

Esquema de un sondeo hidrogeológico y su equipado

Hidrología subterránea

Sistemas de perforaciones

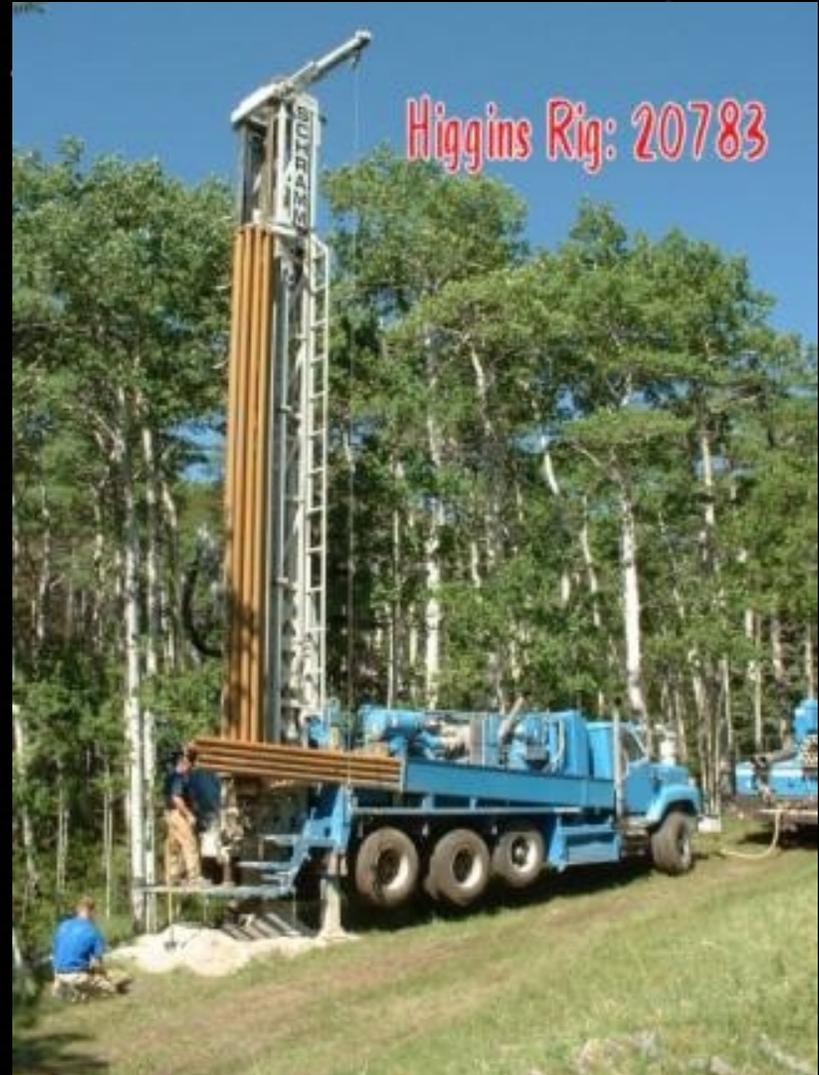
Lic. Adrián Vargas Aranibar

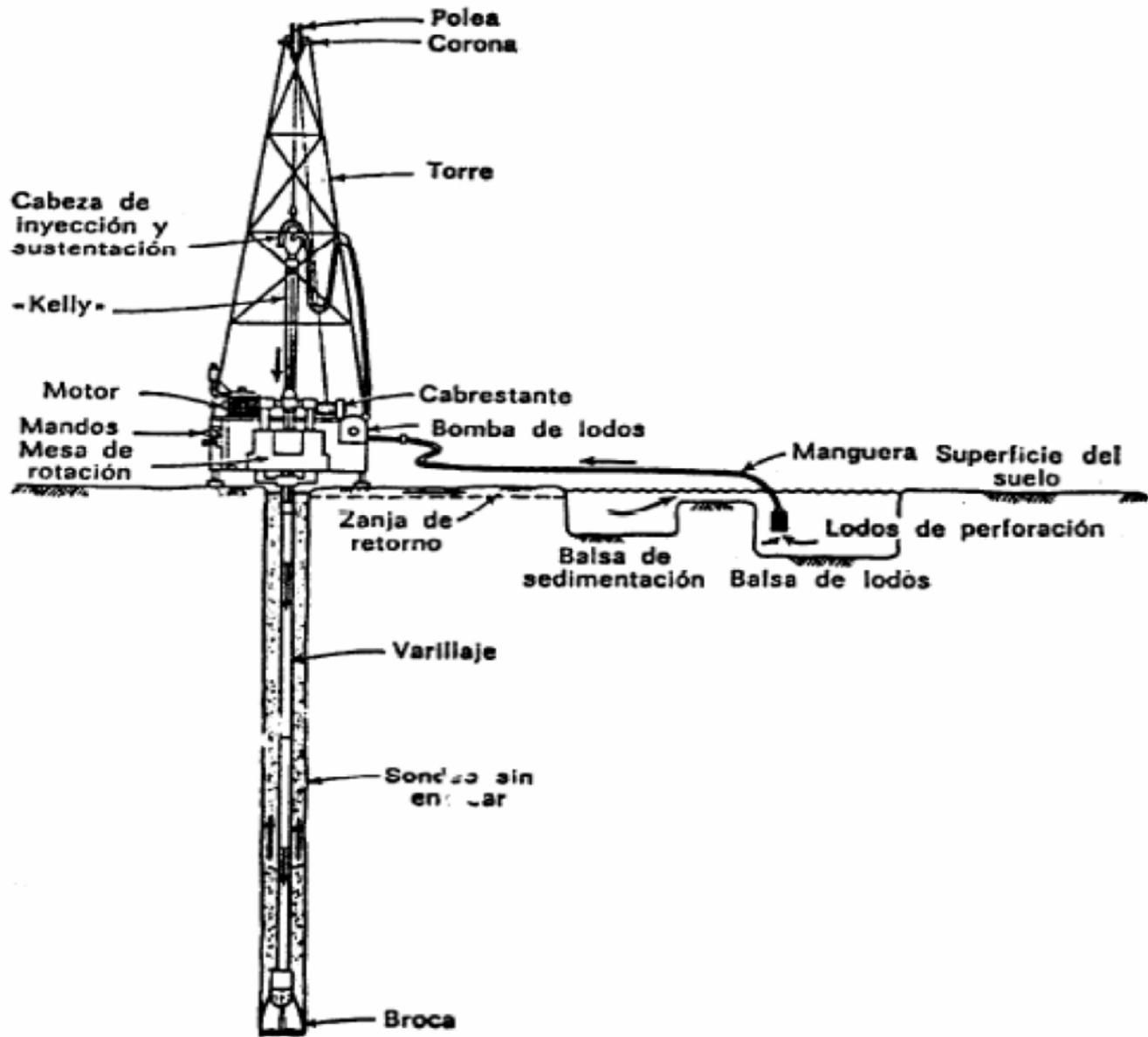
SISTEMAS DE PERFORACIÓN

- ❖ Rotación, con circulación directa e inversa
- ❖ Percusión
- ❖ Rotopercusión

ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN DIRECTA

Este sistema de perforación, basado en la rotación del trépano y la inyección del fluido a través de las barras, es el más difundido y empleado, tanto en perforaciones para agua, como en las petrolíferas. Su mayor ventaja radica en la velocidad de avance





Uno de los mayores inconvenientes que presenta la rotación con circulación directa, es la falta de representatividad de las muestras litológicas que se colectan en boca de pozo (cutting) y que son llevadas en forma ascendente por la inyección.

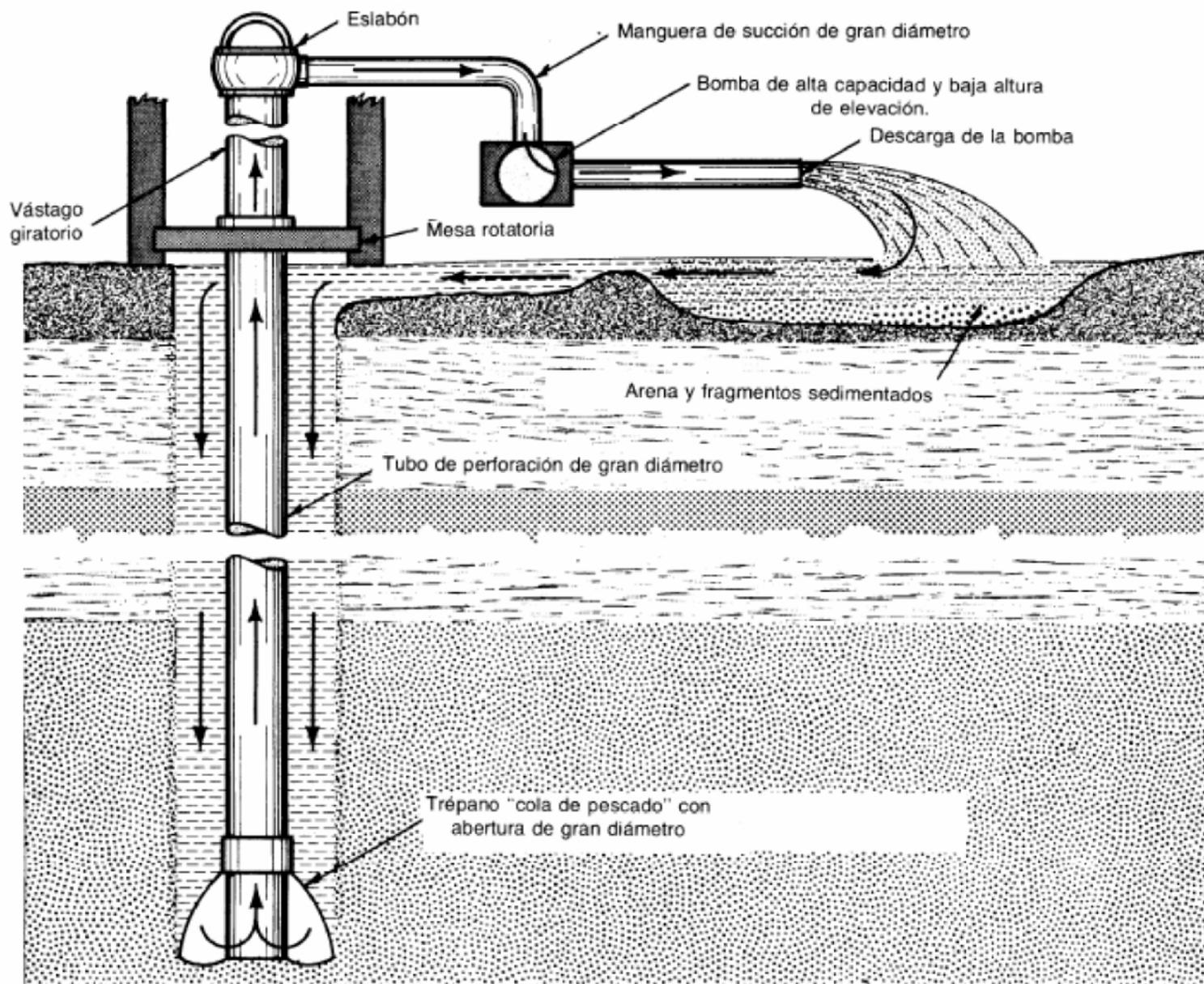
A esta falencia se agregan la falta de representatividad en la identificación de capas acuíferas, dado que el pozo está lleno de agua durante la perforación y, la invasión y daño que puede producir la inyección en horizontes productivos.

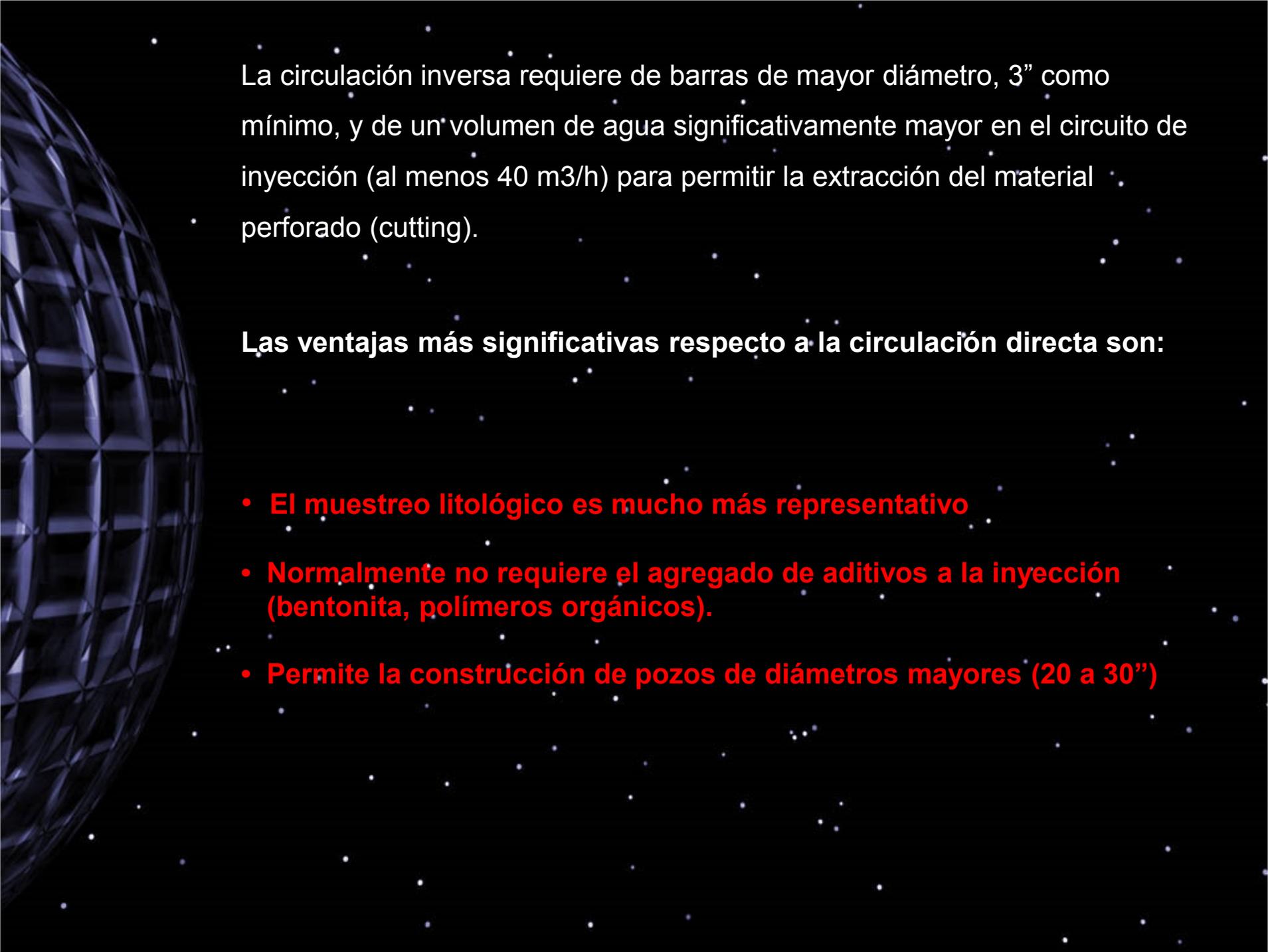


ROTACIÓN CON CIRCULACIÓN INVERSA

Este sistema está mucho menos empleado que el anterior, pese a que para profundidades someras (menos de 100 m) posee ventajas apreciables respecto a la circulación directa.

En la rotación con circulación inversa, el sentido del flujo de la inyección es contrario al de la circulación directa. En el primero, el cutting asciende por aspiración y retorna al pozo por gravedad, a través del espacio anular





La circulación inversa requiere de barras de mayor diámetro, 3" como mínimo, y de un volumen de agua significativamente mayor en el circuito de inyección (al menos 40 m³/h) para permitir la extracción del material perforado (cutting).

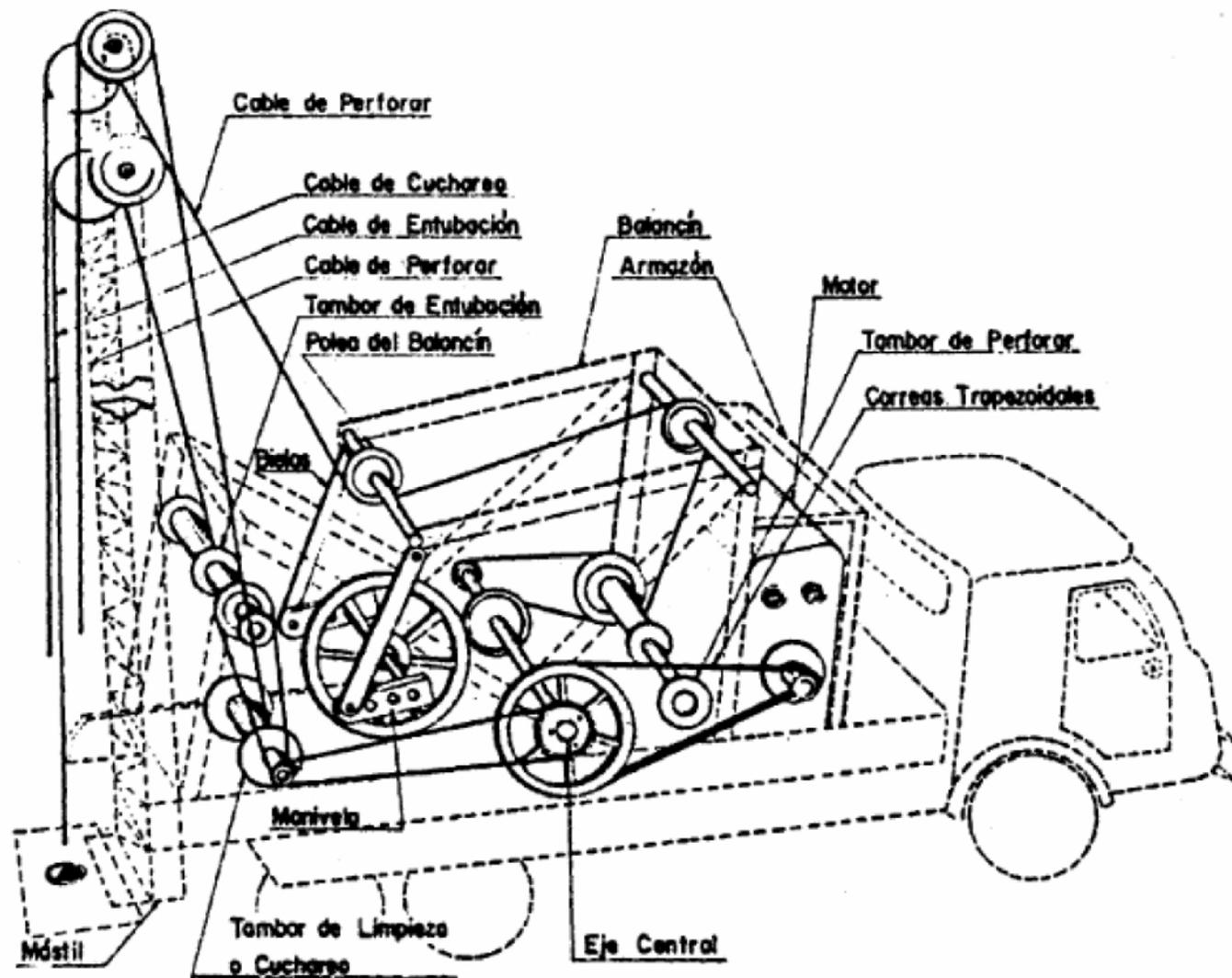
Las ventajas más significativas respecto a la circulación directa son:

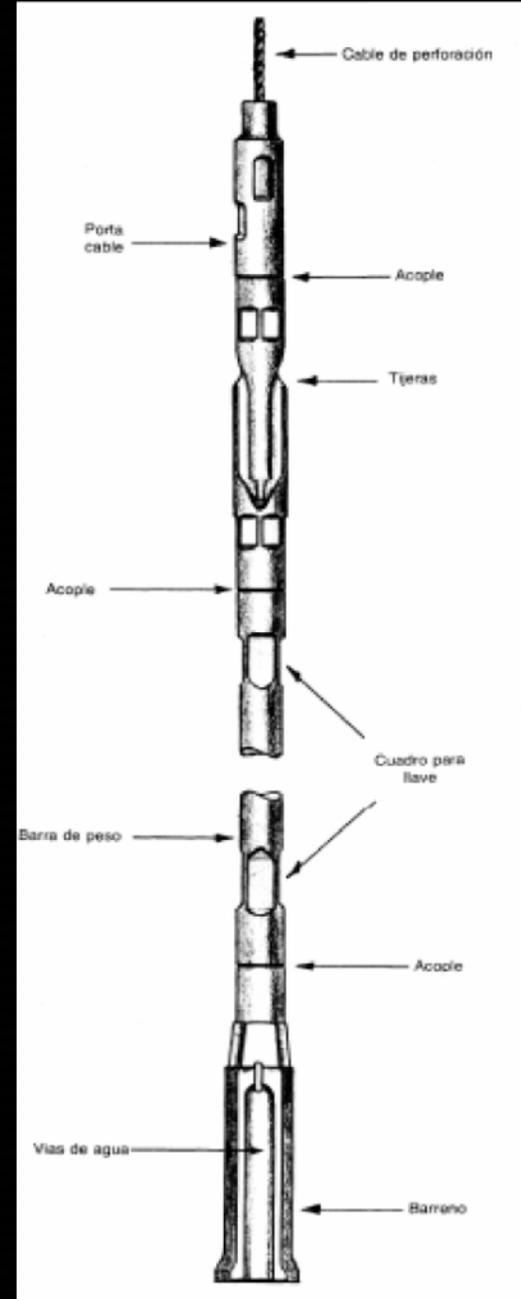
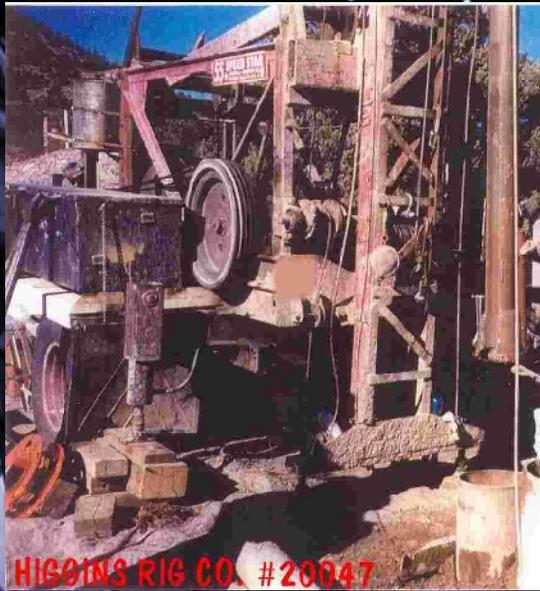
- **El muestreo litológico es mucho más representativo**
- **Normalmente no requiere el agregado de aditivos a la inyección (bentonita, polímeros orgánicos).**
- **Permite la construcción de pozos de diámetros mayores (20 a 30")**

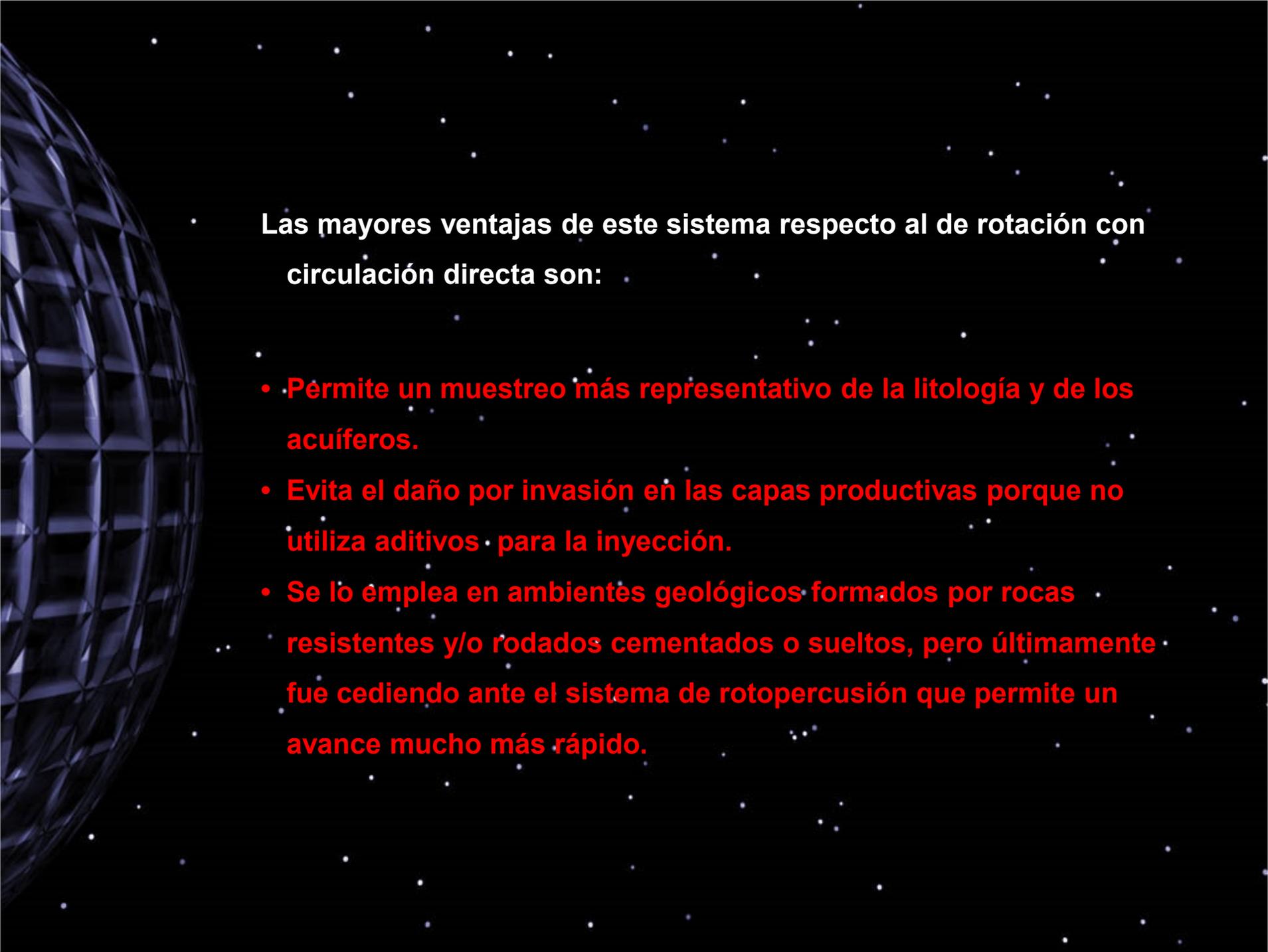
PERCUSIÓN A CABLE

Prácticamente no se utiliza en ambientes con cobertura de sedimentos gruesos, como la mayor parte de del pedemonte mendocino, debido a la lentitud en el avance y a la necesidad de emplear varios diámetros de cañería

Rara vez se superan 10 m de avance diario. Otra desventaja de la percusión a cable, es lo dificultoso que resulta la extracción de cañerías temporarias de encamisado, maniobra que requiere en muchos casos el empleo de criques de alta capacidad de tiraje







Las mayores ventajas de este sistema respecto al de rotación con circulación directa son:

- **Permite un muestreo más representativo de la litología y de los acuíferos.**
- **Evita el daño por invasión en las capas productivas porque no utiliza aditivos para la inyección.**
- **Se lo emplea en ambientes geológicos formados por rocas resistentes y/o rodados cementados o sueltos, pero últimamente fue cediendo ante el sistema de rotopercusión que permite un avance mucho más rápido.**

ROTOPERCUSIÓN (COMBINADA)

Este sistema combina los principios de la rotación y la percusión. El más utilizado es el que emplea aire como fluido de inyección, para lo que requiere de un potente compresor, que también acciona un martillo de fondo

El aire se inyecta por dentro de las barras y después de salir por los orificios del trépano, asciende por el espacio anular, siguiendo el mismo trayecto que la inyección por rotación con circulación directa y arrastrando a la superficie el material triturado por el trépano

La ventaja de este sistema es la rapidez con que avanza en roca y en terrenos formados por rodados de gran tamaño.

Las desventajas:

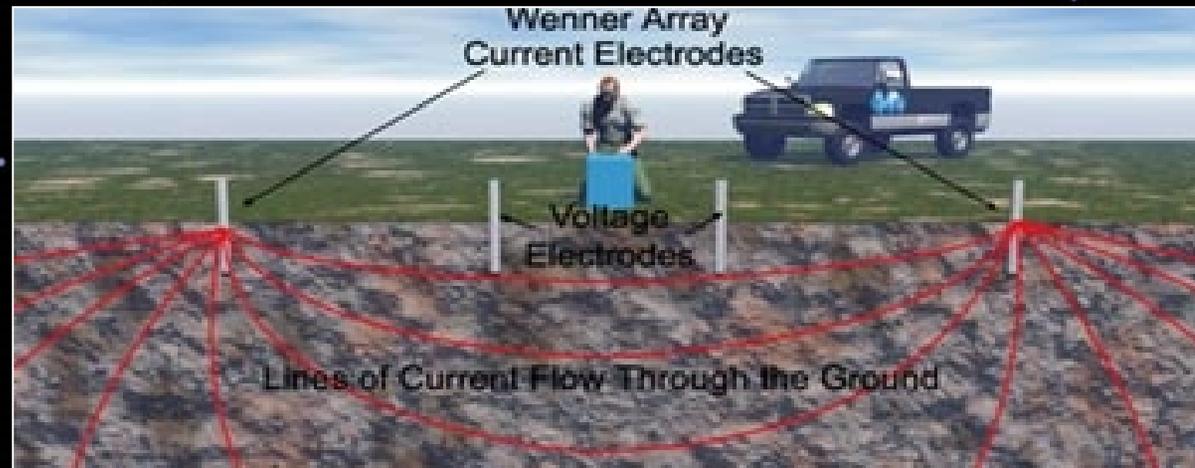
- Requiere grandes y costosos compresores
- El muestreo litológico es muy poco representativo.
- Su alcance está limitado por la columna de agua dentro del pozo





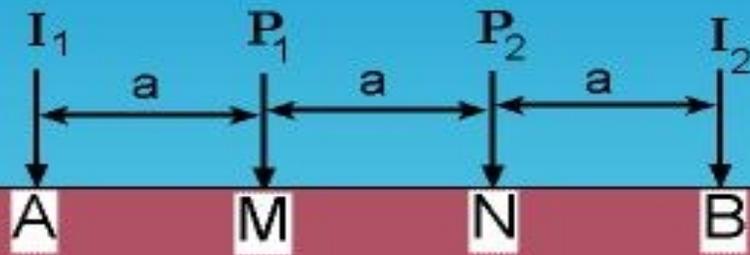
POZO PILOTO

El pozo piloto o de exploración es una perforación de diámetro pequeño (4 a 6”), que se ejecuta para conocer las características litológicas del subsuelo y las propiedades hidráulicas y químicas de los acuíferos; a fin de diseñar, en el caso de un resultado exitoso, la perforación definitiva o de captación

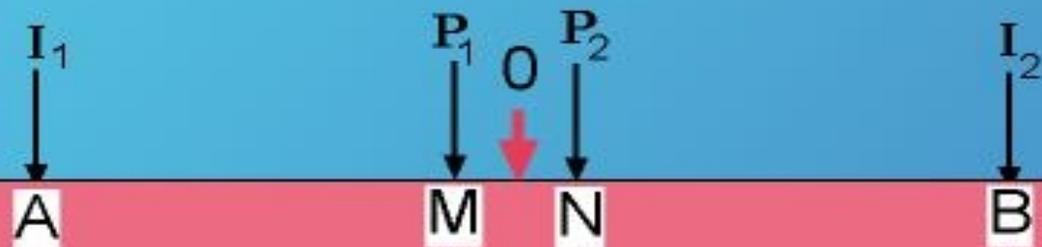


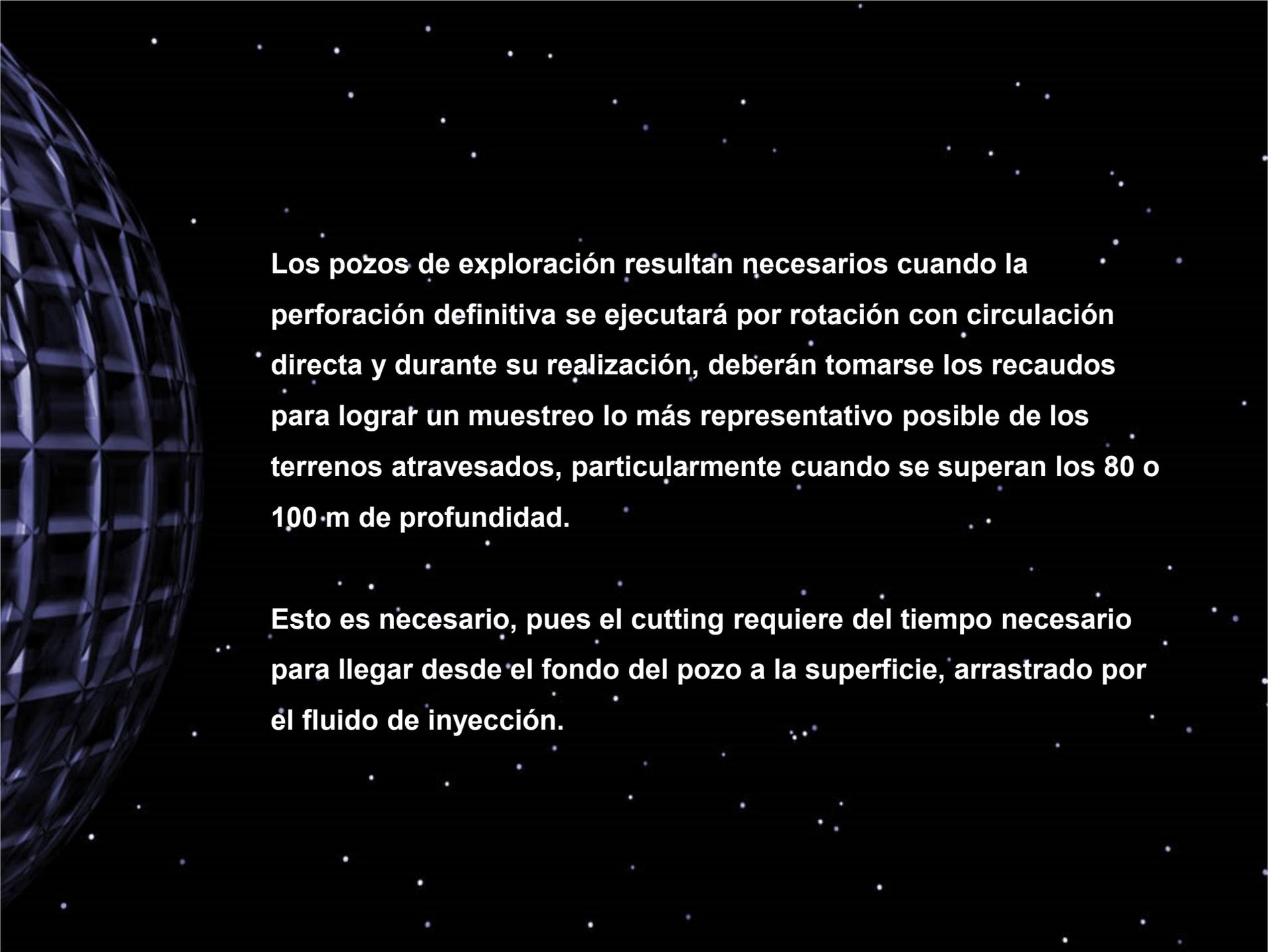


Wenner Array



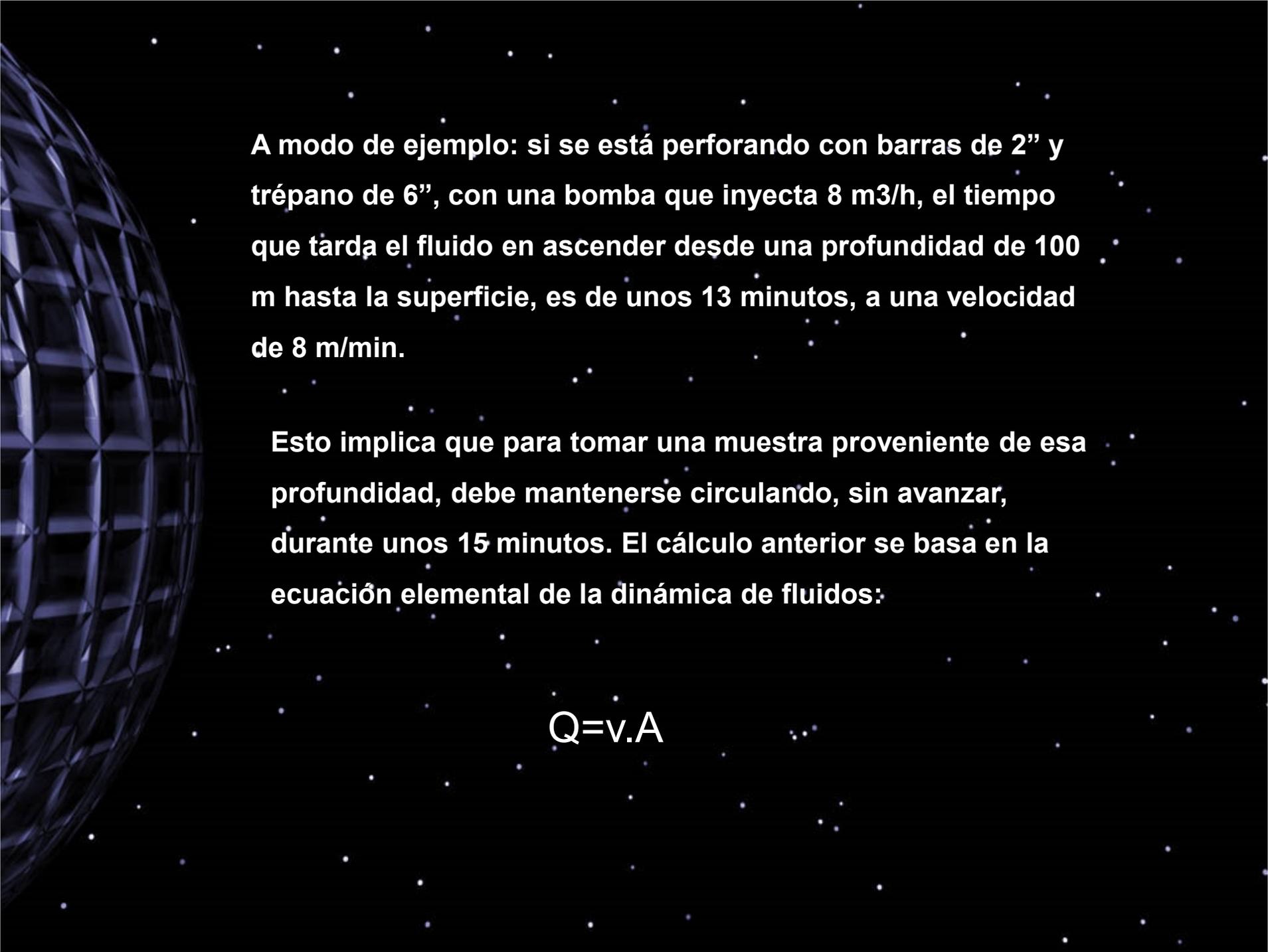
Schlumberger Array





Los pozos de exploración resultan necesarios cuando la perforación definitiva se ejecutará por rotación con circulación directa y durante su realización, deberán tomarse los recaudos para lograr un muestreo lo más representativo posible de los terrenos atravesados, particularmente cuando se superan los 80 o 100 m de profundidad.

Esto es necesario, pues el cutting requiere del tiempo necesario para llegar desde el fondo del pozo a la superficie, arrastrado por el fluido de inyección.



A modo de ejemplo: si se está perforando con barras de 2" y trépano de 6", con una bomba que inyecta 8 m³/h, el tiempo que tarda el fluido en ascender desde una profundidad de 100 m hasta la superficie, es de unos 13 minutos, a una velocidad de 8 m/min.

Esto implica que para tomar una muestra proveniente de esa profundidad, debe mantenerse circulando, sin avanzar, durante unos 15 minutos. El cálculo anterior se basa en la ecuación elemental de la dinámica de fluidos:

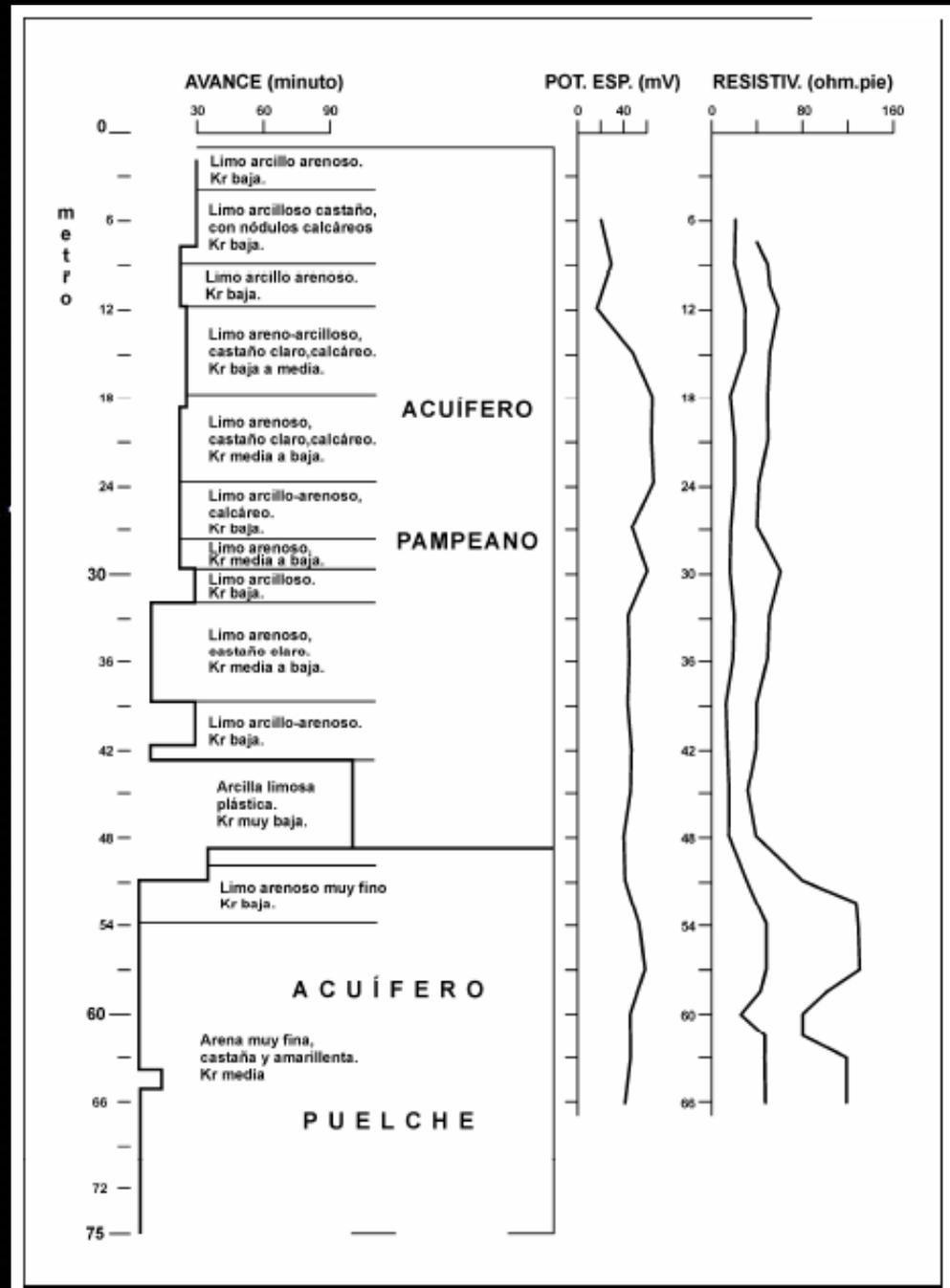
$$Q=v.A$$

Otra práctica, es la medición de la velocidad de avance del mismo. Para ello se marca el vástago cada 1 m y se mide el tiempo que tarda en recorrerlo.

Perfilaje eléctrico

El potencial espontáneo (SP)

Resistividad





El potencial espontáneo (SP), mide la diferencia natural de potencial eléctrico entre las unidades geológicas. Esta diferencia, se manifiesta con mayor intensidad en el contacto entre las capas arcillosas y las arenosas. El SP se mide en milivoltios (mV) y la interpretación de su registro, permite establecer cualitativamente la ubicación de los horizontes más permeables (arenas)

La resistividad, se mide en ohm.m, consiste en inyectar una corriente eléctrica en la pared del pozo y registrar la intensidad de su retorno, afectada por la constitución litológica y el contenido salino del agua de formación. Si el componente geológico es poco poroso y permeable (tosca), la curva de resistividad se desplazará hacia la derecha (valores mayores); si es poroso y poco permeable (arcilla o limo), se desplazará hacia la izquierda (valores menores) porque en este caso incide la salinidad.

DISEÑO DEL POZO DE CAPTACIÓN

El diseño de una perforación depende de la finalidad para la que se construya y de las características y comportamiento hidrogeológico de las capas productivas (acuíferos) e improductivas (acuitardos, acuicludos).

El acuitardo (limo arcilloso o arenoso) es una unidad de baja permeabilidad que no puede aportar un caudal apreciable a una perforación, pero que permite el pasaje significativo de una capa a otra

Este proceso es el responsable de la contaminación con nitratos del Acuífero Puelche en el Conurbano de Buenos Aires, o del segundo nivel de explotación en los acuíferos mendocinos

DÍAMETRO DE LA PERFORACIÓN

El diámetro de la perforación definitiva o de explotación, depende de varios factores

- **caudal requerido,**
- **productividad del acuífero,**
- **diámetro del entubamiento,**
- **características del equipo de bombeo**

EL CAUDAL REQUERIDO

Es uno de los principales condicionantes del diámetro del pozo y su entubamiento, dado que para lograr caudales elevados se necesitan grandes equipos de bombeo, cuya instalación requiere de cañerías de gran diámetro

LA PRODUCTIVIDAD DEL ACUÍFERO

Es la limitante esencial respecto al caudal que puede obtenerse de un pozo. En un acuífero de baja productividad, como el existente en los basaltos de la Formación Misiones, no se logran caudales elevados aunque se construyan pozos de gran diámetro (20") y se los termine adecuadamente

La productividad de un acuífero depende de su permeabilidad (K) o conductividad hidráulica y del espesor saturado. La permeabilidad es la resistencia que ofrece el acuífero al movimiento del agua y la (T) que es el producto de la permeabilidad por el espesor saturado

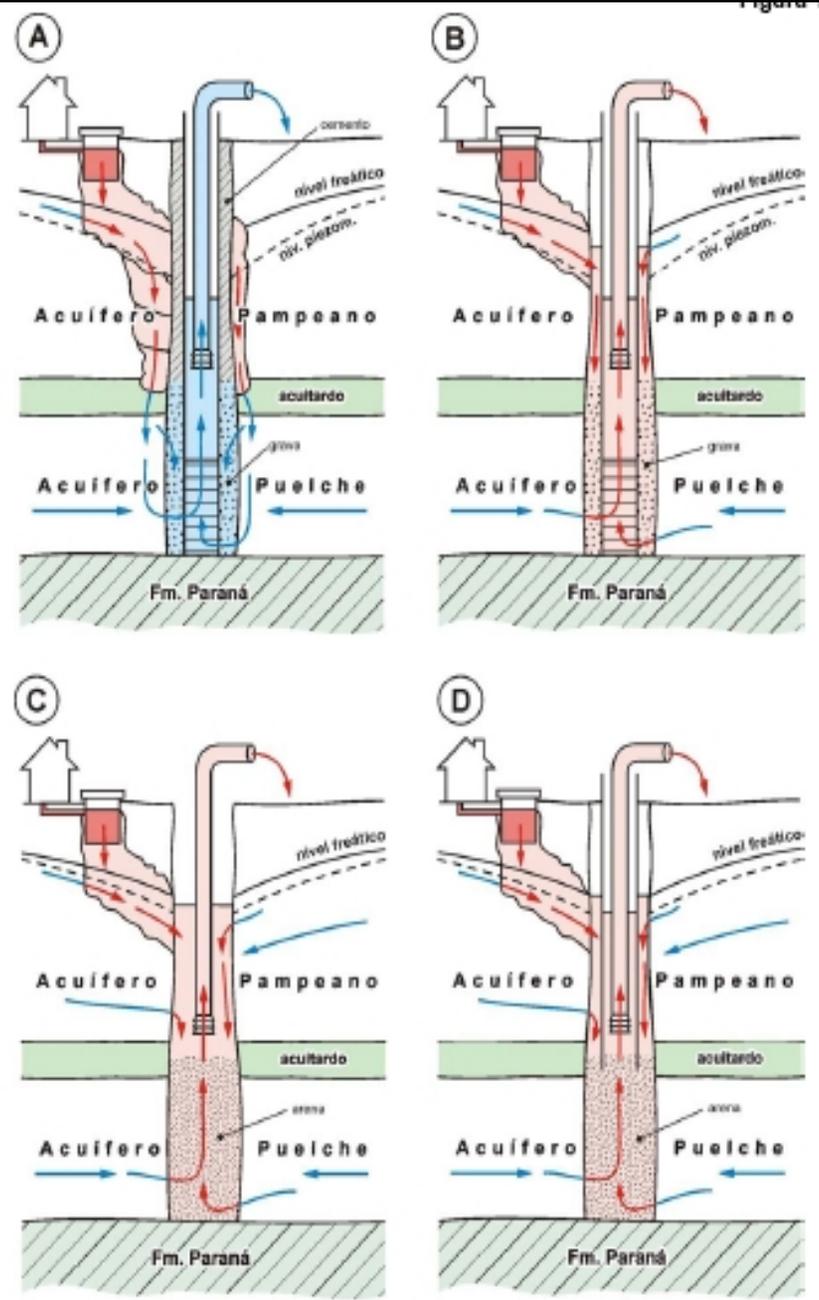
$$T = k.e$$

A modo de ejemplo: un acuífero con una K de 1 m/día y 50 m de espesor, tendrá la misma productividad que otro con una K de 10 m/día y 5 m de espesor, porque la transmisibilidad de ambos es la misma (50 m²/d).

EL DIÁMETRO DEL ENTUBAMIENTO

Condiciona al diámetro del pozo, porque para que la cañería pueda entrar, el diámetro del pozo tiene que ser mayor. Además, especialmente en los pozos para agua potable y en aquellos que se emplean para abastecer a la industria alimentaria, es necesario lograr una buena aislación para evitar posibles contaminaciones por flujo a través del espacio anular, desde el acuífero freático.

Para lograr una buena cementación es necesario disponer de un diámetro de pozo 4" mayor que el diámetro de la camisa.



A: Pozo encamisado y cementado. B: Pozo encamisado, sin cementar.
C: Pozo sin encamisado ni cementación. D: pozo parcialmente encamisado, sin cementación.

LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Tienen diferentes características y rendimientos, y su empleo depende en gran medida de la finalidad perseguida

Las bombas a émbolo o pistón, que también se denominan de desplazamiento constante, se emplean comúnmente para accionar los bombeadores domésticos, los molinos a viento y las bombas manuales, conocidas como pie de molino

Con estos equipos se logran caudales bajos, en general menores a 5 m³/h y la mayoría de los cilindros que contienen a los émbolos entran en cañerías de 3" y aún de 2".



Las bombas centrífugas aspirantes, de vacío u horizontales,

funcionan fuera del agua y su principio operativo se basa en la generación de una presión negativa inferior a la atmosférica. En condiciones ideales, con bombas de este tipo, se puede elevar el agua desde una profundidad máxima de 10,33 m por debajo del suelo. Esta profundidad equivale a 760 mm de mercurio, que es la presión atmosférica media a nivel del mar, e igual a 1 atmósfera y a 1 kg/cm²

En la práctica las pérdidas por fricción y la imposibilidad de lograr un vacío perfecto, reducen la capacidad de elevación en alrededor del 40%, por lo que ésta queda limitada a unos 6 m. Dado que la cañería de aspiración puede ser de 1" o menos, éstas bombas pueden operar en pozos de pequeño diámetro siempre que el nivel hidráulico no sobrepase los 6 m de profundidad



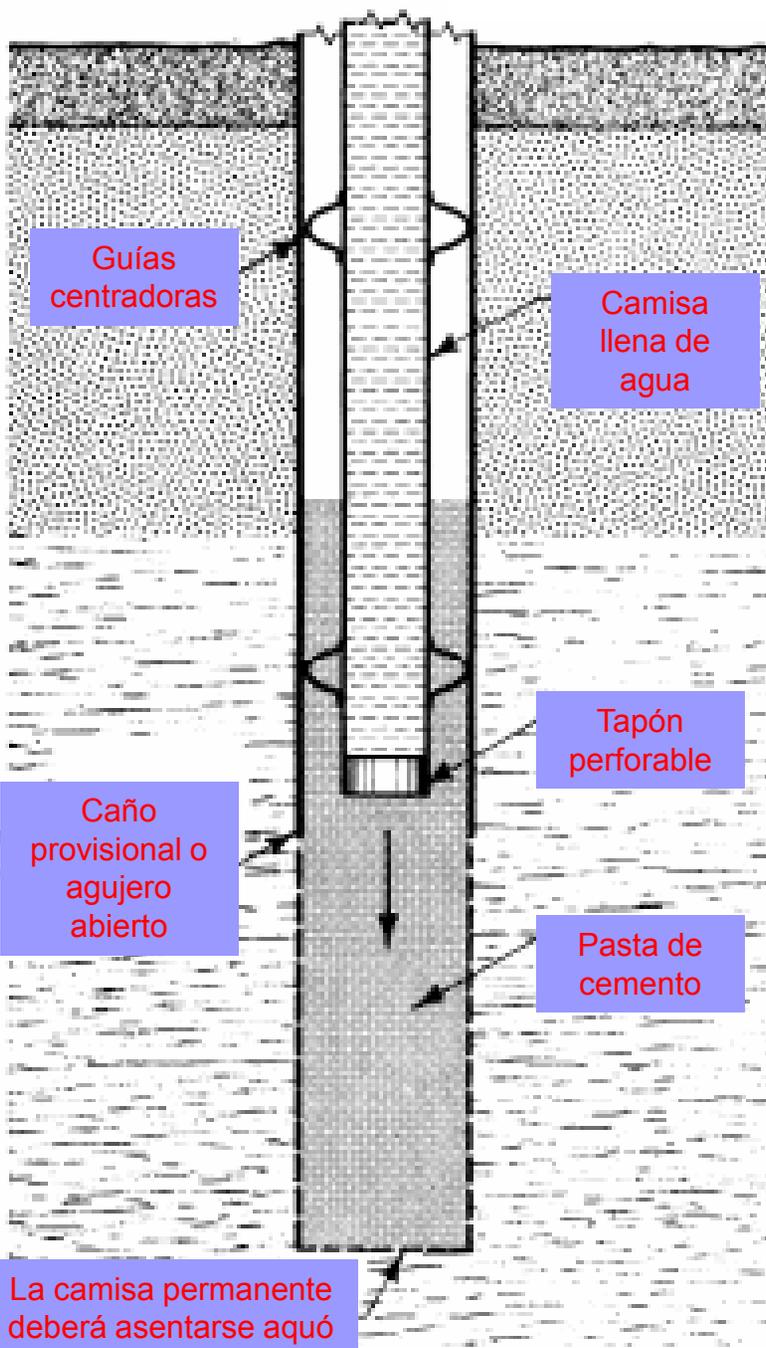
Las bombas centrífugas impulsoras, o sumergidas, tienen los rotores o impulsores dentro del agua. Este tipo, que generalmente se clasifica en bombas de eje y con motor sumergido, se emplea en la obtención de caudales elevados para el abastecimiento de agua potable en los servicios centralizados, para el riego y para la industria. Las cañerías de menor diámetro en que pueden instalarse las bombas centrífugas impulsoras oscilan en 4”.

CAUDALES EN FUNCIÓN DE LOS DIÁMETROS Y LAS ALTURAS			
Ø CAMISA (pulgada)	ALTURA MANOMÉTRICA (m)		
	30	40	50
	CAUDAL (m ³ /h)		
4	7 a 21	5 a 16	3 a 10
6	20 a 55	18 a 42	17 a 20
8	132 a 162	83 a 147	90 a 132
10	306 a 370	252 a 366	145 a 324

INSTALACIÓN DE LA CAMISA

La colocación apropiada de la cañería camisa en una perforación es una tarea fundamental para lograr una buena aislación entre acuíferos y evitar la contaminación bacteriológica, o con otras sustancias que pueden ser retenidas o degradarse durante su pasaje del acuífero libre o freático al semiconfinado subyacente

Ya se mencionó que para lograr una buena cementación de la camisa es necesario contar con un diámetro de pozo al menos 4" mayor que el de la cañería. También resulta conveniente colocar centradores en la camisa



Guías centradoras

Camisa llena de agua

Tapón perforable

Caño provisional o agujero abierto

Pasta de cemento

La camisa permanente deberá asentarse aquí



Lo que debe calcularse es el volumen de lechada necesario para ocupar el espacio anular entre el fondo del pozo y la superficie.

Una forma expeditiva para calcular el volumen que puede contener una cañería, consiste en elevar al cuadrado el diámetro en pulgadas de la misma y dividirlo por 2

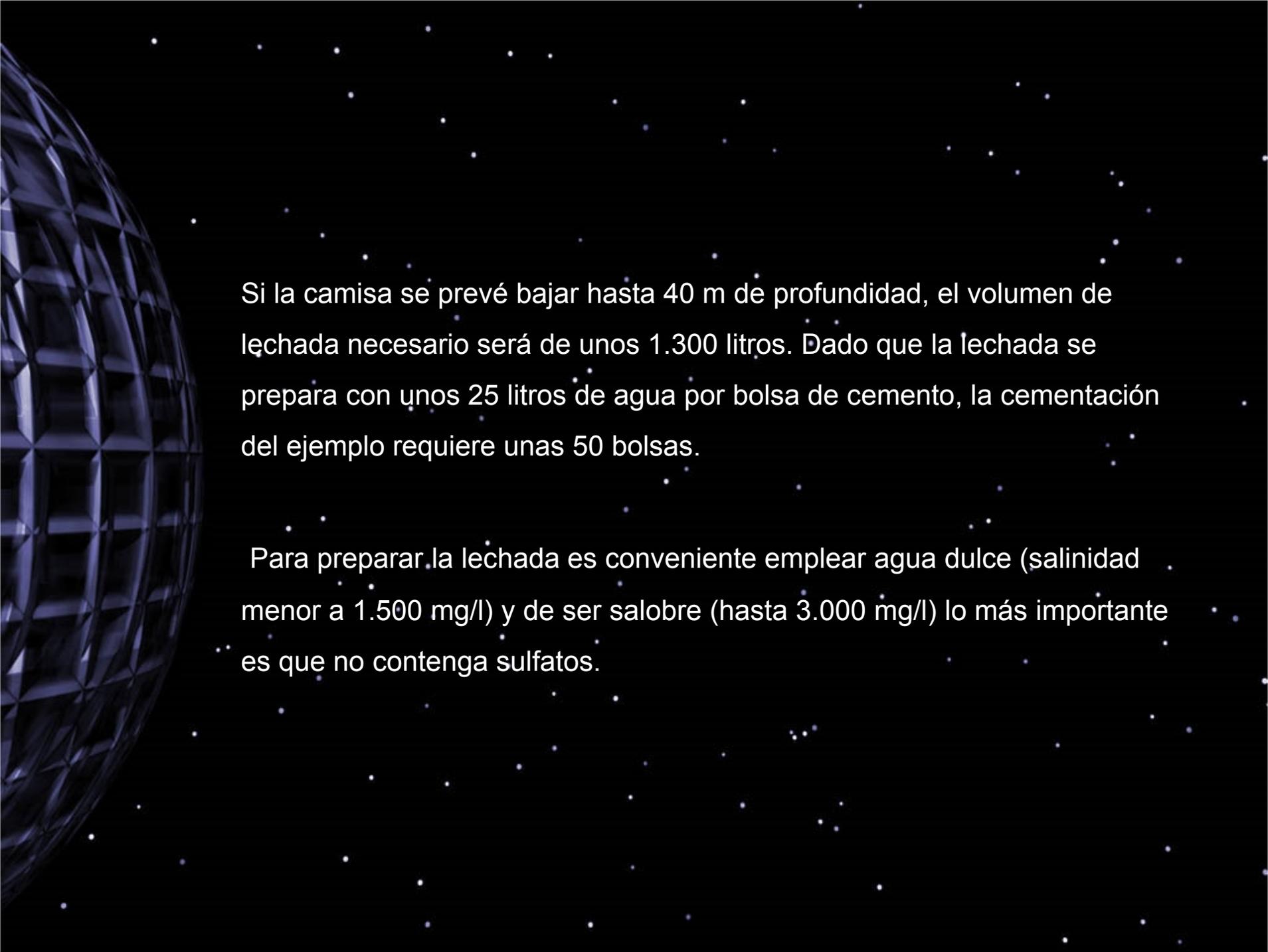
$$\text{Vol: (l/m)} = (\text{Ø"})^2 / 2$$

El resultado expresa el volumen en litros por metro de caño. Si se tiene que colocar una camisa de 6" en un pozo de 10", el cálculo para establecer el volumen de lechada necesario para cementar el espacio anular es:

$$\text{Vol. camisa} = 6 \times 6 / 2 = 18 \text{ litros/m}$$

$$\text{Vol. pozo} = 10 \times 10 / 2 = 50 \text{ l/m}$$

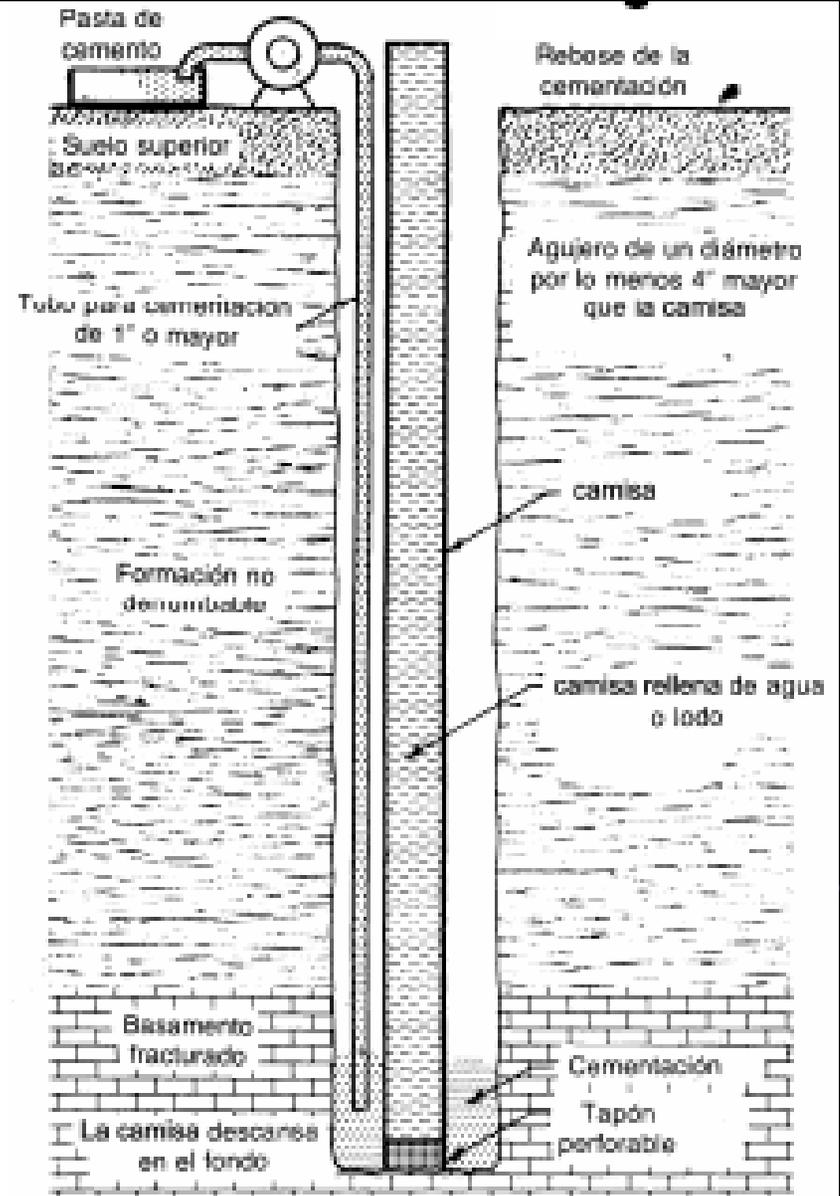
$$\text{Vol. espacio anular} = 50 - 18 = 32 \text{ l/m}$$



Si la camisa se prevé bajar hasta 40 m de profundidad, el volumen de lechada necesario será de unos 1.300 litros. Dado que la lechada se prepara con unos 25 litros de agua por bolsa de cemento, la cementación del ejemplo requiere unas 50 bolsas.

Para preparar la lechada es conveniente emplear agua dulce (salinidad menor a 1.500 mg/l) y de ser salobre (hasta 3.000 mg/l) lo más importante es que no contenga sulfatos.

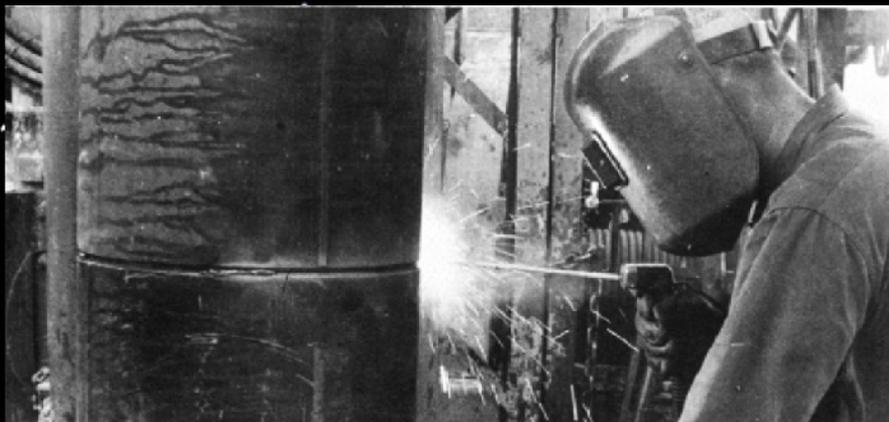
En cualquier caso, una correcta cementación brinda mayor seguridad para la aislación entre acuíferos



Cementación mediante tubería de inyección.

Los materiales más empleados en las cañerías para encamisados son:

- acero negro sin costura
- acero con revestimiento galvanizado
- PVC





El acero común o negro, es ampliamente empleado en el encámisado de pozos, especialmente en el tipo de cañería sin costura, con extremos para roscar o frentados para soldar

El acero galvanizado o con cobertura de cinc, es más resistente a la corrosión que el acero negro, pero no se produce sistemáticamente en diámetros mayores a 6". Por ello, además de ser más caro, es necesario encargarlo especialmente, lo que genera demoras en la entrega

Las cañerías de PVC roscadas, se han difundido en los últimos 15-20 años. Aventajan a las de acero en que son mucho más resistentes a la oxidación y a la corrosión. La mayor desventaja es su menor resistencia a la tracción y a la compresión, lo que limita la capacidad de tiraje para la extracción y el golpeo para el hincado. El precio del PVC reforzado en diámetros mayores a 6", es prácticamente el mismo que el del acero negro

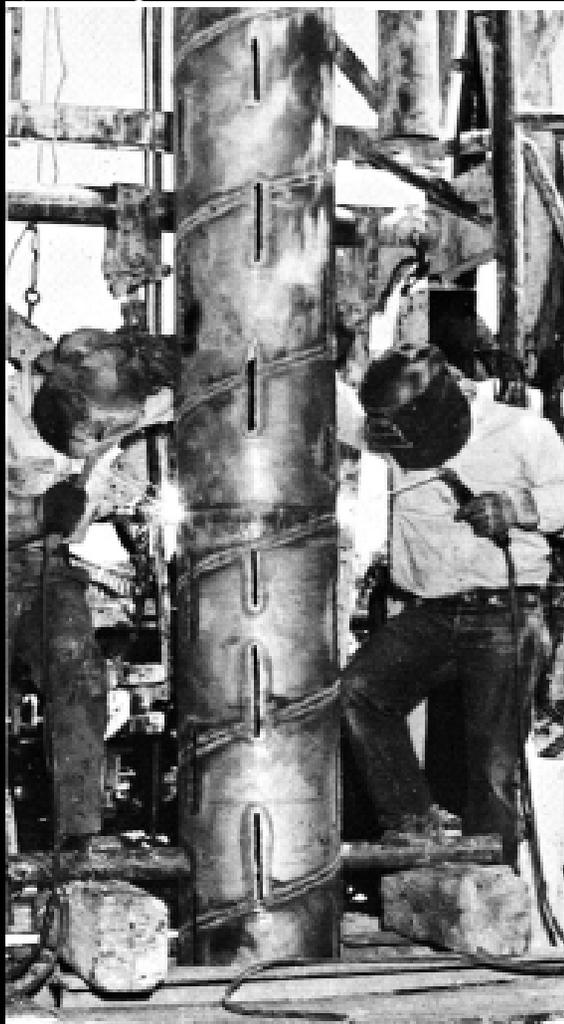
FILTRO

El filtro es uno de los componentes más importantes para el correcto funcionamiento de un pozo para la extracción de agua.

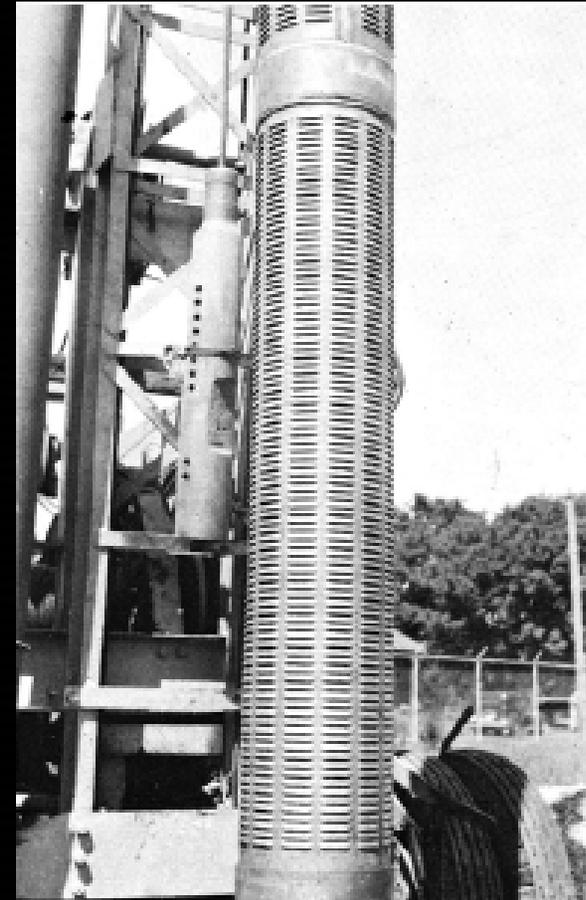
Básicamente, consiste en un caño o tubo con orificios a través de los cuales ingresa el agua contenida en un acuífero, pero no el material granular natural de la formación productiva, ni el que se hubiese agregado artificialmente (engravado).

TIPOS DE FILTRO

- filtros agujereados
- filtros ranurados o de persiana
- filtros de ranura continua

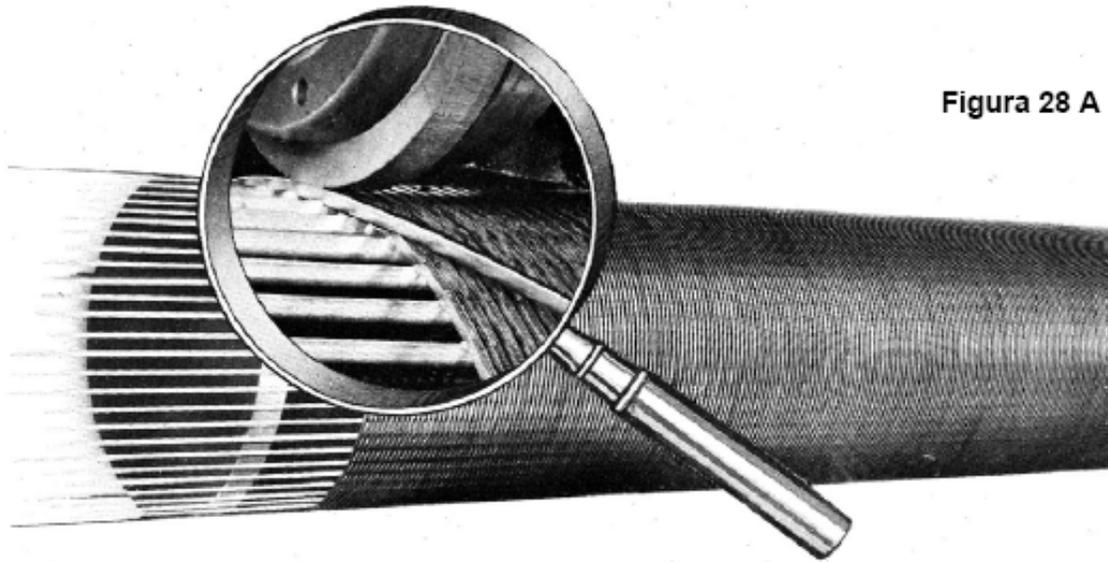


Cañería ranurada verticalmente con soplete. La superficie abierta es muy escasa y las ranuras muy anchas.



Filtro tipo persiana o celosía, en tramos de 1,5 m.

Figura 28 A



Enrollado del filamento en un filtro de ranura continua tipo Johnson. El filamento va soldado a las nervaduras en cada cruce.



Detalle del filamento y las nervaduras en un filtro de ranura continua.

FILTROS DE RANURA CONTINUA JOHNSON

CAUDALES MÁXIMOS TÉORICOS EN LITROS POR HORA

Por metro de largo de Filtro calculados en base de una velocidad de entrada de 3 cm por segundo

Ø Interior del filtro	RANURA #				
	20 (0,5 mm)	30 (0,75 mm)	40 (1 mm)	60 (1,5 mm)	80 (2 mm)
63 mm (2½ ")	3.800	5.300	6.600	8.800	10.500
75 mm (3")	4.400	6.200	7.700	10.200	12.200
102 mm (4")	5.800	8.100	10.100	13.300	15.900
127 mm (5")	7.000	9.800	12.300	16.300	19.400
152 mm (6")	8.400	12.000	15.000	19.800	23.700
203 mm (8")	11.200	15.600	19.500	25.900	30.900
254 mm (10")	9.300	13.300	17.000	23.300	28.700
305 mm (12")	11.100	15.800	20.100	27.700	34.100
355 mm (14")	12.800	18.200	23.300	32.000	39.300

ELECCIÓN DEL FILTRO

La elección del filtro, en lo referente al tipo, tamaño y distribución de la rejilla, al material y al diámetro, depende del uso previsto para la perforación (doméstico, agua potable, riego, industria, ganado), del caudal requerido, y de la productividad y tipo de agua del acuífero

En pozos de agua domésticos equipados con bombeadores, bombas centrífugas horizontales, o eductoras, que normalmente no requieren más de 5 m³/h, el filtro puede construirse ranurando con sierra de 1 mm, una cañería de PVC reforzada de 2 o 3".

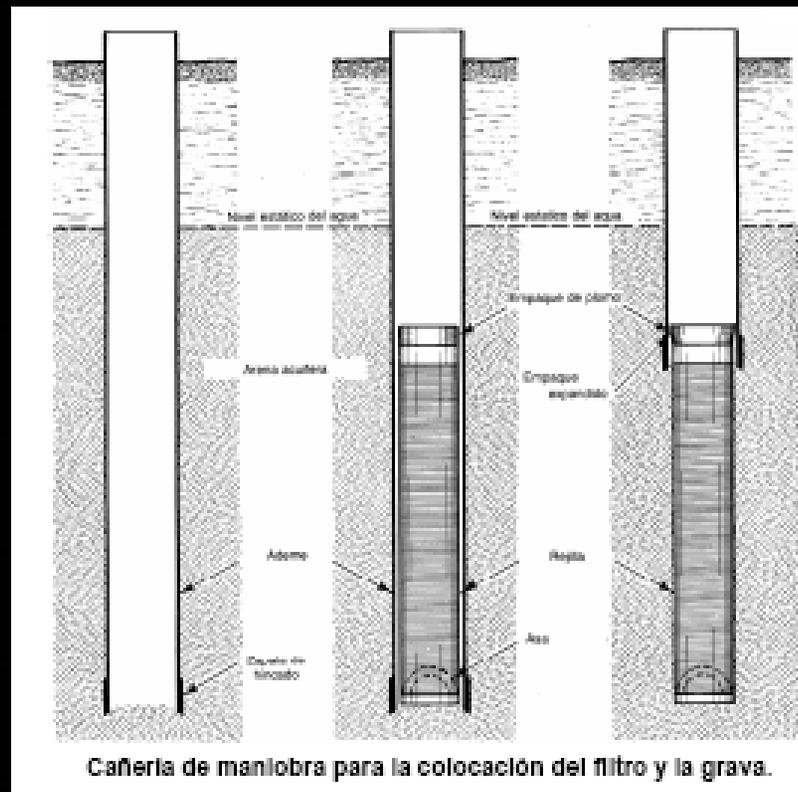
Con este tipo de filtro se logra una superficie abierta o efectiva del orden del 5% del total de la cañería, con lo que el de 2" alcanza una ranura continua.

Alcanza un rendimiento de 900 litros/hora por metro y el de 3" 1,3 m³/h.m, para una velocidad de entrada del agua a través de las ranuras, de 108 m/h (3 cm/seg).

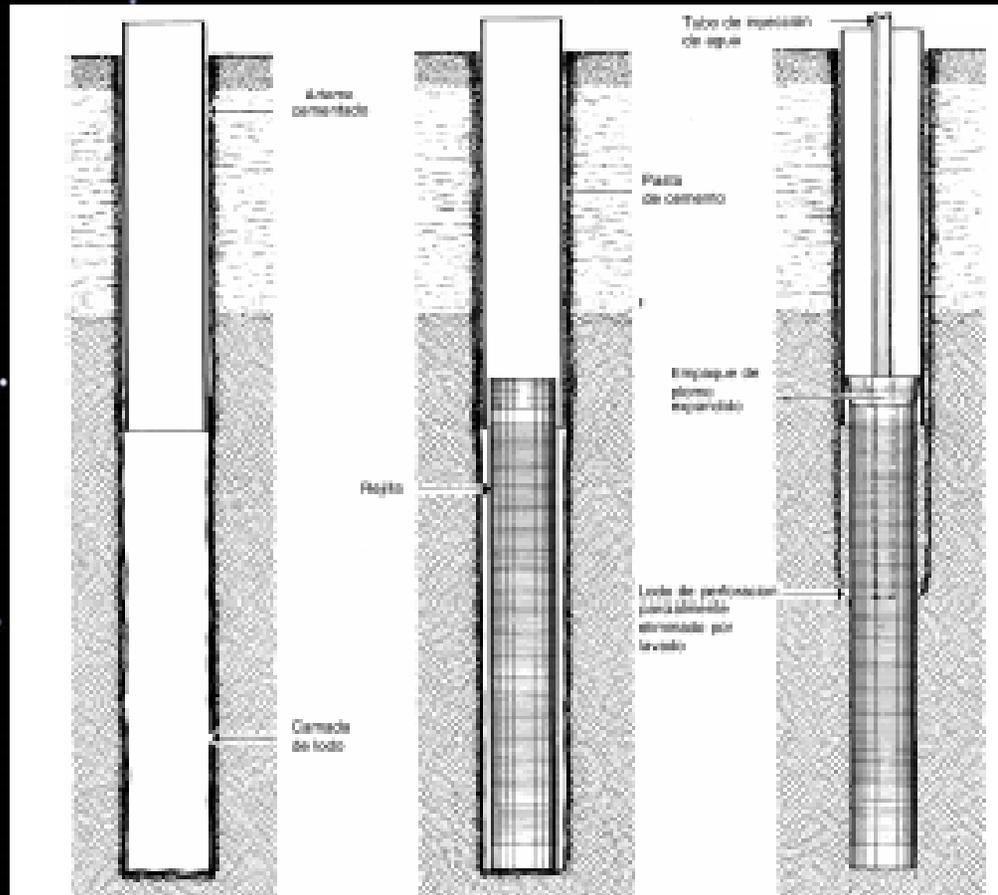
INSTALACIÓN DEL FILTRO

La colocación del filtro depende del diseño elegido y del sistema de perforación empleado.

En los **pozos ejecutados por percusión a cable**, es común bajar una cañería de maniobra o camisa temporaria hasta el fondo (figura 19) y, luego de colocar el filtro, ir levantándola a medida que se agrega la grava.

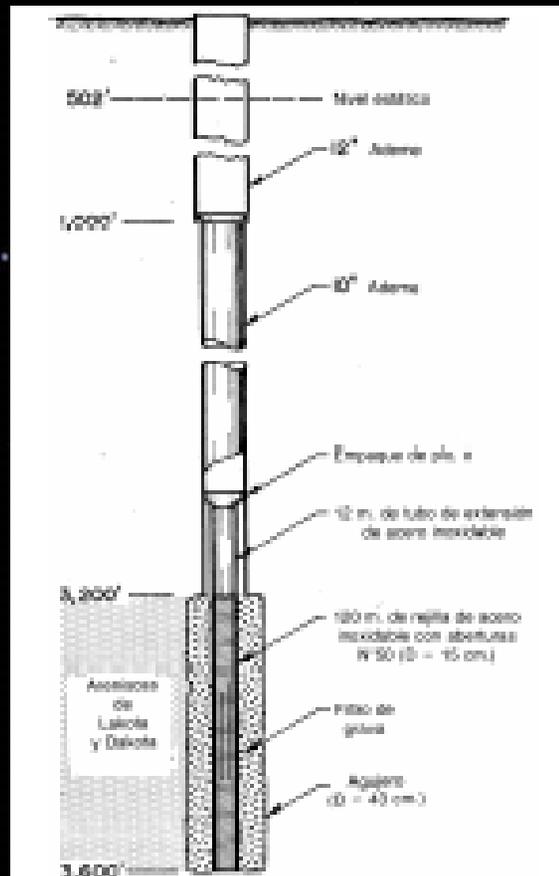


En las perforaciones ejecutadas a rotación, el filtro generalmente se instala luego de cementar la camisa, para cuyo fragüe, deben transcurrir al menos 72 horas, pero con los aceleradores se puede reducir el tiempo a 24 hs.



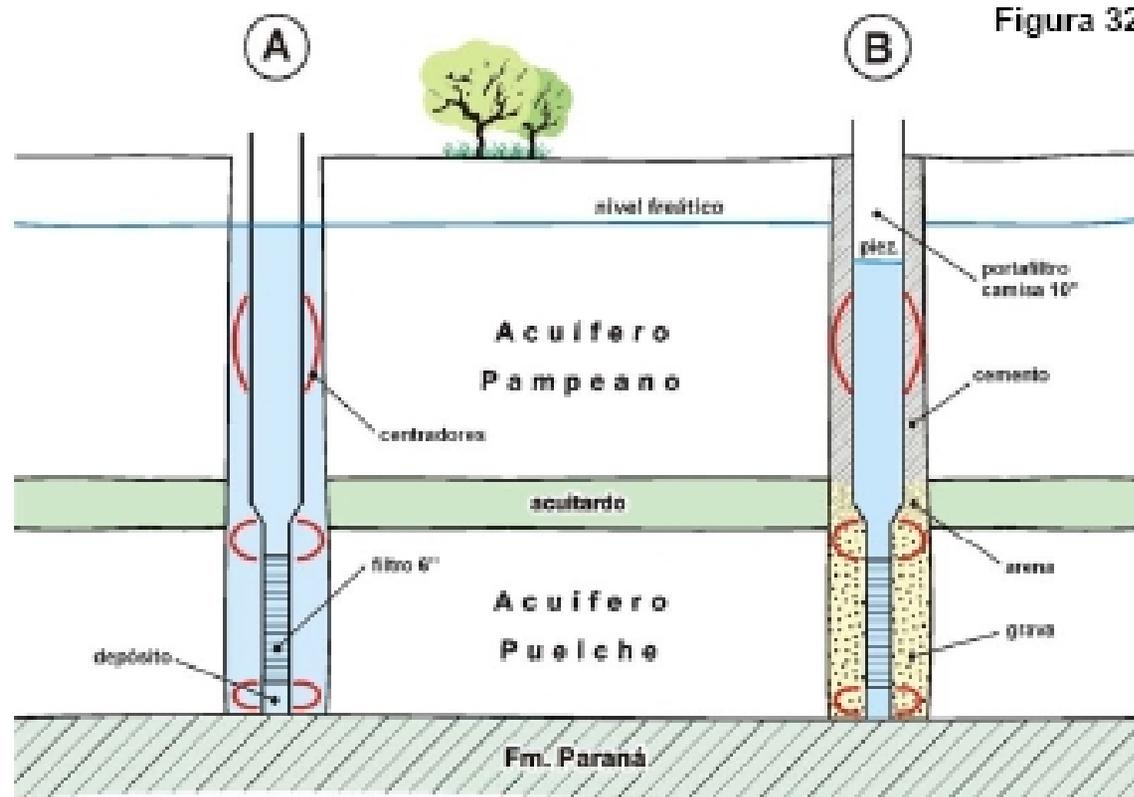
El diámetro del pozo es 4" mayor que el del filtro.

El empleo de ensanchadores, de apertura mecánica o hidráulica, permite ampliar significativamente el diámetro en el sector productivo, para lograr espacios anulares de 5 a 10"



Diámetro del pozo ampliado, mediante el empleo de un ensanchador.

Otra forma de **colocar el filtro es acoplarlo a una cañería portafiltro permanente**, del mismo diámetro o mayor, para admitir al equipo de bombeo. En este caso, la cementación se practica por encima del engravado y, para evitar el descenso del cemento y la obturación del espacio poral de la grava, la parte superior del cilindro de grava, se termina con arena de construcción, fina o mediana



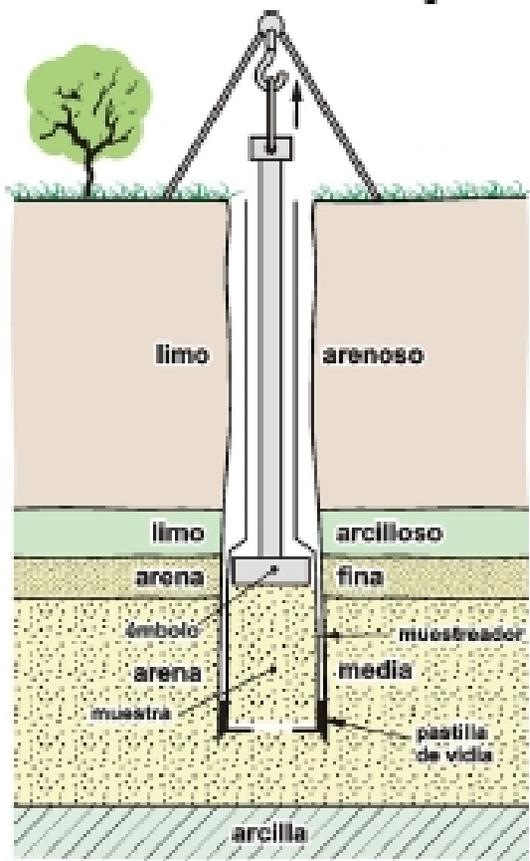
A: entubamiento previo al engravado y la cementación.

B: pozo terminado con arena por encima de la grava, para evitar el descenso del cemento.

ENGRAVADO

La colocación de un prefiltro, comúnmente llamado de grava, aunque es frecuente emplear arena mediana o gruesa, tiene por finalidad evitar la entrada al pozo de la arena fina de formación, luego de completar el desarrollo del mismo.

El prefiltro además, aumenta considerablemente la permeabilidad en la vecindad del filtro, que es donde se produce un incremento notable de la velocidad que genera fuertes pérdidas de carga, debido al pasaje de flujo laminar a turbulento.



Muestreador a émbolo para arena y grava sueltas.



Arena y grava

- .131" (6-Malla)
- .093" (8-Malla)
- .065" (10-Malla)
- .048" (14-Malla)
- .033" (20-Malla)
- .023" (28-Malla)
- .016" (35-Malla)
- .012" (48-Malla)

Fondo

Para arena gruesa

- .048" (14-Malla)
- .033" (20-Malla)
- .023" (28-Malla)
- .016" (35-Malla)
- .012" (48-Malla)
- .008" (85-Malla)

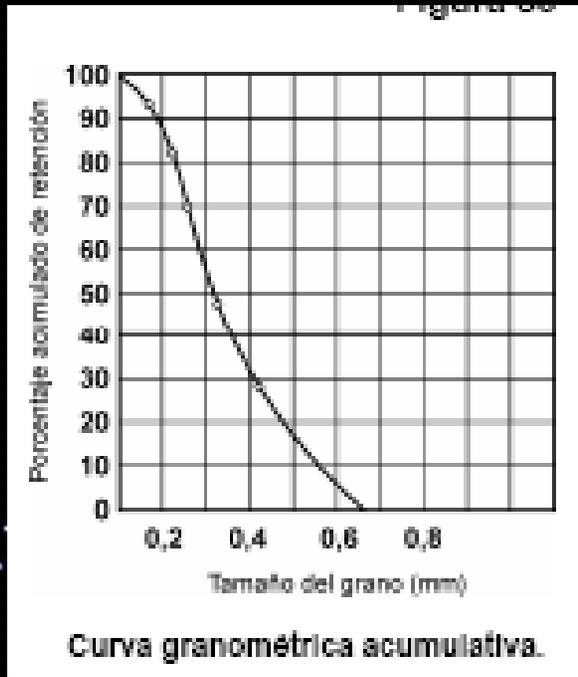
Fondo

Para arena fina

- .023" (28-Malla)
- .016" (35-Malla)
- .012" (48-Malla)
- .008" (85-Malla)
- .006" (100-Malla)

Fondo

Serie de tamices para análisis granométricos.



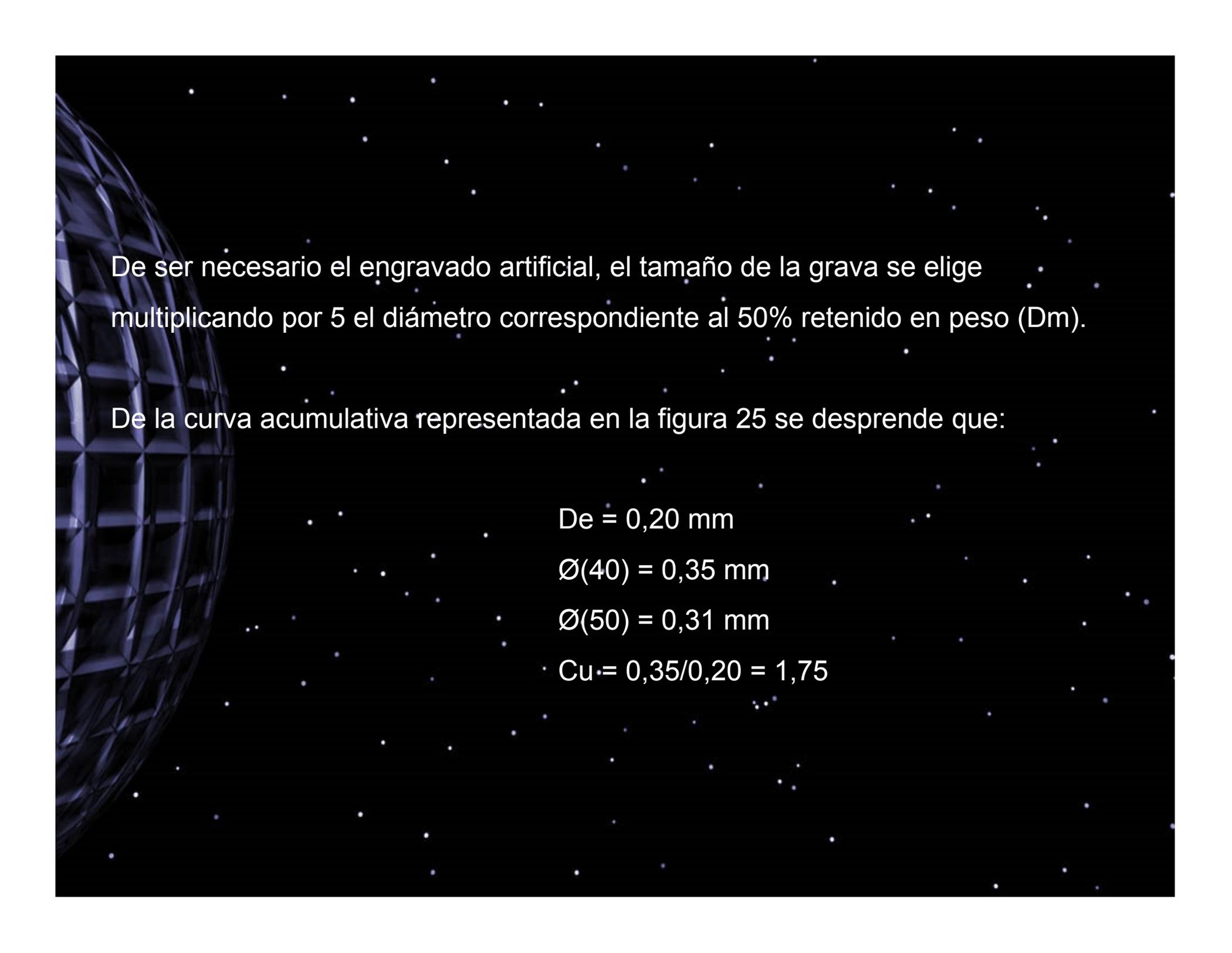
Curva granométrica acumulativa.



Parámetros como: coeficiente de uniformidad (Cu), diámetro efectivo (De) y diámetro medio (Dm), son los que se emplean para establecer si es conveniente colocar un engravado artificial y para elegir el tamaño de la grava, y por ende la abertura del filtro.

Otro parámetro que se emplea para decidir sobre el tipo de engravado más conveniente (artificial o natural) es el coeficiente de uniformidad, que es el cociente entre los tamaños correspondientes al 40 y el 90% retenidos en peso.

$$Cu = \frac{\varnothing 40\%}{\varnothing 90\%}$$



De ser necesario el engravado artificial, el tamaño de la grava se elige multiplicando por 5 el diámetro correspondiente al 50% retenido en peso (D_m).

De la curva acumulativa representada en la figura 25 se desprende que:

$$D_e = 0,20 \text{ mm}$$

$$\emptyset(40) = 0,35 \text{ mm}$$

$$\emptyset(50) = 0,31 \text{ mm}$$

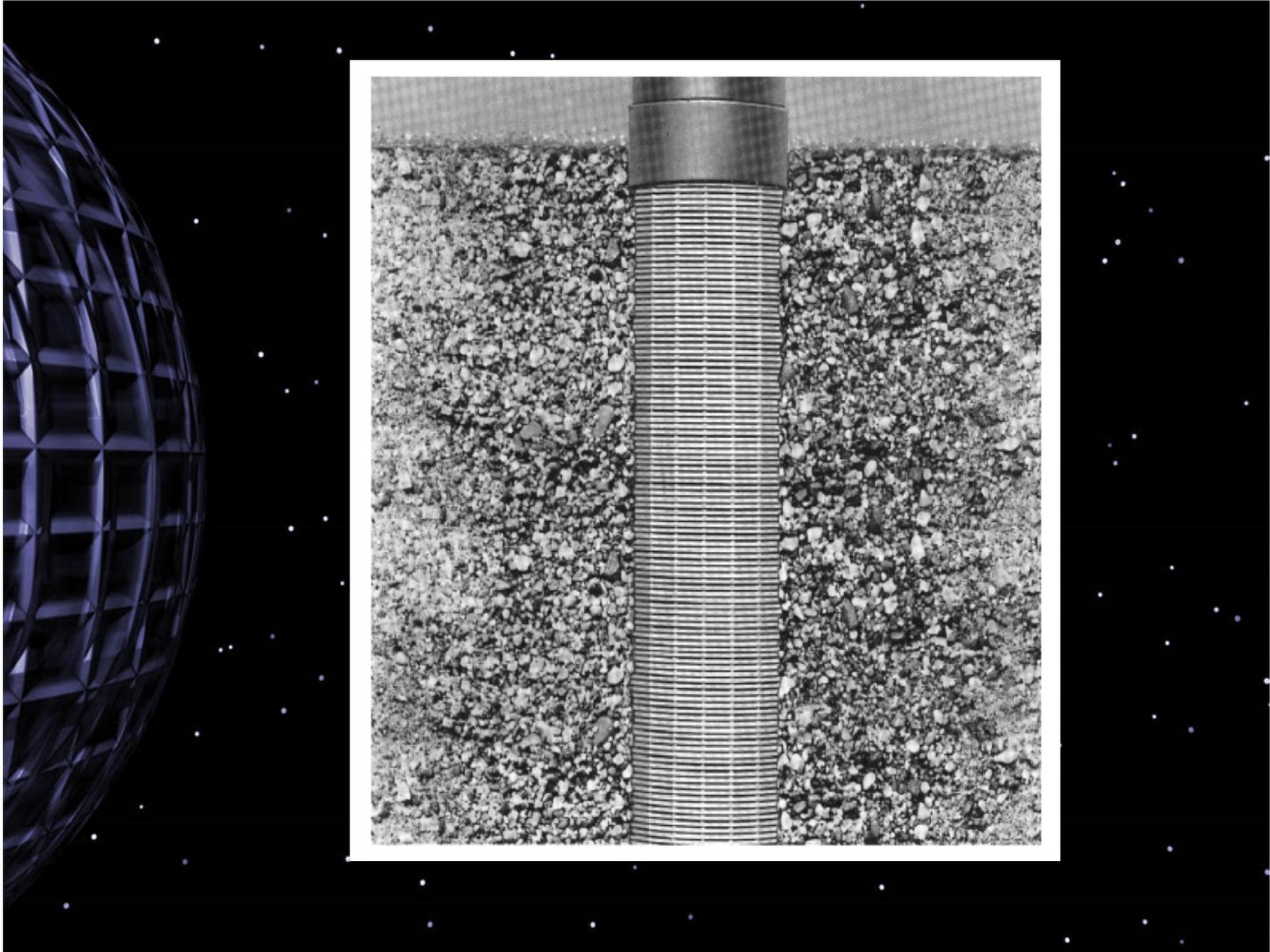
$$C_u = 0,35/0,20 = 1,75$$

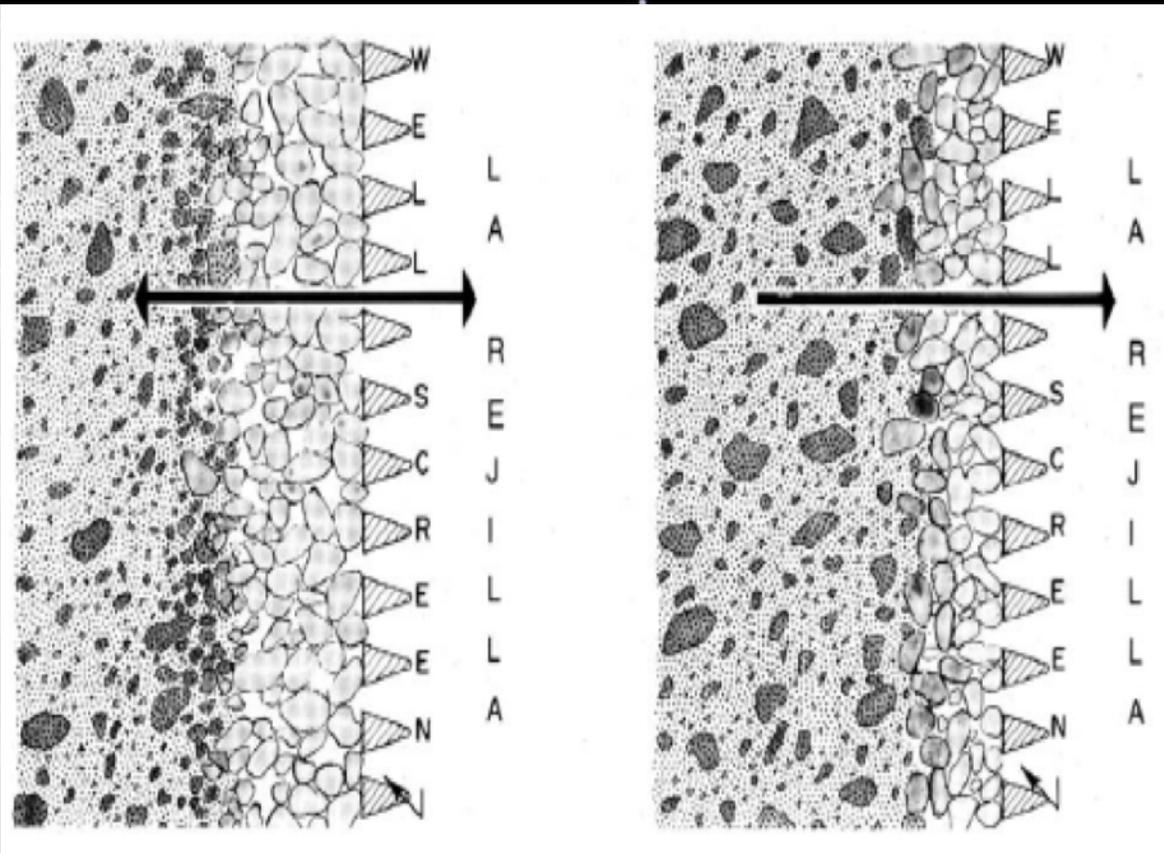
ESPECIFICACIONES COMERCIALES DE GRAVAS PARA PERFORACIÓN

Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³)
0	de 18 a 40	1,6
2	de 12 a 18	1,6
3	de 9 a 12	1,6
4	de 5 a 9	1,6
6	de 4 a 6	1,6
2/4 = 12 esp.	de 2 a 4	1,6
12	de 1,5 a 2	1,5
15	de 1 a 1,5	1,5
20	de 0,5 a 1	1,5
50	de 0,1 a 0,4	1,5

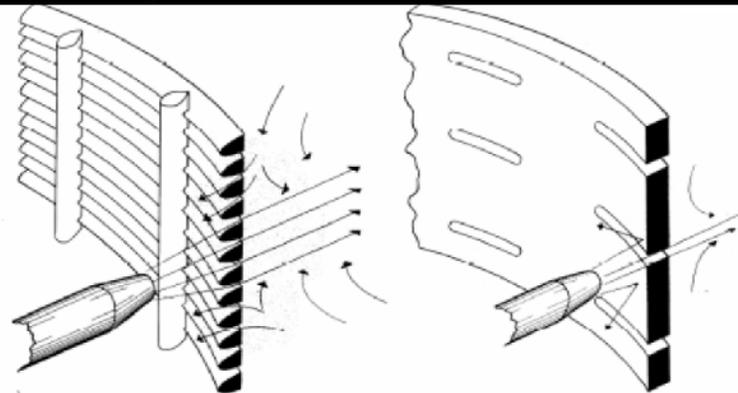
Una grava adecuada es aquella que cumple con los siguientes requisitos:

- bien redondeada y uniforme ($C_u \leq 1,5$)
- sin clastos calcáreos
- con muy poca mica (menos del 2%)
- con clastos silíceos (cuarzo, cuarcita, calcedonia)
- sin hierro ni arcilla

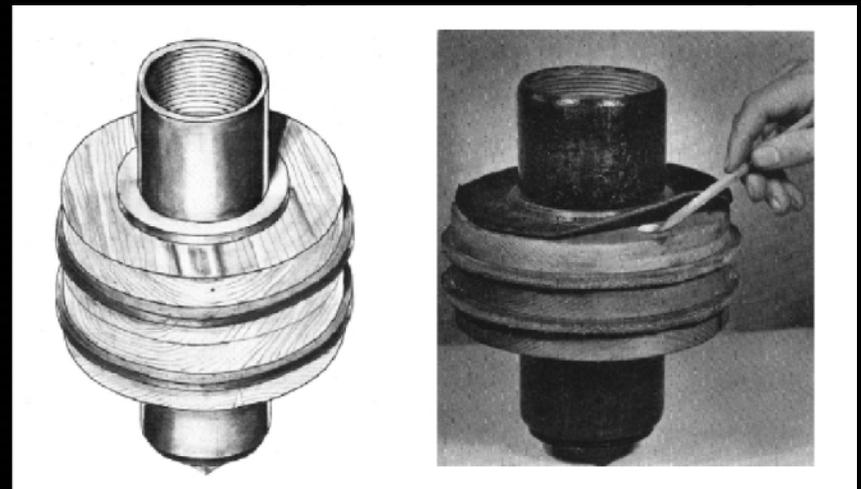
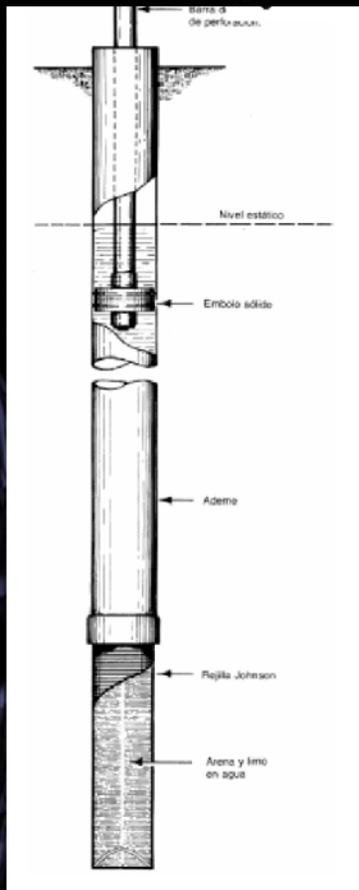




CHORRO DE ALTA VELOCIDAD O JET



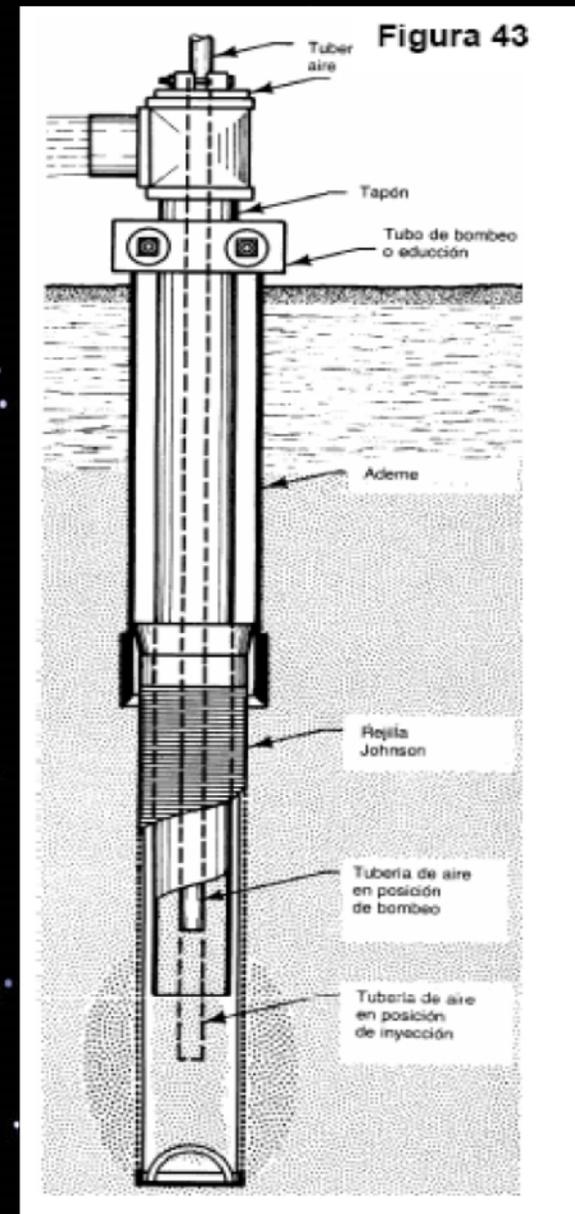
PISTONEO



INYECCIÓN DE AIRE

Caudal de bombeo (litro/minuto)	Diámetro del ademe cm	Diámetro de la tubería de educción cm	Diámetro del tubo de aire cm
100 a 230	10,0	5,0	1,25
230 a 300	12,5	7,5	2,5
300 a 380	15,0	9,0	2,5
380 a 570	15,0	10,0	3,2
570 a 950	20,0	12,5	3,8
950 a 1500	20,0	15,0	5,0
1500 a 2650	25,0	20,0	6,3

Diámetros de tubería para inyección de aire.



A dark blue, faceted sphere, resembling a globe or a planet, is positioned on the left side of the image. The sphere is composed of many small, triangular facets that create a grid-like pattern. The background is a deep black night sky filled with numerous small, white stars of varying brightness, scattered across the entire field of view.

BOMBEO

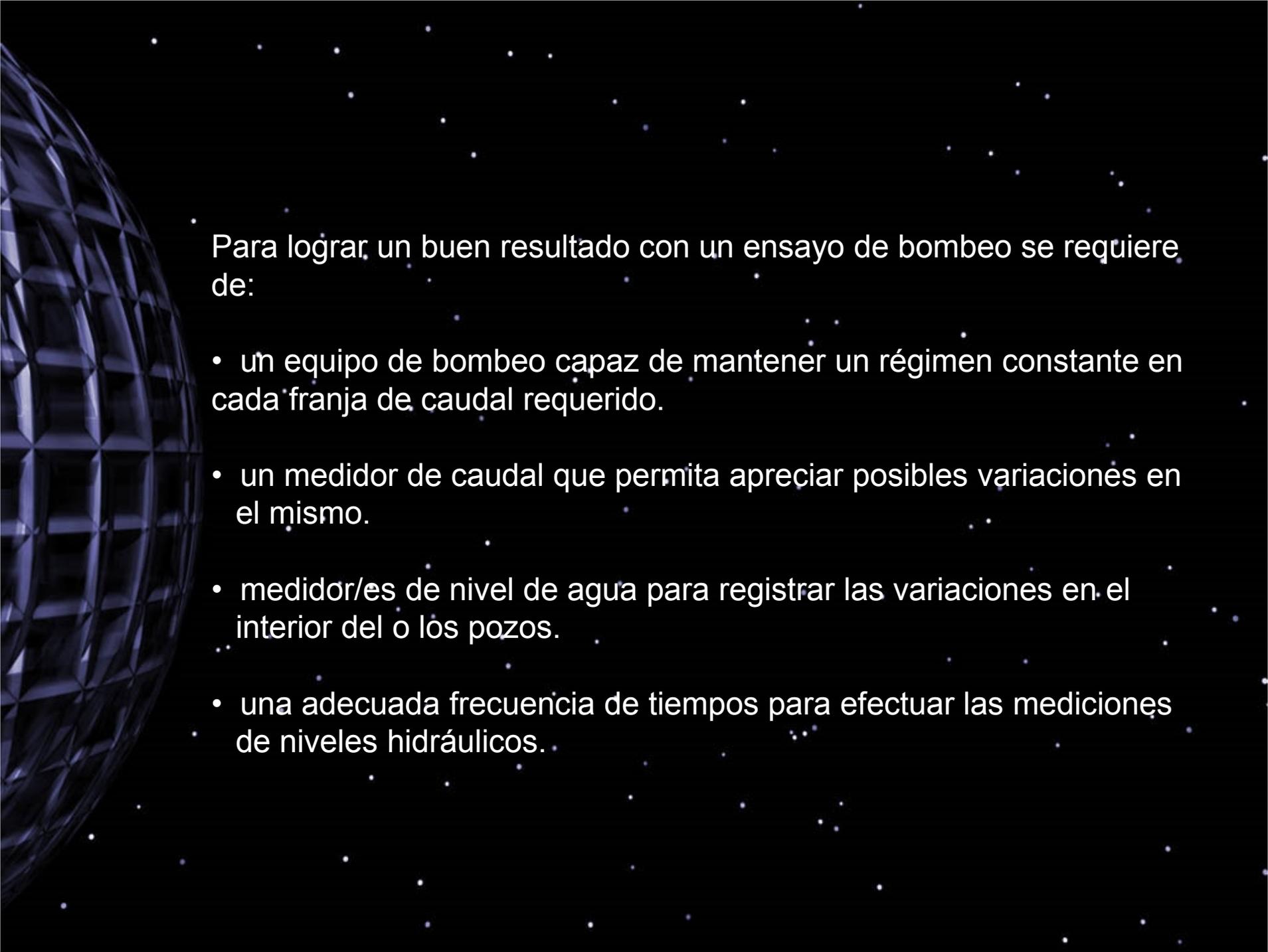
CUCHAREO

ENSAYOS HIDRÁULICOS

Un ensayo de bombeo consiste en la extracción de un caudal constante o variable y en la medición periódica del nivel de agua, tanto en el pozo de bombeo, como en el o los pozos de observación, si se dispone de ellos

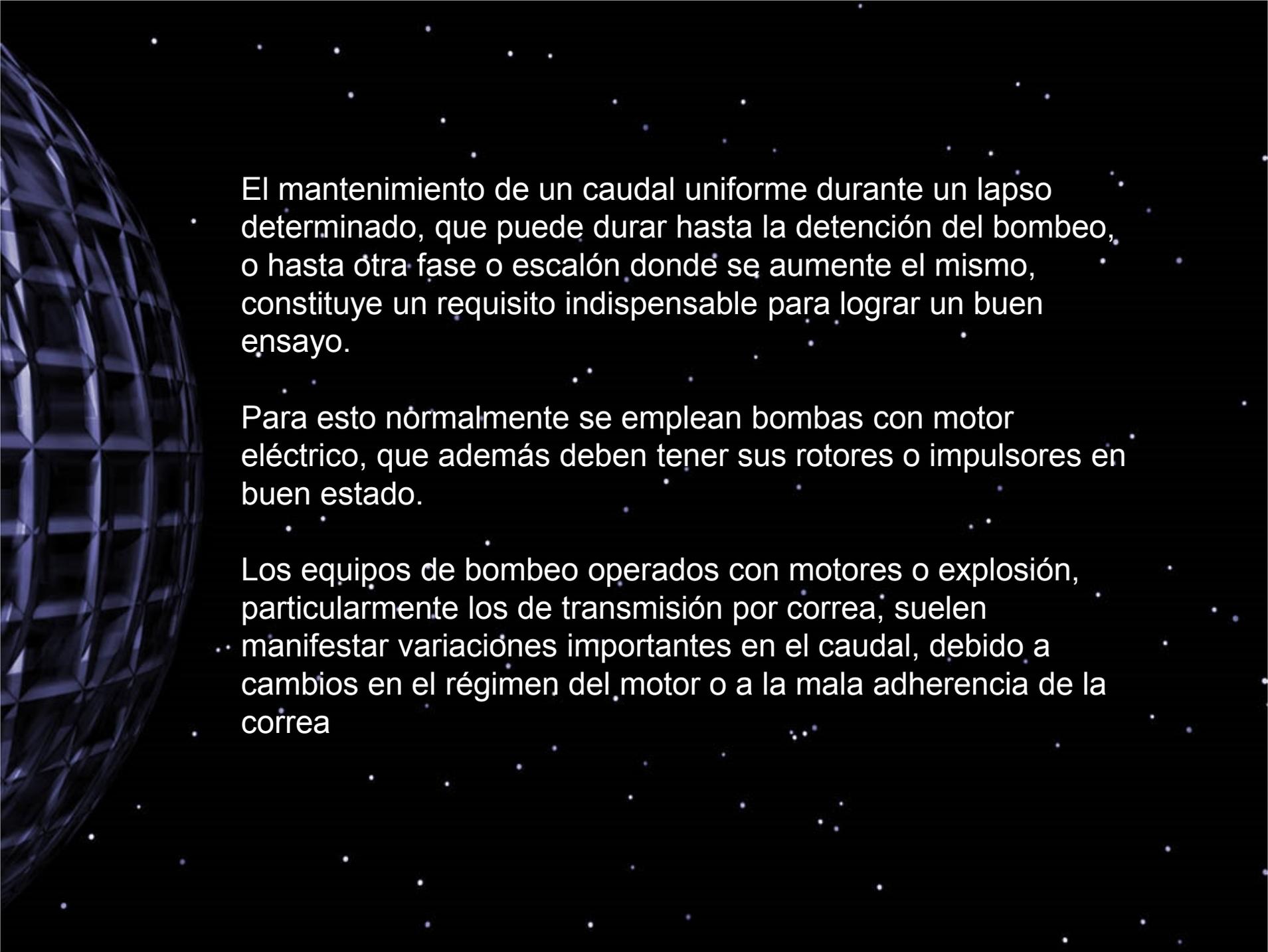
Un ensayo a caudal constante, con pozo de observación, tiene por objeto establecer los caracteres hidráulicos del acuífero y de las unidades hidrogeológicas asociadas (acuitardos), aunque sus resultados también pueden emplearse para determinar la eficiencia del pozo de bombeo.

En el ensayo a caudal variable no se requiere pozo de observación y su utilidad radica en que permite establecer el rendimiento a diferentes caudales, determinar el caudal crítico y elegir el caudal más apropiado para el funcionamiento definitivo del pozo



Para lograr un buen resultado con un ensayo de bombeo se requiere de:

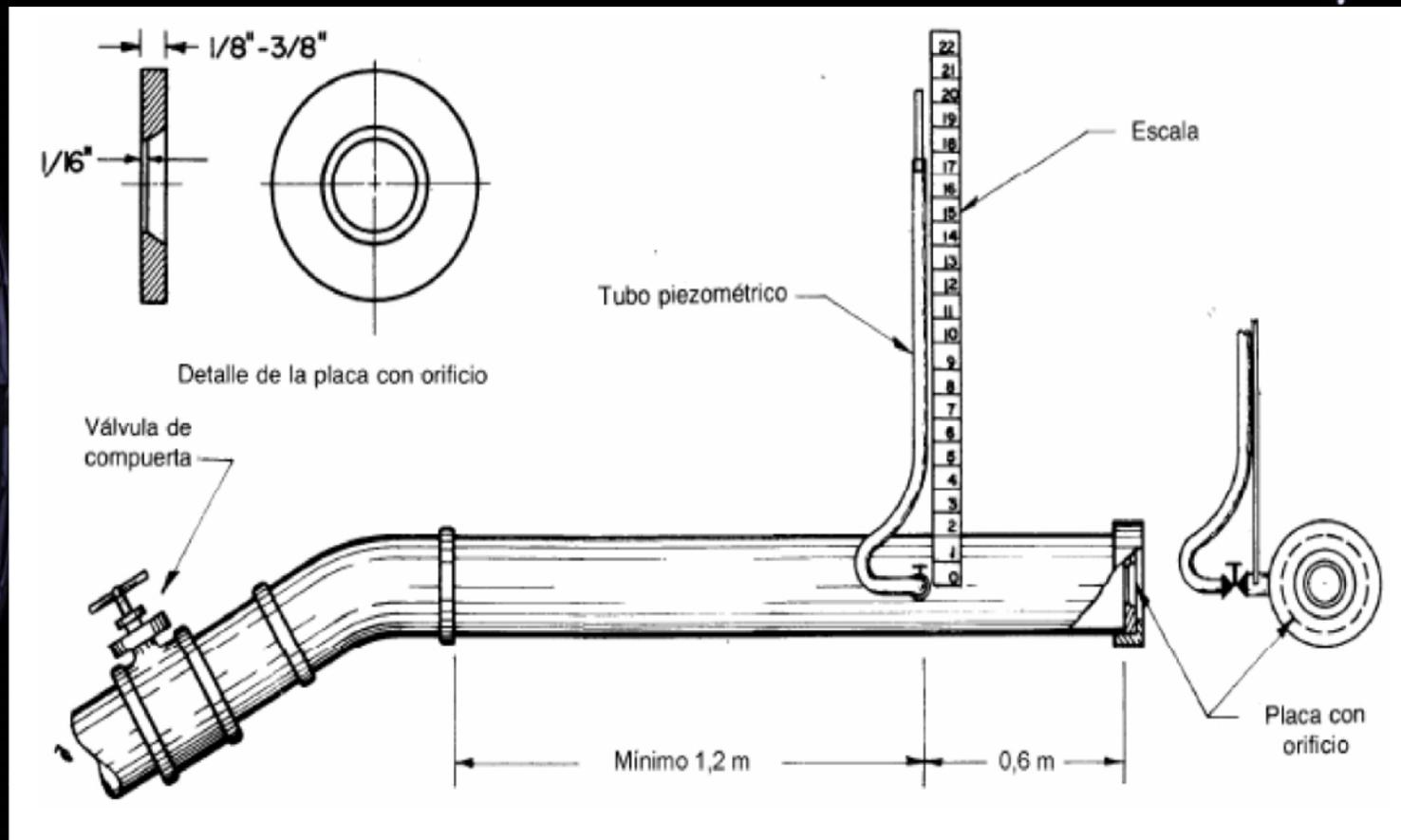
- un equipo de bombeo capaz de mantener un régimen constante en cada franja de caudal requerido.
- un medidor de caudal que permita apreciar posibles variaciones en el mismo.
- medidor/es de nivel de agua para registrar las variaciones en el interior del o los pozos.
- una adecuada frecuencia de tiempos para efectuar las mediciones de niveles hidráulicos.



El mantenimiento de un caudal uniforme durante un lapso determinado, que puede durar hasta la detención del bombeo, o hasta otra fase o escalón donde se aumente el mismo, constituye un requisito indispensable para lograr un buen ensayo.

Para esto normalmente se emplean bombas con motor eléctrico, que además deben tener sus rotores o impulsores en buen estado.

Los equipos de bombeo operados con motores o explosión, particularmente los de transmisión por correa, suelen manifestar variaciones importantes en el caudal, debido a cambios en el régimen del motor o a la mala adherencia de la correa



MEDICIONES DE NIVEL

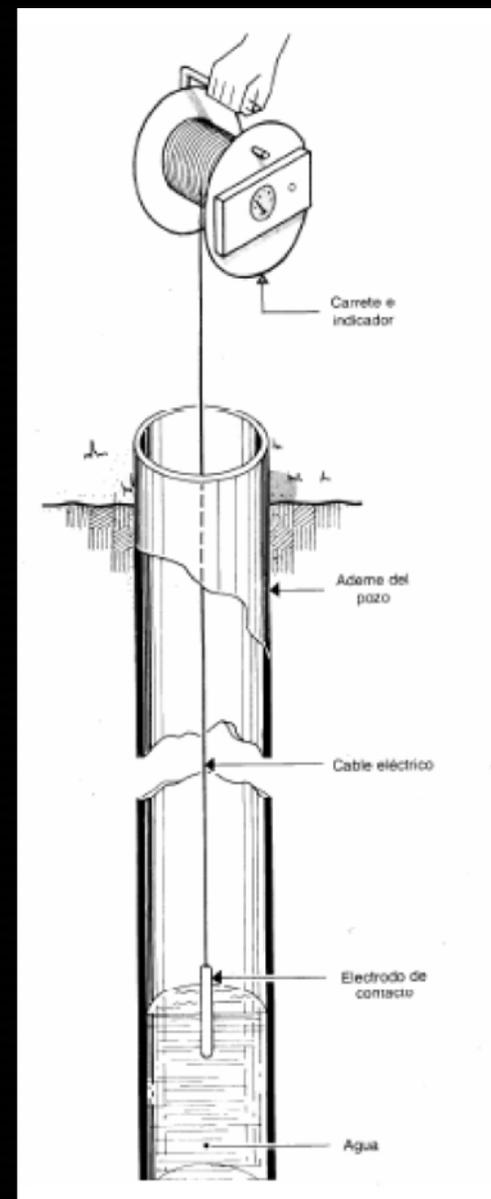
Para registrar las variaciones del nivel hidráulico en el pozo de bombeo, o en el o los de observación, generalmente se emplea una sonda piezométrica construida con 2 cables aislados entre sí; el cable puede ser el denominado de zócalo o el plano, utilizado para las antenas de TV.

FRECUENCIA DE LOS REGISTROS

CUADRO 11

FRECUENCIA PARA LAS MEDICIONES DEL NIVEL HIDRÁULICO

minuto													
0	1	2	3	4	5	7	10	15	20	25	30	40	60
90	120	150	180	240	300	360	420	500	600	700	800	1.000	1.200
1.400	1.500	1.700	2.000	2.300	2.600	3.000							



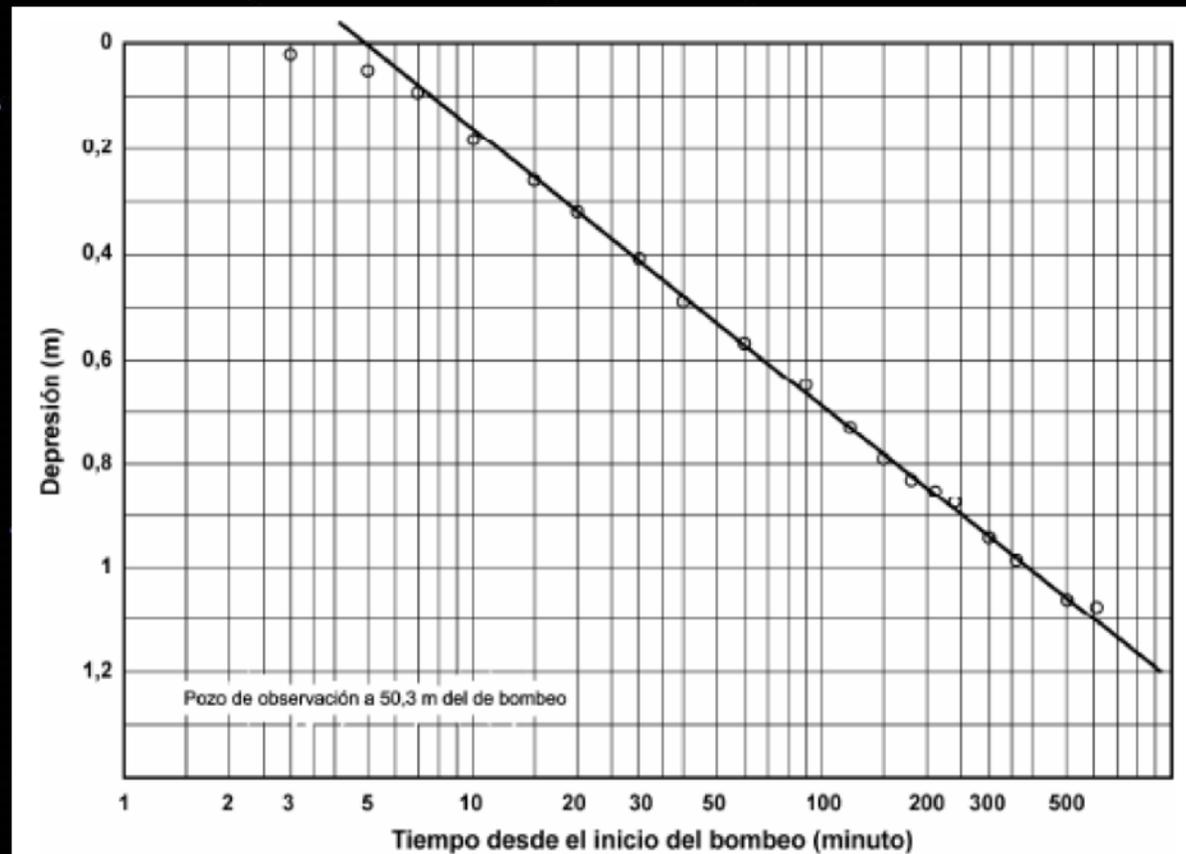
EFICIENCIA DEL POZO

$$E_f (\%) = 100 \cdot Q_{er}/Q_{ei}$$

El caudal específico del pozo real (Q_{er}) se puede determinar fácilmente, pues es la relación entre caudal (Q) y depresión (s) y generalmente se expresa en $m^3/h.m$

Para establecer el caudal específico del pozo ideal, es necesario conocer los parámetros hidráulicos del acuífero transmisividad (T) y almacenamiento (S); la mejor forma para cuantificarlos, es mediante la interpretación de un ensayo de bombeo a caudal constante, con pozo de observación

El almacenamiento o coeficiente de almacenamiento es un factor adimensional que expresa una relación de volúmenes entre el agua que drena por gravedad y el volumen total de un acuífero libre, o el volumen que cede un prisma de base unitaria, cuando el nivel piezométrico desciende una unidad, en el caso de acuíferos bajo confinamiento



Para calcular la transmisibilidad, se mide la depresión para un ciclo logarítmico (Δs). En la figura 37 Δs entre 1 y 100 minutos es 0,52 m. La ecuación que permite el cálculo es:

$$T = 0,183 \cdot Q/\Delta s$$

$$T = 0,183 \cdot 50 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24\text{h}/0,52$$

$$T = 422 \text{ m}^2/\text{día}$$

Para determinar el almacenamiento se prolonga la línea hasta intersectar la horizontal equivalente a la depresión 0 m (t_0). En el ejemplo $t_0=5$ minutos. La ecuación es

$$S = 2,25 \cdot T \cdot t_0/r^2$$

$$S = 2,25 \cdot 422 \text{ m}^2/\text{d} \cdot 5'/1440' \cdot (50,3 \text{ m})^2$$

$$S = 1,3 \cdot 10^{-3}$$



El caudal específico del pozo ideal (Q_{ei}), surge de la combinación de las 2 ecuaciones anteriores

$$Q_{ei} = Q/s_i = 4 \cdot \pi \cdot T / \log 2,25 \cdot T \cdot t/r^2 \cdot S$$

En el ejemplo, considerando el tiempo de bombeo real (600 minutos) y un filtro de 6" se tiene

$$Q/s_i = 4 \cdot \pi \cdot T / \log 2,25 \cdot 422 \cdot 600/1440 \cdot (0,075)^2 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{ei} = 686 \text{ m}^3/\text{d.m}$$

$$Q_{ei} = 28,6 \text{ m}^3/\text{h.m}$$



Si en el pozo real de bombeo al cabo del ensayo (600') para un caudal de 50 m³/h, se midió una depresión de 5,25 m, el caudal específico real (Q_{er}) fue de 9,5 m³/h.m

$$Q_{er} = 50 \text{ m}^3/\text{h.m}/5,25 \text{ m} = 9,5 \text{ m}^3/\text{h.m}$$

$$E_f (\%) = 100 \cdot Q_{er}/Q_{ei} = 33\%$$

Una eficiencia del 33% es muy baja para un pozo nuevo bien perforado y terminado. En general se considera que un pozo posee buen rendimiento cuando su eficiencia supera el 70%. El rendimiento es intermedio, si la eficiencia está entre el 50 y el 70% y es bajo, si la eficiencia es menor al 50%.