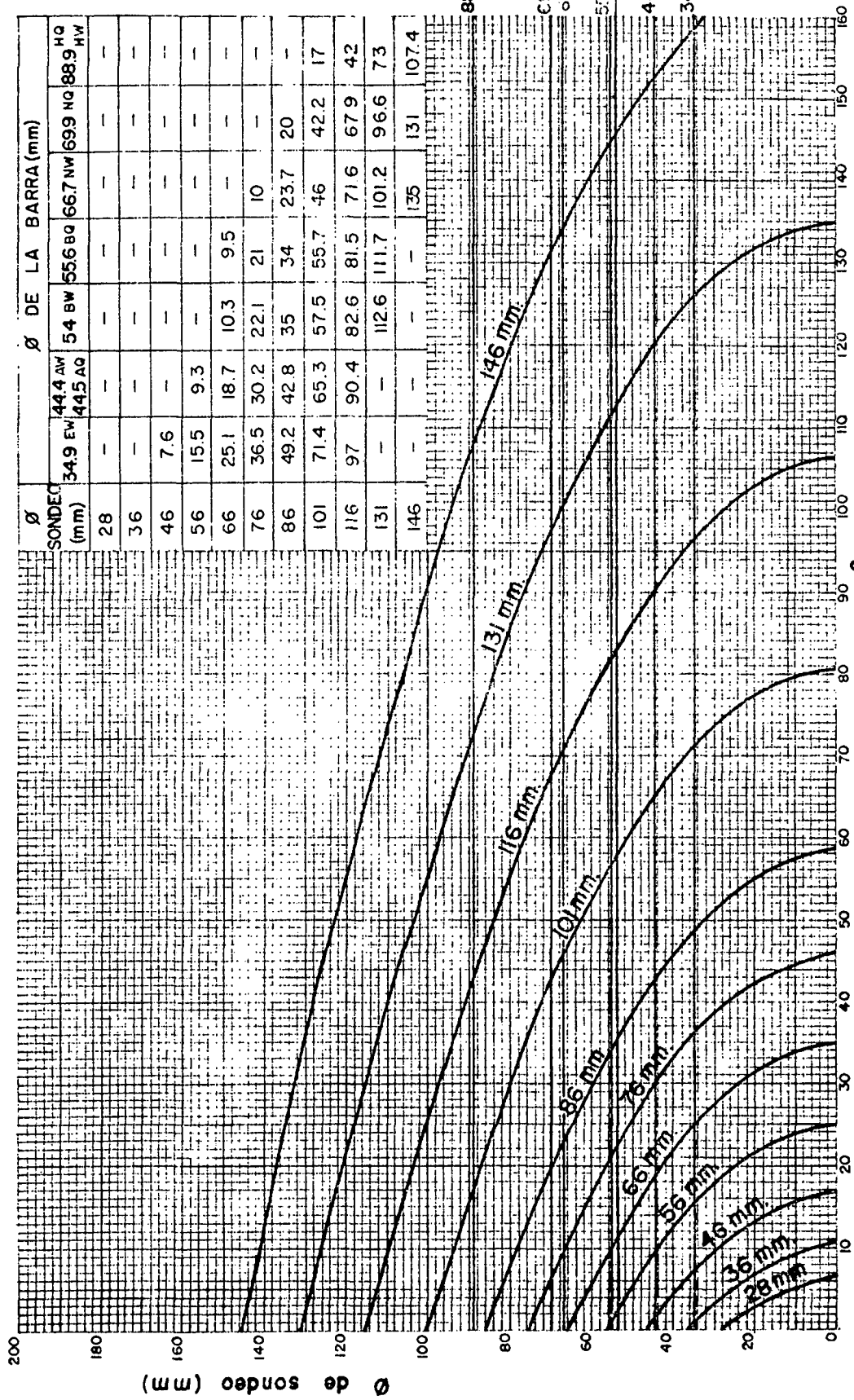


GRAFICO 2

VELOCIDAD ASCENSIONAL — AREA ANULAR / VOLUMEN



# DETERMINACION AREA ANULAR - Ø DE BARRA / Ø DEL SONDEO



ESCALA: 1:7.5  
GRAFICO 4





MAQUINAS PERFORADORAS

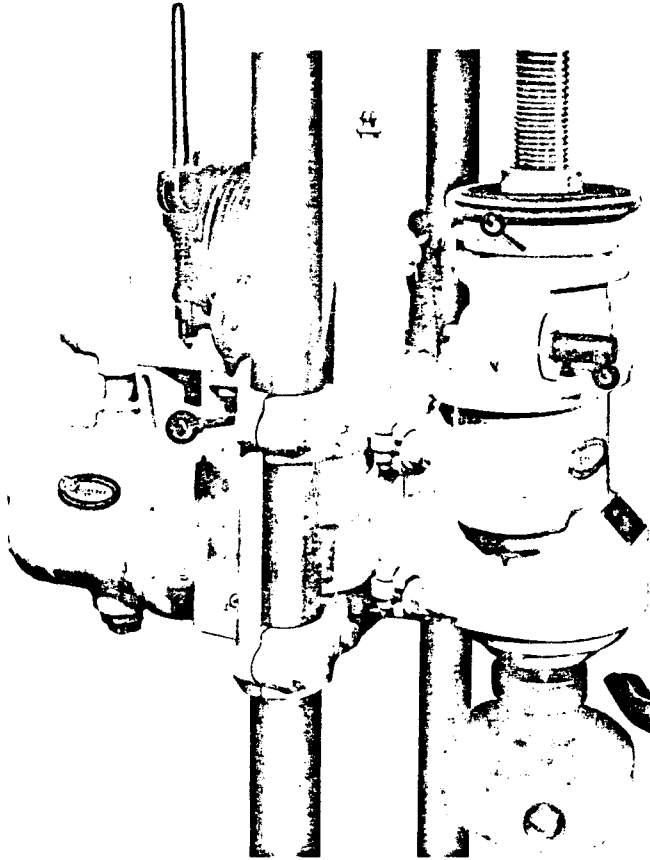


FIG. 1 - "LONGYEAR 24" WOLVERINE  
Cabezal a tornillo - Motor  
neumático - Barras E y AW.

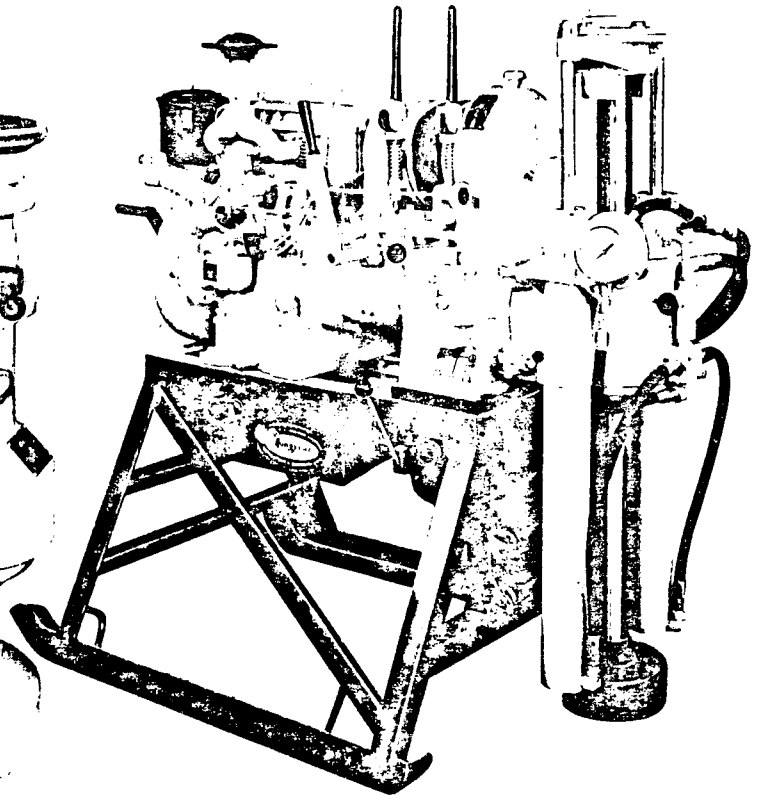


FIG. 2 - "LONGYEAR 24" - Cabezal  
hidráulico - Motor a nafto  
Borros E y AW.

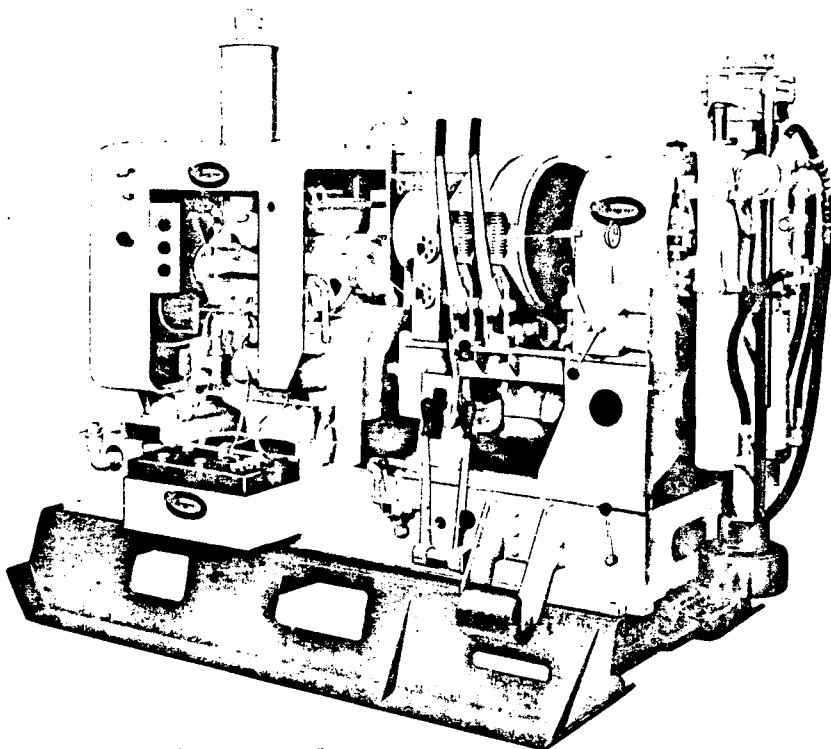


FIG. 3 - "LONGYEAR 44" - Cabezal  
hidráulico - Motor diésel  
Barras A/HW.

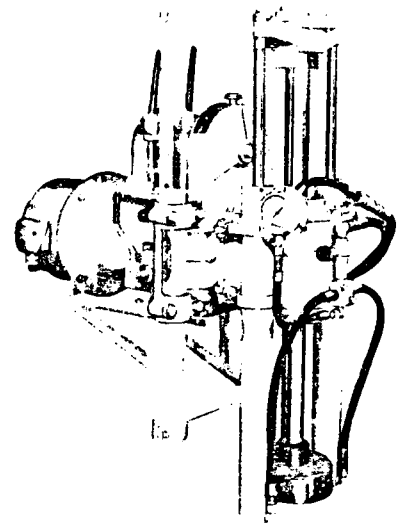


FIG. 4 - "LONGYEAR 24" WOLVERINE  
Cabezal hidráulico - Motor  
eléctrico - Barras E y AW.

SACATESTIGOS



FIG. 5 - "SACATESTIGO"  
doble tubo gira-  
torio "WM".



FIG. 6 - "SACATESTIGO"  
doble tubo gira-  
torio "WG".

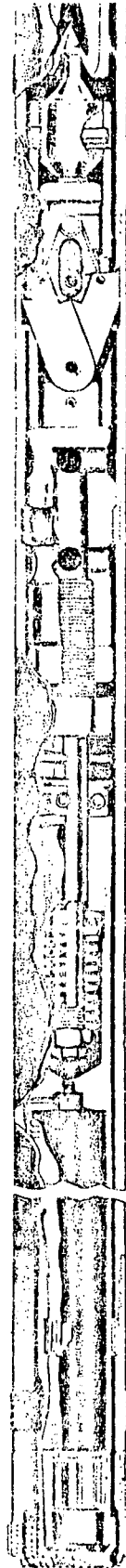


FIG. 7 - "SACATESTIGO"  
Sistema Wire  
Line.

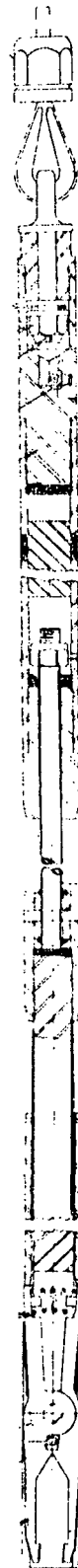


FIG. 8 - "EXTRACTOR"  
Wire Line.

BARRAS PARA PERFORACION

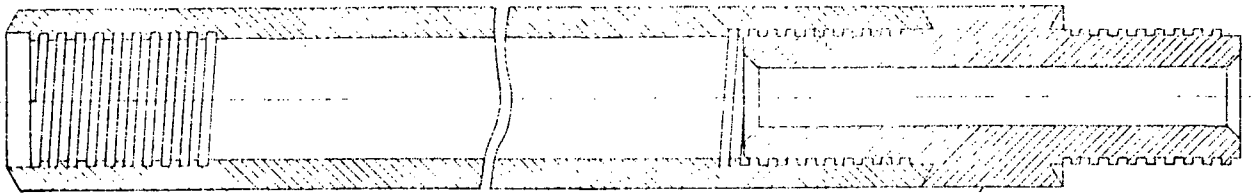


FIG. 9 PARED PARALELA - E/A y EW/AW

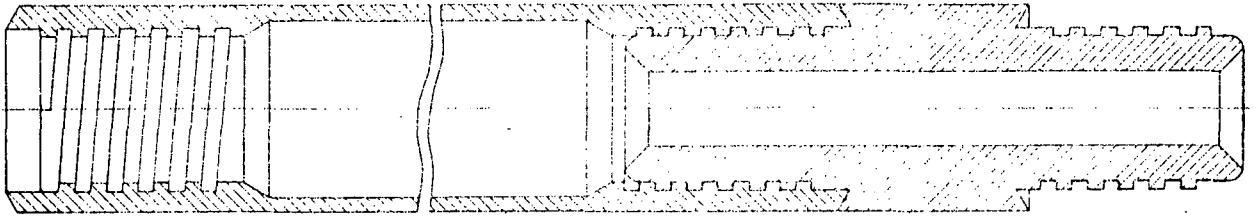


FIG. 10 EXTREMOS RECALCADOS - BW - HW.

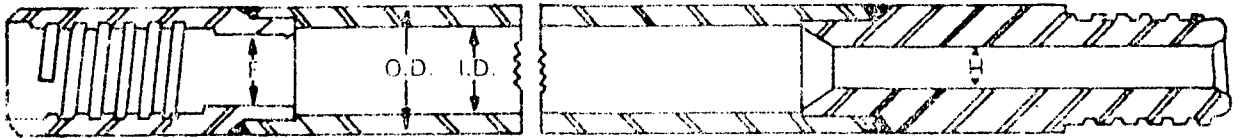


FIG. 11 EXTREMOS RECALCADOS CAMBIABLES (LONGYEAR CIA) - BCW/HCW.

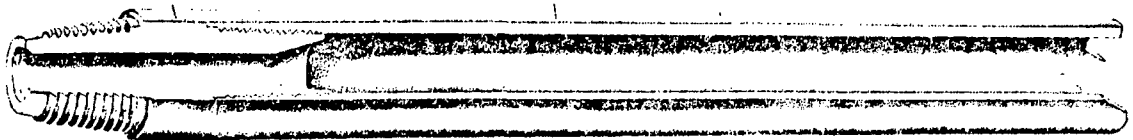


FIG. 12 SERIE "Y" ("BOYLES I.L.") - AWY/NWY - HY.

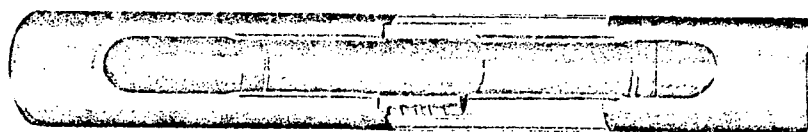
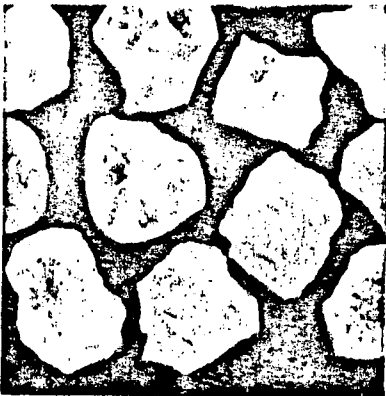
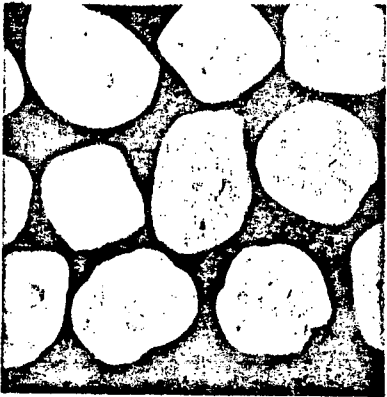
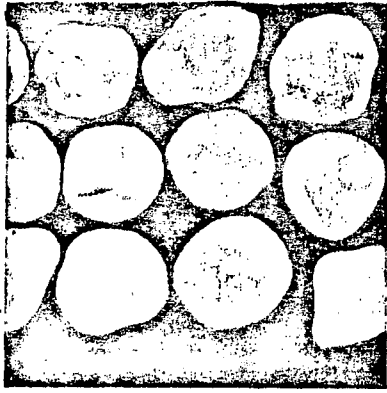
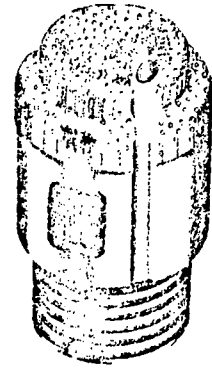


FIG. 13 WIRE LINE CON EXTREMOS RECALCADOS ("LONGYEAR CIA") - BCQ/HCQ-PCQ.

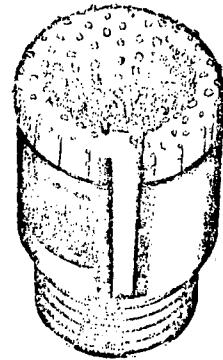
**DIAMANTES - CORONAS  
CON DIAMANTES**



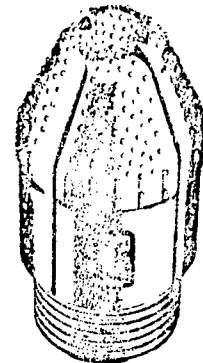
**FIG. 14 - GRADO DE REDONDEZ  
DE LOS DIAMANTES**



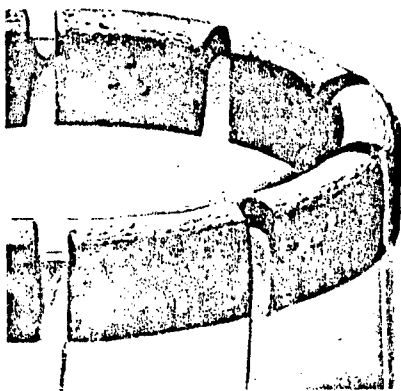
**FIG. 15 - CORONA  
PILOTO**



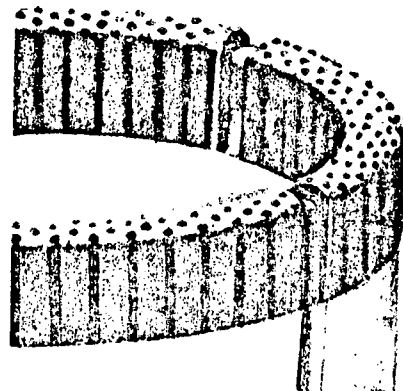
**FIG. 16 - CORONA  
CONCAVA**



**FIG. 17 - CORONA  
CONICA**



**FIG. 18 - CORONA DE IMPREGNACION**



**FIG. 19 - CORONA CON DIAMANTES  
ENGASTADOS.**

CORONAS CON DIAMANTES ENGASTADOS

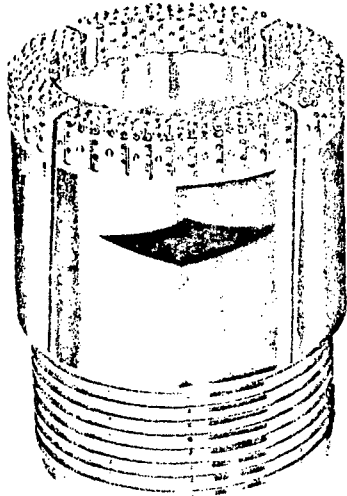


FIG. 20 - CORONA con frente de corte plano.

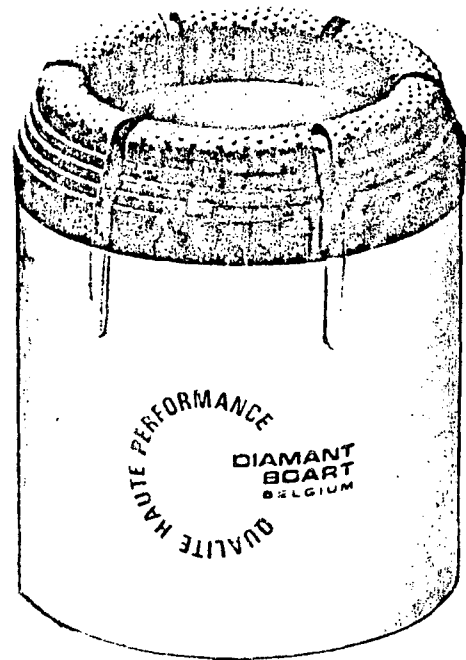


FIG. 21 - CORONA con frente de corte escalonado.

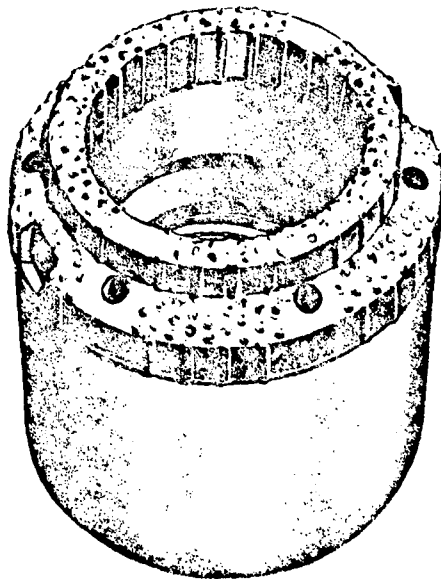


FIG. 22 - CORONA con un escalón y salida de inyección lateral.

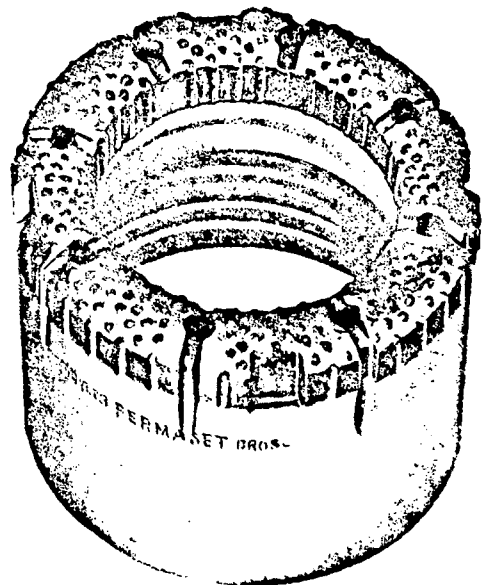


FIG. 23 - CORONA con frente de corte semiredondo y salida de inyección frontal.

ACCESORIOS CON DIAMANTES Y CARBURO DE TUNGSTENO

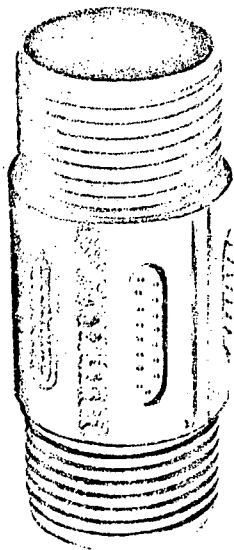


FIG. 24 - ESCARIADOR "STRIP TYPE"  
Para sacatestigo.



FIG. 25 - ESCARIADOR "RING TYPE"  
Para sacatestigo.

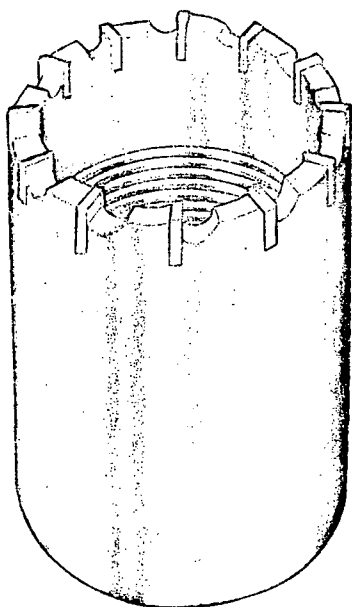


FIG. 26 - ZAPATA para entubado  
con pastillas de carburo de tungsteno.

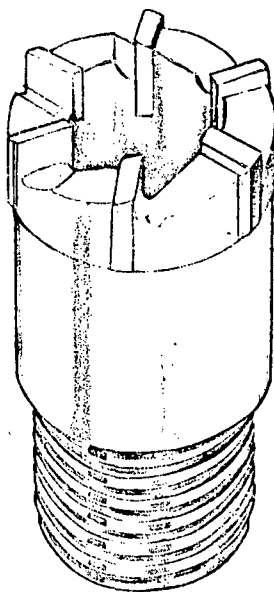


FIG. 27 - CORONA para sacatestigo  
con pastillas de carburo de tungsteno.

PERFORACION VERTICAL E INCLINADA

FIG. 28 - EQUIPO PERFORADOR  
con torre para ope-  
raciones verticales.

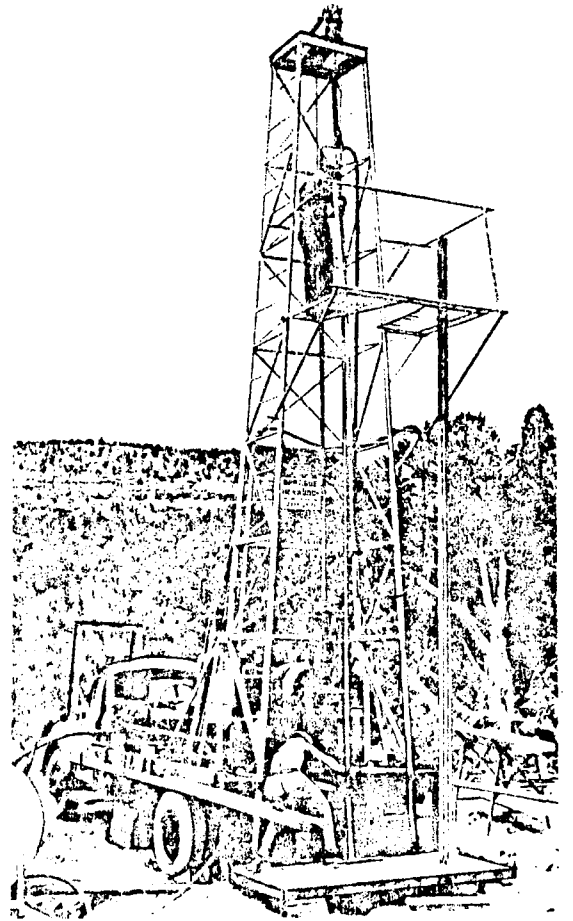
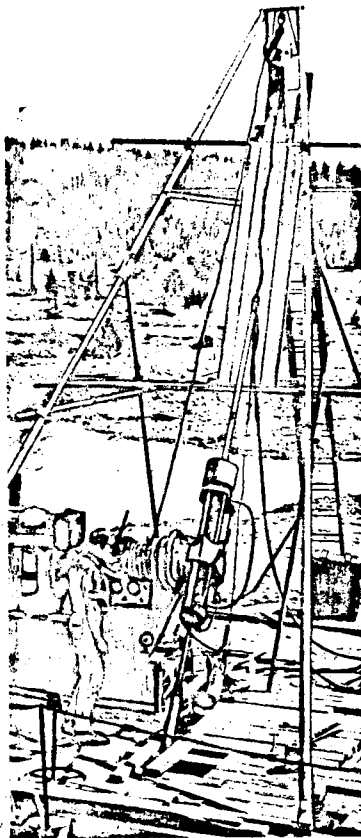


FIG. 29 - EQUIPO PERFORADOR  
con "cabiada" para  
perforaciones inclinadas.

ACCESORIOS PARA INYECCION EN PERFORACIONES

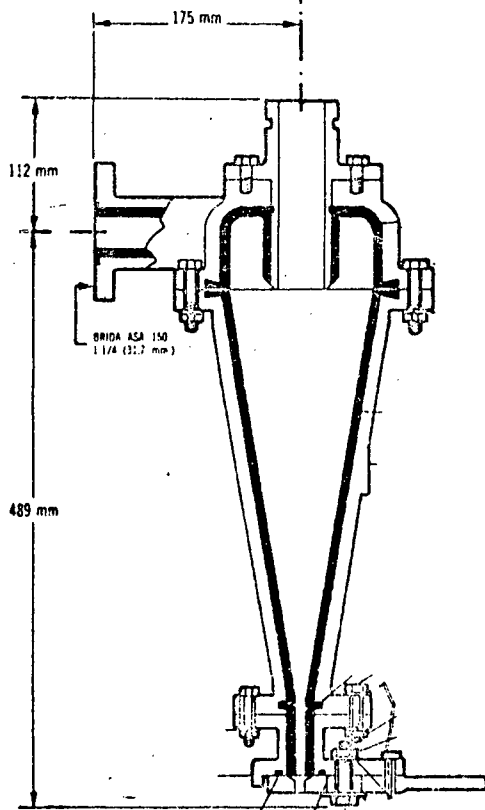


FIG. 30 - CICLON SEPARADOR DE LIMO.

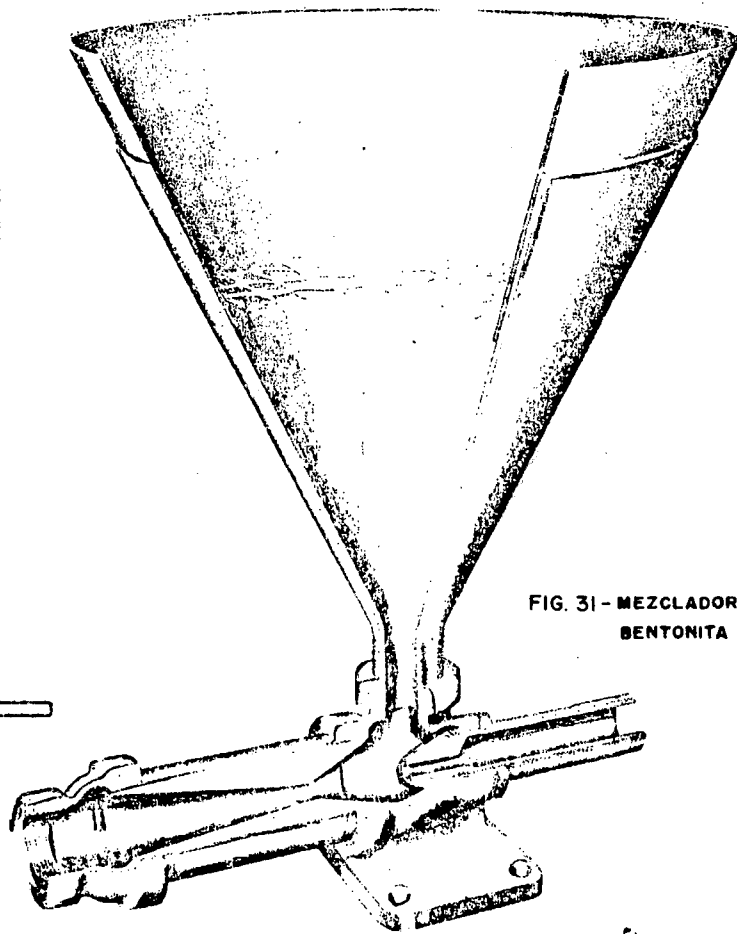


FIG. 31 - MEZCLADOR DE BENTONITA

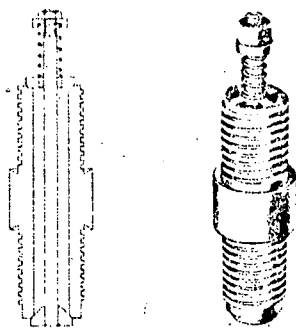


FIG. 32 - UNION DE BARRA con válvula.

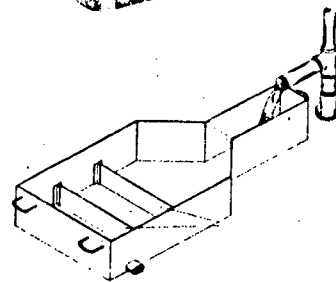


FIG. 33 - CIRCUITO PARA DECANTACION DE DETRITOS.

ACCESORIOS PARA INYECCION Y CEMENTACION



FIG. 35 - "PACKER" DOBLE Y SIMPLE

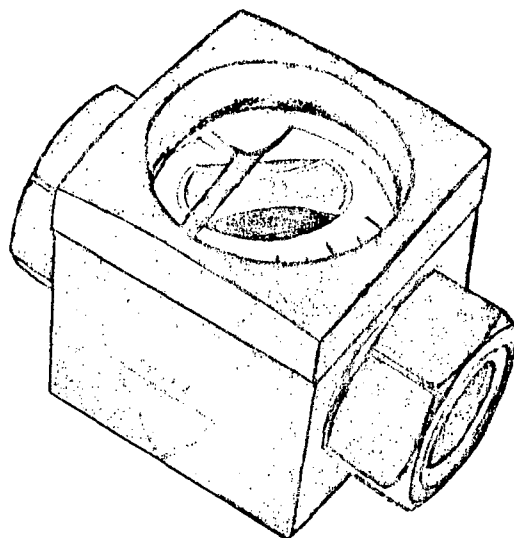


FIG. 34 - CAUDALIMETRO

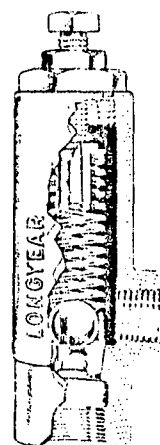


FIG. 36 - VALVULA REGULADORA DE PRESION PARA BOMBA.

PERFORACION EN FORMACIONES NO CONSOLIDADAS

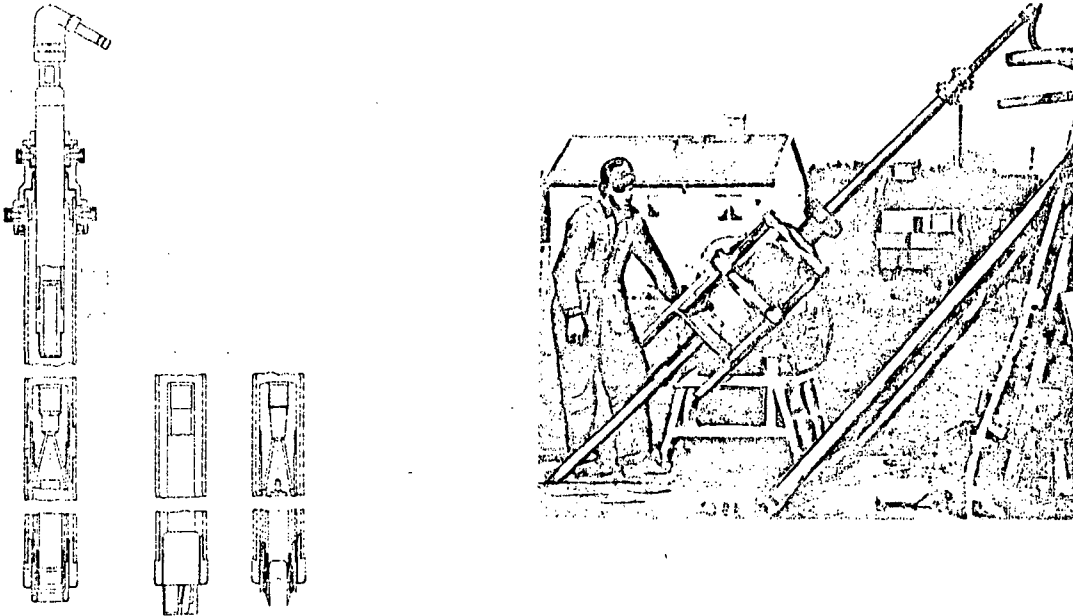
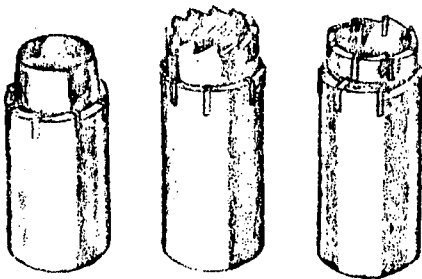


FIG. 37 - SISTEMA "DUPLEX" para perforación y ontubación simultánea.



FIGS. 38 - TUBO DE PENETRACION, DOBLE CORONA Y SACATESTIGO.

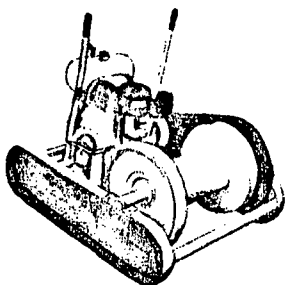
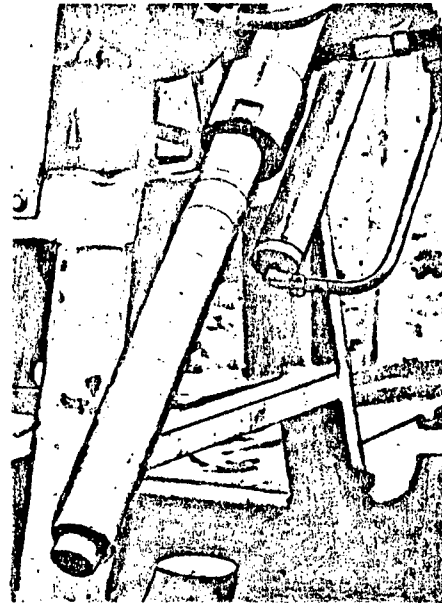


FIG. 39 - GUINCHE CON MOTOR para Wire Line.

ACCESORIOS PARA OPERACIONES DE PESCAS

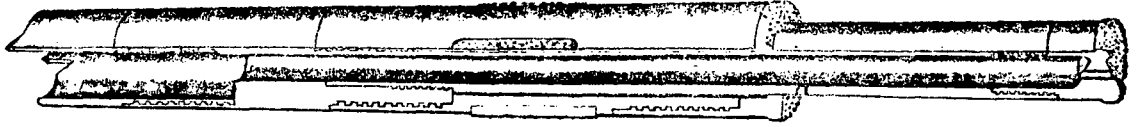


FIG. 40 - ENSANCHADOR DE SONDEOS con corona guía.



FIG. 41 - MACHOS

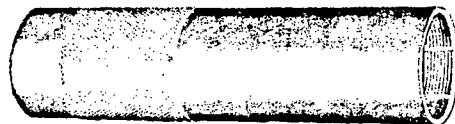


FIG. 42 - CAMPANA

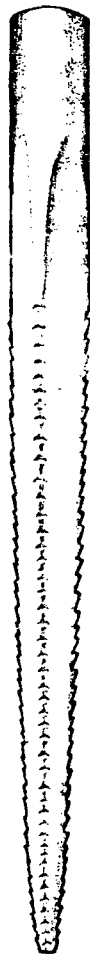


FIG. 43 - ARPON

IMPLEMENTOS PARA AGILIZAR MANIOBRAS EN PERFORACIONES

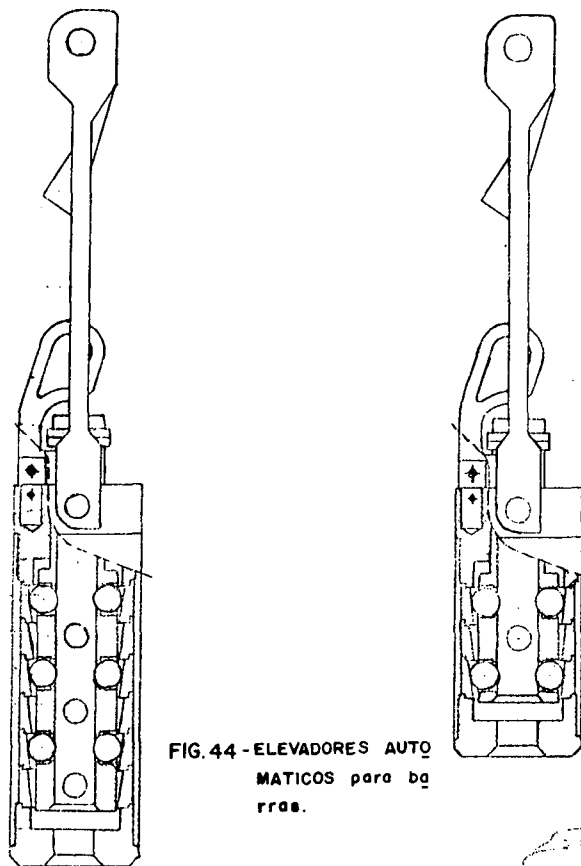


FIG. 44 - ELEVADORES AUTOMÁTICOS para barras.

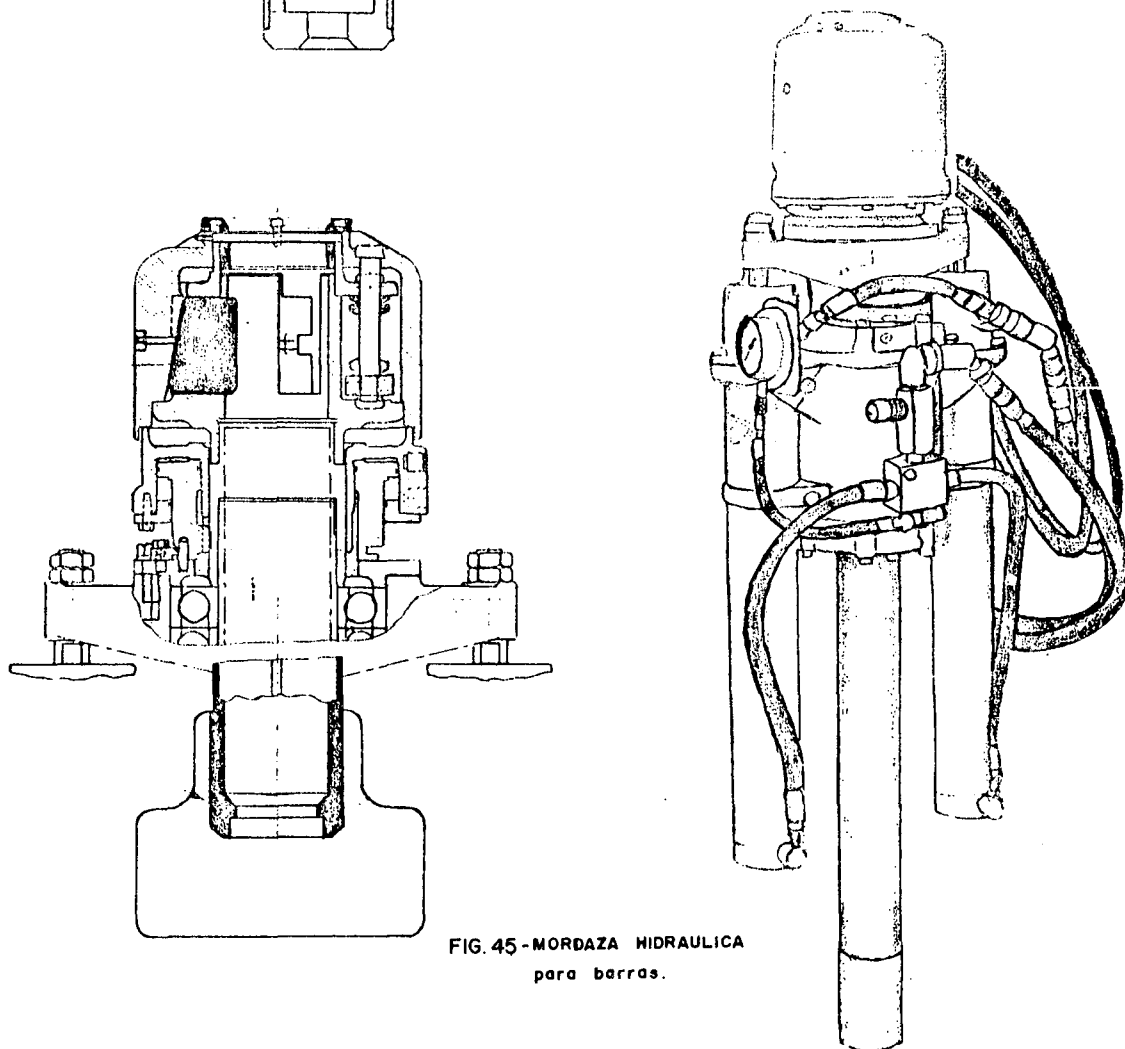
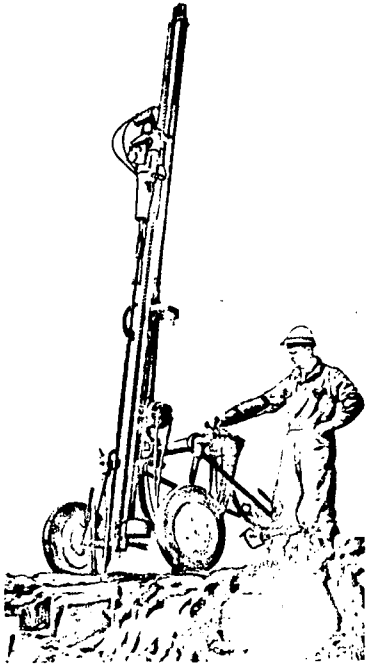
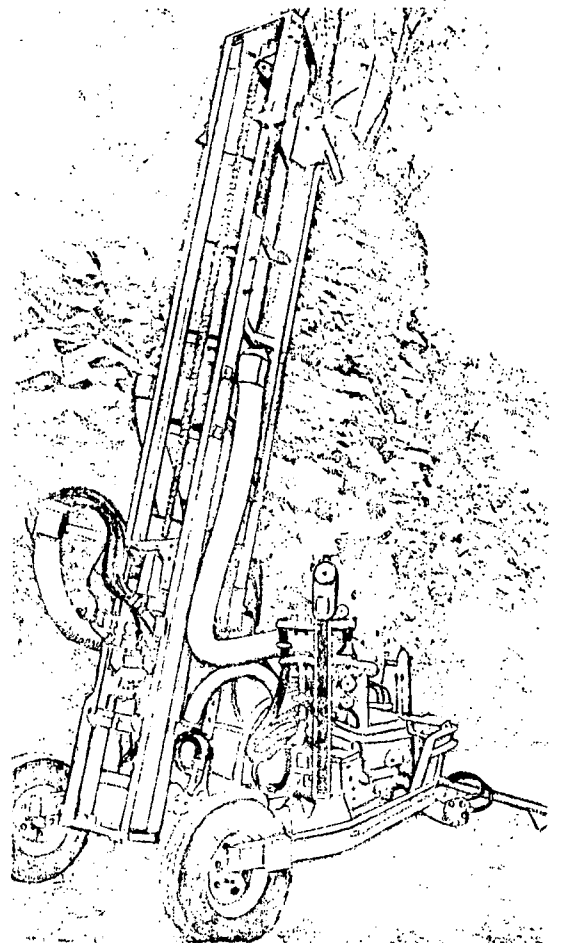


FIG. 45 - MORDAZA HIDRAULICA para barras.

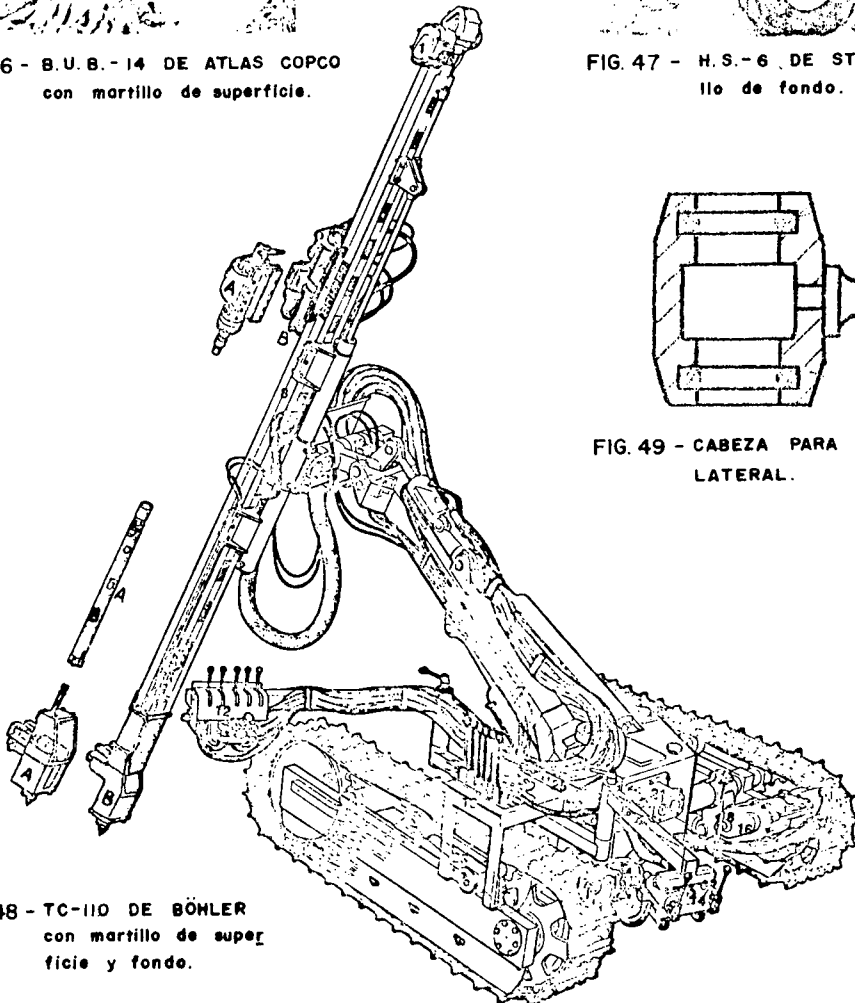
**CARROS PERFORADORES  
(WAGON DRILL)**



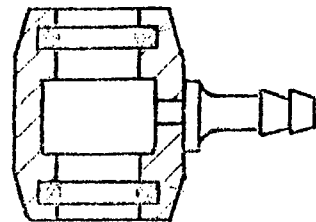
**FIG. 46 - B.U.B.-14 DE ATLAS COPCO  
con martillo de superficie.**



**FIG. 47 - H.S.-6 DE STENUICK S.A. con martillo de fondo.**



**FIG. 48 - TC-110 DE BÖHLER  
con martillo de superficie y fondo.**



**FIG. 49 - CABEZA PARA INYECCION LATERAL.**

SISTEMAS DE PERFORACION CON RECUBIERTO  
PARA CARROS PERFORADORES

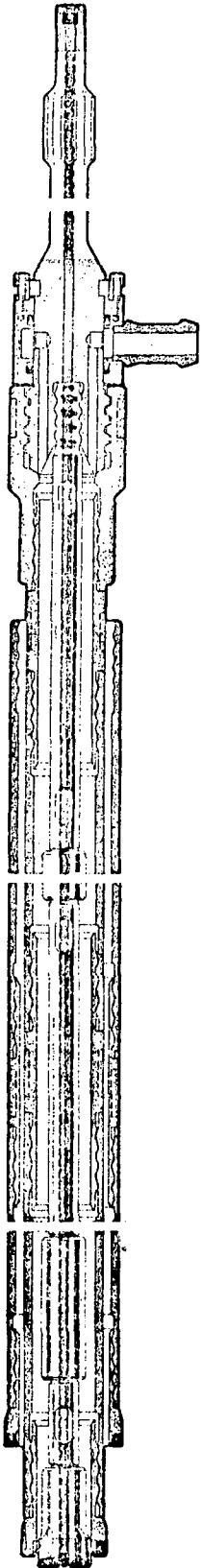


FIG. 50 - SISTEMA "OD"  
DE ATLAS COPCO.

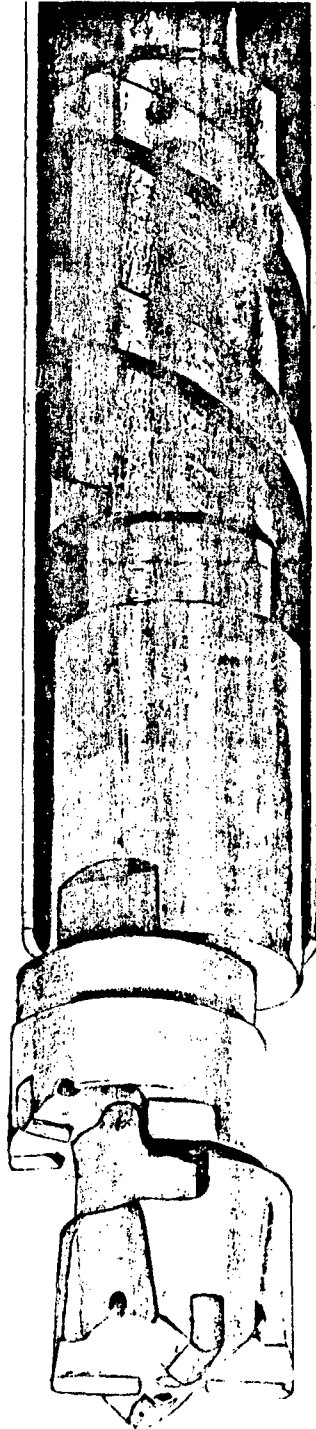


FIG. 51 - SISTEMA "ODEX"  
DE ATLAS COPCO.

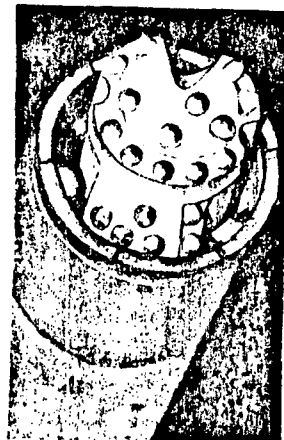
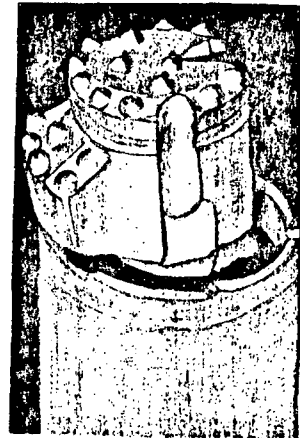
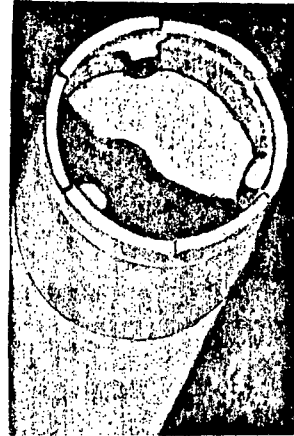


FIG. 52 - SISTEMA "SATURNO"  
DE STENUICK S.A.

