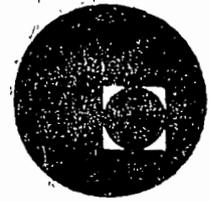




centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA II: TECNICAS DE PERFORACION

2.6 SISTEMA ROTATORIO

ING. ERNESTO REGUERA ROA

MARZO, 1978.



CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES.
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.

CURSO DE "PERFORACION DE POZOS DE AGUA"
AUSPICIADO POR EL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DE LA UNAM, EN COLABORACION CON LA SOCIEDAD
GEOLOGICA MEXICANA.

ING. ERNESTO REGUERA ROA.
TEMA.- 2.6 SISTEMA ROTATORIO
CIRCULACION DIRECTA
LODOS DE PERFORACION
PESCAS.

La tecnología de perforación de pozos, para la explotación y explotación de los recursos naturales yacientes en el subsuelo, tiene como principal objetivo restablecer el -- equilibrio mecánico y fisicoquímico que es alterado en las rocas cuando son perforadas, por los diferentes sistemas mecánicos de perforación.

Uno de los sistemas más desarrollados en la actualidad es el "rotatorio de circulación directa", con el cual se ha logrado la construcción de pozos de profundidades superiores a 6 000 metros y por la versatilidad del sistema, se construyeron máquinas con una gran variedad de tamaños y capacidades.

La construcción de los equipos de perforación se ha venido mejorando para aprovechar los grandes avances tecnológicos obtenidos en la fabricación de barrenas del tipo tricónico con toberas y sus mecanismos se diseñan para lograr mejores avances en la penetración de las barrenas tricónicas así como para mejorar la calidad de la construcción de los pozos.

En esta breve exposición, el tema acerca del sistema rotatorio se subdivide en seis partes, las cuales se describen en forma resumida y serán tratados en forma más amplia, pero objetiva, durante el desarrollo de la conferencia, con la ayuda de proyecciones gráficas. La subdivisión se hace de acuerdo a las condiciones mecánicas del sistema y por su importancia, a continuación se enumeran:

1. Diseño de barrenas tricónica- con toberas.
Expuesto por el Ing. Guillermo de la Torre.
2. Presiones de bombeo del fluido de circulación.
3. Uso de lastrabarreras y estabilizadores.
4. Sistema rotatorio.
5. Fluidos de perforación.
6. Avances óptimos.

1. DISEÑO DE BARRENAS CON TOBERAS.

La barrena de tres conos es el elemento cortante y de penetración en las rocas perforadas; sus diseños en la actualidad presentan conos fabricados con dientes cuyas formas, acomodo y calidad de acero, penetran con mayor facilidad en las diferentes durezas de las rocas; los báleros que soportan estos conos, se construyen para soportar grandes cargas en un sistema de rotación continuo. Por otra parte, el acomodo y el sistema de toberas se ha diseñado para obtener la máxima eficiencia hidráulica del sistema de bombeo, para obtener una limpieza del fondo de los pozos perforados, casi instantáneo. El Ing. Guillermo de la Torre, de Barrenas de México, S.A., expondrá en forma objetiva, los criterios a seguir para aprovechar estos avances tecnológicos.

2. PRESIONES DE BOMBEO DEL FLUIDO DE PERFORACION.

Las bombas de pistón horizontal reciprocante de doble y triple acción, son las que logran los mejores caudales a las presiones requeridas en los diferentes programas de perforación; el sistema de bombeo se calcula para absorber todas las pérdidas de presión superficiales y de profundidad, con el avance de los pozos, de manera que el cálculo hidráulico busca que la mayor parte de la presión obtenida sea aplicada en la salida de las toberas, para lograr los objetivos de limpieza del fondo del pozo, así como la expulsión al exterior de los detritus cortados, por medio de la más alta velocidad en el espacio anular. Los equipos de bombeo en sí se diseñan para aprovechar al máximo la potencia mecánica.

3. USO DE LASTRABARRENAS Y ESTABILIZADORES.

El empuje mecánico sobre los elementos cortantes le da el peso de los lastrabarrenas que actúa directamente sobre las barrenas; este empuje es deseable que sea simétrico o sea que la resultante de la sarta de perforación actúe en el eje central que por diseño tienen las barrenas. Para obtener esta simetría, se han diseñado diversos tipos de estabilizadores que, además de mantener las cargas simétricamente, mantienen los pozos en línea hacia la vertical, así también facilitan que las sargas de perforación se sometan únicamente a esfuerzos de tensión.

4. SISTEMA ROTATORIO.

La dinámica en la barrena se obtiene por medio de un sistema de rotación continuo que, en combinación con el peso de la "sarta", logran la ruptura de las rocas perforadas; esta rotación continua está gobernada por la dureza de las formaciones geológicas. Por diseño a cada tipo de ba -

arena tricónica se le aplica un número de revoluciones por minuto que puede variar con el peso de los lastrabarreras aplicado. Los equipos de perforación tienen dispositivos para obtener diferentes velocidades que soporten los esfuerzos de torsión que se crean al rotar todo el conjunto de la "sarta".

5. FLUIDOS DE PERFORACION.

La máxima eficiencia en la circulación de fluidos de perforación se obtiene con el AIRE, en segundo lugar con el AGUA; sin embargo, no en todos los casos se pueden utilizar alguno de estos dos fluidos, teniéndose que recurrir a los LODOS DE PERFORACION que han desarrollado una tecnología avanzada para restablecer el equilibrio fisicoquímico que se altera durante la perforación de pozos. --- Los lodos de perforación pueden ser variados en sus propiedades fisicoquímicas de densidad, viscosidad, gelatinidad, P.H.; así también sus componentes sólidos y líquidos por medio de emulsiones, que en forma adecuada, restituyen las condiciones de equilibrio dentro del pozo y en sus inmediaciones.

6. AVANCES OPTIMOS.

El avance óptimo medido en metros por hora, con una reducción de costos, se presenta en forma idealizada; la gráfica idealizada se traza con parámetros de perforación de una barrena de tipo adecuado al tipo de formación geológica, operada con un programa hidráulico óptimo y con un trabajo mecánico de peso sobre barrena y revoluciones por minuto máximas, así como con un lodo de propiedades fisicoquímicas que también es óptimo y constante.

PESCAS.

Las operaciones de pesca son accidentes mecánicos, indeseables desde todos los puntos de vista; sin embargo, y a pesar de que hay medidas de prevención, son inevitables, por esta razón: se ha desarrollado una tecnología avanzada para resolver los problemas de pescas que casi se particularizan en cada caso. Por esta razón, de su origen, solución y prevención, se presenta objetivamente un bosquejo general.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA II: TECNICAS DE PERFORACION

2.6 SISTEMA ROTATORIO

ING. ERNESTO REGUERA ROA

MARZO, 1978.



CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES.
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.

CURSO DE "PERFORACION DE POZOS DE AGUA"
AUSPICIADO POR EL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA
DE LA UNAM, EN COLABORACION CON LA SOCIEDAD
GEOLOGICA MEXICANA.

ING. ERNESTO REGUERA ROA.
TEMA.- 2.6 SISTEMA ROTATORIO
CIRCULACION DIRECTA
LODOS DE PERFORACION
PESCAS.

La tecnología de perforación de pozos, para la explotación y explotación de los recursos naturales yacientes en el subsuelo, tiene como principal objetivo restablecer el -- equilibrio mecánico y fisicoquímico que es alterado en las rocas cuando son perforadas, por los diferentes sistemas mecánicos de perforación.

Uno de los sistemas más desarrollados en la actualidad es el "rotatorio de circulación directa", con el cual se ha logrado la construcción de pozos de profundidades superiores a 6 000 metros y por la versatilidad del sistema, se construyeron máquinas con una gran variedad de tamaños y capacidades.

La construcción de los equipos de perforación se ha venido mejorando para aprovechar los grandes avances tecnológicos obtenidos en la fabricación de barrenas del tipo tricónico con toberas y sus mecanismos se diseñan para lograr mejores avances en la penetración de las barrenas tricónicas así como para mejorar la calidad de la construcción de los pozos.

En esta breve exposición, el tema acerca del sistema rotatorio se subdivide en seis partes, las cuales se describen en forma resumida y serán tratados en forma más amplia, pero objetiva, durante el desarrollo de la conferencia, con la ayuda de proyecciones gráficas. La subdivisión se hace de acuerdo a las condiciones mecánicas del sistema y por su importancia, a continuación se enumeran:

1. Diseño de barrenas tricónica- con toberas.
Expuesto por el Ing. Guillermo de la Torre.
2. Presiones de bombeo del fluido de circulación.
3. Uso de lastrabarreras y estabilizadores.
4. Sistema rotatorio.
5. Fluidos de perforación.
6. Avances óptimos.

1. DISEÑO DE BARRENAS CON TOBERAS.

La barrena de tres conos es el elemento cortante y de penetración en las rocas perforadas; sus diseños en la actualidad presentan conos fabricados con dientes cuyas formas, acomodo y calidad de acero, penetran con mayor facilidad en las diferentes durezas de las rocas; los baleros que soportan estos conos, se construyen para soportar grandes cargas en un sistema de rotación continuo. Por otra parte, el acomodo y el sistema de toberas se ha diseñado para obtener la máxima eficiencia hidráulica del sistema de bombeo, para obtener una limpieza del fondo de los pozos perforados, casi instantáneo. El Ing. Guillermo de la Torre, de Barrenas de México, S.A., expondrá en forma objetiva, los criterios a seguir para aprovechar estos avances tecnológicos.

2. PRESIONES DE BOMBEO DEL FLUIDO DE PERFORACION.

Las bombas de pistón horizontal reciprocante de doble y triple acción, son las que logran los mejores caudales a las presiones requeridas en los diferentes programas de perforación; el sistema de bombeo se calcula para absorber todas las pérdidas de presión superficiales y de profundidad, con el avance de los pozos, de manera que el cálculo hidráulico busca que la mayor parte de la presión obtenida sea aplicada en la salida de las toberas, para lograr los objetivos de limpieza del fondo del pozo, así como la expulsión al exterior de los detritus cortados, por medio de la más alta velocidad en el espacio anular. Los equipos de bombeo en sí se diseñan para aprovechar al máximo la potencia mecánica.

3. USO DE LASTRABARRENAS Y ESTABILIZADORES.

El empuje mecánico sobre los elementos cortantes lo da el peso de los lastrabarrenas que actúa directamente sobre las barrenas; este empuje es deseable que sea simétrico o sea que la resultante de la sarta de perforación actúe en el eje central que por diseño tienen las barrenas. Para obtener esta simetría, se han diseñado diversos tipos de estabilizadores que, además de mantener las cargas simétricamente, mantienen los pozos en línea hacia la vertical, así también facilitan que las sargas de perforación se sometan únicamente a esfuerzos de tensión.

4. SISTEMA ROTATORIO.

La dinámica en la barrena se obtiene por medio de un sistema de rotación continuo que, en combinación con el peso de la "sarta", logran la ruptura de las rocas perforadas; esta rotación continua está gobernada por la dureza de las formaciones geológicas. Por diseño a cada tipo de ba -

rrena tricónica se le aplica un número de revoluciones por minuto que puede variar con el peso de los lastrabarrenas aplicado. Los equipos de perforación tienen dispositivos para obtener diferentes velocidades que soporten los esfuerzos de torsión que se crean al rotar todo el conjunto de la "sarta".

5. FLUIDOS DE PERFORACION.

La máxima eficiencia en la circulación de fluidos de perforación se obtiene con el AIRE, en segundo lugar - con el AGUA; sin embargo, no en todos los casos se pueden utilizar alguno de estos dos fluidos, teniéndose que recurrir a los LODOS DE PERFORACION que han desarrollado una - tecnología avanzada para restablecer el equilibrio fisicoquímico que se altera durante la perforación de pozos. --- Los lodos de perforación pueden ser variados en sus propiedades fisicoquímicas de densidad, viscosidad, gelatinidad, P.H.; así también sus componentes sólidos y líquidos por medio de emulsiones, que en forma adecuada, restituyen las condiciones de equilibrio dentro del pozo y en sus inmediaciones.

6. AVANCES OPTIMOS.

El avance óptimo medido en metros por hora, con una reducción de costos, se presenta en forma idealizada; la - gráfica idealizada se traza con parámetros de perforación de una barrena de tipo adecuado al tipo de formación geológica, operada con un programa hidráulico óptimo y con un trabajo mecánico de peso sobre barrena y revoluciones por minuto máximas, así como con un lodo de propiedades fisicoquímicas que también es óptimo y constante.

PESCAS.

Las operaciones de pesca son accidentes mecánicos, indeseables desde todos los puntos de vista; sin embargo, y a pesar de que hay medidas de prevención, son inevitables, por esta razón: se ha desarrollado una tecnología avanzada para resolver los problemas de pescas que casi se particularizan en cada caso. Por esta razón, de su origen, solución y prevención, se presenta objetivamente un bosquejo general.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA III: DISEÑO

- 3.1. Finalidad del Pozo
- 3.2. Filtro de Grava
- 3.3. Ademes

ING. JOSE MARIA BOLIVAR

Marzo, 1978



DISEÑO DE POZOS DE AGUA

En estas charlas trataremos del diseño de pozos ademados y por tanto con rejilla, puesto que los pozos perforados en formaciones rocosas estables, que no requieren ademe, son de diseño más simple y por consiguiente los criterios que expondremos son válidos para este segundo caso.

Por otra parte debemos distinguir dos tipos de pozos, aunque uno de ellos se construya muy poco en México; es el caso de los pozos de desarrollo natural, o sea, pozos en los cuales el ademe está en contacto con la formación. A pesar de no ser comunes en nuestro medio este tipo de pozos ofrecen ventajas que en muchos casos los tornan muy convenientes.

El otro tipo de pozos, es el que nos es más común, o sea los pozos con filtro granular.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS POZOS DE DESARROLLO NATURAL

VENTAJAS

- 1.- Requieren de menor diámetro en la perforación y por tanto, se abarata ésta.
- 2.- Se facilita la limpieza y desarrollo del pozo.
- 3.- Pozos de mayor capacidad específica, lo que además de abatir los costos de explotación prolonga la vida útil del pozo.
- 4.- La construcción del pozo se abarata también al eliminarse el filtro granular.

DESVENTAJAS

- 1.- Su empleo está limitado por condiciones litológicas, y en caso de no utilizar las muestras de perforación adecuadamente, el pozo puede resultar productor de sólidos provenientes de acuífero.

- 2.- Su diseño requiere de información fiel proveniente de la perforación exploratoria y de técnica más sofisticada por parte del diseñador del pozo.
- 3.- El desarrollo del pozo necesariamente deberá efectuarse en forma concienzuda, pues en caso contrario se corre el riesgo de malograr la obra.

CASOS EN QUE RESULTA CONVENIENTE LA CONSTRUCCION DE POZOS CON FILTRO GRANULAR.

- 1.- Acuíferos de arena fina uniforme o de areniscas de grano fino poco compactadas. Este tipo de formaciones, debido al pequeño tamaño de sus gránulos obligan al uso de ranuras sumamente finas, que pueden estar fuera de los alcances de los fabricantes de cedazo. Por otra parte, ranuras muy finas implican bajos porcentajes de área libre, que como veremos es perjudicial para el buen funcionamiento del pozo. En cambio la utilización del filtro granular permite aumentar el tamaño de la ranura del cedazo.
- 2.- Pozos que por alguna razón, como puede ser el haberse perforado con una perforadora rotaria inversa, presenten un gran espacio anular y por tanto no existe buen contacto entre la formación y el ademe. Algo semejante ocurre cuando un acuífero muy potente permite abatir costos utilizando cedazos de pequeño diámetro.
- 3.- Formaciones interestratificadas poco potentes y heterogeneas. En estas condiciones, sobre todo si el pozo es profundo, resulta prácticamente imposible determinar con precisión la localización de los distintos estratos y diseñar un cedazo de ranuras múltiples, lo que obliga a utilizar un filtro granular -- que se seleccionará de acuerdo al material más fino, que será el que presente mayores problemas.

FACTORES DE DISEÑO

Diámetro de la tubería de ademe.

Los pozos de agua poco profundos o con niveles de bombeo cercanos al fondo del pozo, se diseñan generalmente con un solo diámetro pero en caso contrario, resulta

más económico reducir el diámetro unos metros abajo de la profundidad a que se pretenda colocar la bomba. Por consiguiente trataremos por separado la cámara de bombeo sea o no filtrante y el resto del pozo que llamaremos porción filtrante.

1.- CAMARA DE BOMBEO

El mejor criterio para una buena selección del diámetro de la cámara de bombeo — consiste en escoger el tubo de ademe con un diámetro nominal (medido en pulgadas), cuatro números mayor que el que suponemos va a requerir la bomba del pozo.

Por ejemplo si esperamos utilizar una bomba de 12" (30.48 cm.) de diámetro conviene seleccionar un diámetro para la cámara de 16" (40.64 cm.).

El mínimo diámetro que deberá permitirse será el que permita una holgura de 1" alrededor del tazón de la bomba, o sea que en el caso del ejemplo como mínimo se seleccionará un ademe de 14" (35.56 cm.).

La holgura de 2" recomendada permite que la bomba de turbina entre libremente en el pozo, con su eje vertical y sin curvas, aún cuando la verticalidad del pozo no sea perfecta. Además esta holgura, permite reducir las pérdidas por fricción al mínimo, aún cuando la bomba se encuentre por debajo de algún tramo filtrante.

2.- PORCION FILTRANTE

El diámetro de la porción filtrante debe seleccionarse solo en función de la velocidad de entrada del agua al pozo:

$$Q = v A$$

$$v = \frac{Q}{A}$$

DONDE:

v= Velocidad de entrada del agua al pozo.

Q= Caudal.

A= Area libre de entrada del caudal.

Se ha comprobado prácticayexperimentalmente que si la velocidad de entrada del agua al pozo no rebasa los 3 cm/seg. se obtienen las siguientes ventajas:

Las pérdidas por fricción al penetrar el agua al pozo se reducen a un mínimo.

Esta baja velocidad no provoca, o disminuye considerablemente el arrastre de finos hacia el pozo.

Se reducen apreciablemente los fenómenos de incrustación y corrosión.

Durante la perforación exploratoria del pozo se tienen varios indicios de su futura calidad, además de la observación de las muestras registro eléctrico y la experiencia previa en la región. Estos datos, debidamente aquilatados, nos permiten suponer con cierta aproximación el caudal que se puede esperar en esa explotación, si bien es éste, junto con la localización, el factor de riesgo que siempre implica este tipo de obras.

Por lo que respecta al área libre disponible, depende de la longitud de la porción filtrante, tamaño de ranuras del cedazo, y porcentaje de área libre del mismo. La selección de estas variantes será tratada en breve.

3.- PROFUNDIDAD DEL POZO.

La profundidad de un pozo se selecciona de acuerdo con la estratigrafía de la zona, obtenida en un sondeo exploratorio, en la columna establecida en pozos cercanos, o en la propia perforación exploratoria del pozo.

Es conveniente que el pozo atraviese el acuífero completamente, "pozo completo" pues esta situación ofrece las ventajas siguientes:

Mayor capacidad específica del pozo.

Disponer de mayor capacidad para deprimir el pozo y por tanto obtener más agua.

No es raro que se encuentren aguas de mala calidad en la parte inferior de los acuíferos, por lo que en estos casos se debe clausurar esta zona para que se evite este problema. Esta zona se sellará con un tapón de cemento o de arcilla convenientemente compactada con la herramienta.

4.- LONGITUD DEL CEDAZO O REJILLA.

a) Acuíferos Artesianos Homogéneos.

En este tipo de pozos se deberá tratar de que la depresión no rebase el techo del acuífero artesiano. El cedazo se deberá instalar centrado en el acuífero y abarcando entre el 70% y el 80% del mismo; 70% cuando el espesor no exceda de 10 m. y 80% si sobrepasa esta medida.

b) Acuíferos Artesianos no Homogéneos.

En este tipo de acuíferos resulta conveniente colocar la rejilla en el estrato más permeable, lo cual se podrá determinar mediante una prueba de permeabilidad o un estudio granulométrico de las muestras de perforación o bien mediante el registro eléctrico del pozo. ~~o bien~~ Si no es posible ninguna de las soluciones anteriores mediante una inspección visual cuidadosa en que se atiendan primordialmente los aspectos de granulometría y limpieza.

Si se opta por el método sencillo de la curva granulométrica se podrá estimar la permeabilidad relativa de la muestra estableciendo el "tamaño" efectivo" de la misma. El tamaño efectivo es aquel que se establece por el 90% retenido o bien lo que es lo mismo por el 10% que pasa.

La permeabilidad relativa de dos muestras se establece elevando al cuadrado el tamaño efectivo de las muestras, por ejemplo:

Muestra	Tamaño efectivo	Permeabilidad relativa
1	0.2 mm	0.04
2	0.1 mm	0.01

En el ejemplo, la muestra 1 tiene una permeabilidad unas 4 veces mayor que la muestra 2.

c) Acuíferos libres homogéneos .

Para el diseño de la rejilla en este tipo de acuíferos presenta dos situaciones contradictorias, pues por una parte el disponer de un cedazo lo más largo posible reduce la convergencia del flujo y por tanto la velocidad de entrada del agua, con lo que se consigue mayor capacidad específica. Por otra parte el instalar un cedazo lo más corto posible aumenta la capacidad de abatimiento y por tanto de obtener mayor caudal.

O sea, si se pretende que el costo del agua extraída sea el menor posible o por cualquier política de extracción deseamos poco abatimiento, la rejilla deberá encarar la mayor parte del acuífero. Pero si se pretende el mayor caudal se deberá colocar solo en la parte inferior de él, aunque en este caso el costo unitario del agua extraída será mayor y crecerá también la posibilidad de arrastre de sólidos al tener también una mayor velocidad de entrada.

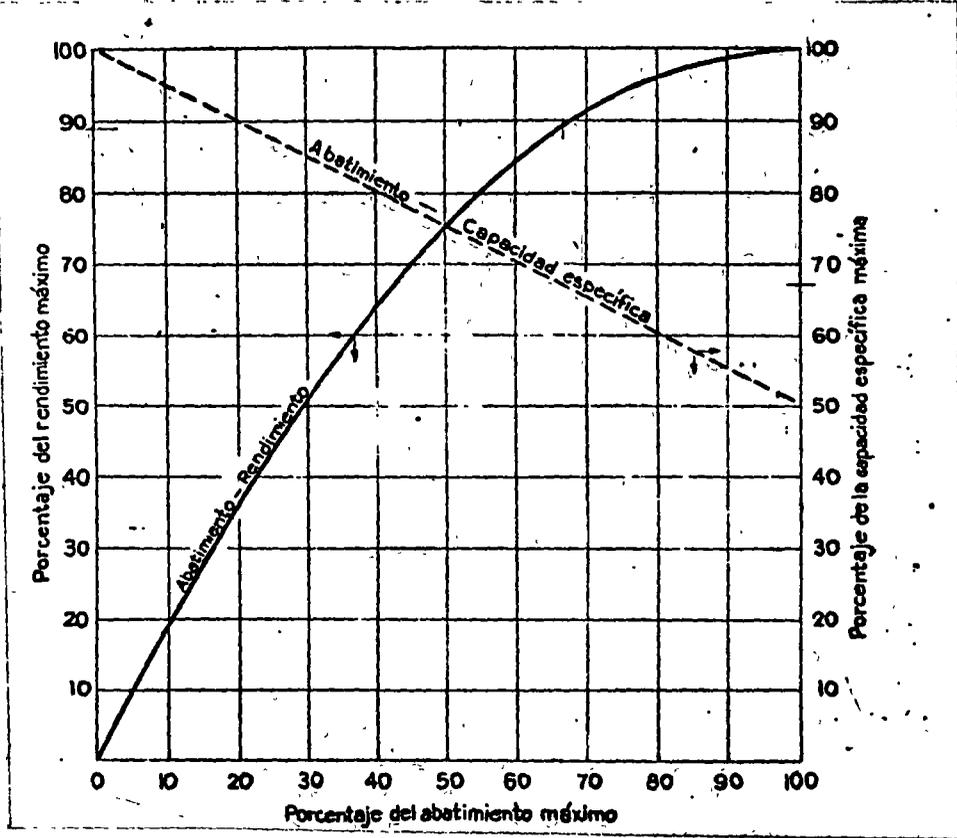
En términos generales se puede decir que el mejor diseño para un acuífero libre homogéneo consiste en colocar el cedazo en la parte inferior del acuífero con una longitud variable entre el 30% y el 50% del acuífero y abatir el nivel estático hasta una cota ligeramente superior a la de la rejilla.

Trataremos este tema con mayor amplitud para que se entienda más claramente el porqué de los porcentajes antes citados. Primero debe quedar establecido que la óptima explotación de un pozo se logra cuando se logra un abatimiento tal que ofrezca un valor máximo para el producto de el caudal por la capacidad específica.

Explotación óptima si $Q \times \frac{Q}{\Delta h}$ es máximo

Observemos la figura 1, en ella la curva continua muestra la relación entre abatimiento y rendimiento y el "0" corresponde a la ausencia de explotación (pozo parado), mientras que el 100% lo hará cuando el abatimiento llegue al fondo del pozo. El rendimiento máximo es la cantidad de agua que el pozo producirá cuando se provoque el máximo abatimiento.

1111 7



La línea recta interrumpida muestra la relación entre el abatimiento y la capacidad específica. Podemos ver que la máxima capacidad específica corresponde a la ausencia de abatimiento y la mínima cuando ocurre el máximo abatimiento. Conviene hacer notar que la mínima capacidad específica es solo el 50% de la máxima.

Vamos a demostrar el uso de la curva con un ejemplo. Supondremos un pozo con una profundidad de 145 m. con un nivel estático a 30 m. Por tanto el espesor saturado será de 115 m. Se bombeó el pozo a 120 lt/seg. y se estabilizó el nivel dinámico a 55 m., o sea que el abatimiento fué de 25 m.

Cuál sería el posible rendimiento del pozo con un nivel de 80 m. (50 m. de abatimiento).

Porcentaje de abatimiento con 120 lt/seg.

$$25/115 = 0.217 = 22\%$$

En la gráfica podemos ver que a un porcentaje de abatimiento máximo de 22% corresponde un porcentaje de rendimiento de 38%

Porcentaje de abatimiento correspondiente a 50 m.

$$50/115 = 0.43 = 43\%$$

En la gráfica

43% abatimiento = 68% de rendimiento.

Si el 38% del rendimiento son 120 lt/seg.:

$$38 - 120$$

$$68 - X$$

$$\therefore X = 215 \text{ lt/seg.}$$

O sea que con un abatimiento de 50 m. (hasta el nivel de 80 m.), se podrían esperar 215 lt/seg.

Veamos ahora que capacidades específicas corresponden a estos valores.

22% de abatimiento = 88% de capacidad específica

43% de abatimiento = 79% de capacidad específica

Para finalizar veamos cual de los dos caudales resulta más adecuado por acercarse más al caudal óptimo.

$$\frac{120}{25} \times 120 = 576 \times 10^3 \text{ m}^5/\text{seg.}^2$$

$$\frac{215}{50} \times 215 = 924 \times 10^3 \text{ m}^5/\text{seg.}^2$$

924 > 576 ó sea que resulta más conveniente el caudal de 215 lt/seg.

Y que significado tiene la unidad $\text{m}^5/\text{seg.}^2$? Es la aceleración que se le imprime a un metro cúbico a lo largo de un metro.

Si volvemos a la gráfica podemos hacer diversas tentativas para establecer -- cual es el máximo producto de rendimiento por capacidad específica y llegaremos a la conclusión de este corresponde a un abatimiento de 67% con el cual se obtiene un rendimiento del 88% y una capacidad específica del 67%. Esta es la razón de recomendar abatir el acuífero hasta el 30% inferior.

a) Acuíferos Libres Heterogéneos.

En este tipo de acuífero son válidas las reglas establecidas para los acuíferos artesianos heterogéneos con la única salvedad de que la rejilla se colocará en la parte interior del acuífero más permeable.

APERTURA DE LAS RANURAS DE LA REJILLA

1.- Pozos de desarrollo natural.

La base para seleccionar la apertura de las ranuras de la rejilla es la curva granulométrica acumulativa de las muestras.

Formación homogénea. Se seleccionará un tamaño tal que retenga del 40 al 50% del material muestreado. Se seleccionará el tamaño que retenga el 40% si las

aguas no son corrosivas y 50% si lo son. Se seleccionará 50% en el segundo caso previendo que la corrosión pueda agrandar las ranuras y para evitar un posible paso de la arena al pozo y también resulta apropiado este porcentaje si hay duda sobre la calidad de las muestras.

Se debe considerar que cuanto menor sea el porcentaje seleccionado, mas cantidad de material penetrará al pozo durante el desarrollo y por tanto más durará éste, pero en cambio se dispondrá de más área abierta con lo que disminuye el peligro de incrustación cuando las aguas tengan esta tendencia, y mejoran las condiciones hidráulicas y la capacidad de penetración del desarrollo.

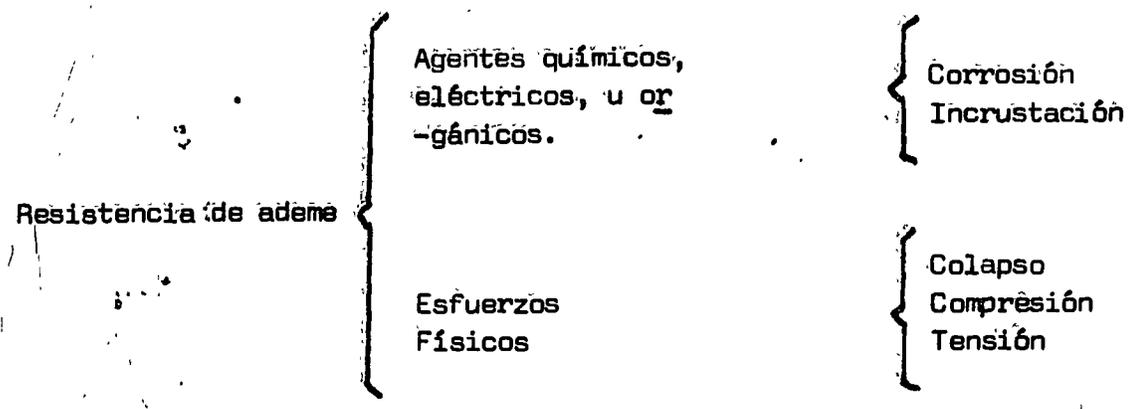
Formación Heterogénea. Si como es el caso más frecuente en la naturaleza el acuífero está constituido por una alternancia de capas de distinta granulometría la mejor política, desde el punto de vista técnico, es tratar cada estrato en forma independiente y diseñar un filtro de ranuras múltiples, pero esto en la práctica frecuentemente no es posible debido a la dificultad en disponer en corto tiempo de cedazos de diferentes ranuras.

2.- Pozos en empaque de grava. Difieren de los de desarrollo natural en el hecho de que en ellos se coloca un filtro granular entre el acuífero y el cedazo, en lugar de formar un filtro natural en el propio acuífero mediante un proceso de desarrollo.

Estos son con mucha ventaja los más comunes en México y por tanto merecen ser tratados por separado. Veremos entonces la selección de tamaño de la ranura de la rejilla.

RESISTENCIA DE LAS REJILLAS

Al seleccionar el material de que se construirá una rejilla y en general todo el ademe de un pozo se deben considerar esencialmente dos tipos de fenómenos que actuarán contra ella:



La característica de un agua a ser corrosiva o incrustante no siempre se puede establecer desde el momento de la construcción de un pozo, pero si se cuenta con análisis químicos de sus aguas se puede preveer este inconveniente — aunque sin saberse la intensidad del fenómeno.

1.- Aguas corrosivas.

La corrosión es un fenómeno o conjunto de fenómenos cuyo resultado es la destrucción del material corroído con su disgregación o puesta en solución.

Los indicadores de corrosión que permiten sospechar la posibilidad del fenómeno son:

- a) Bajo pH
pH < 7 agua corrosiva
- b) Oxígeno disuelto (O₂). Su presencia contribuye a la corrosión. El oxígeno disuelto es común en acuíferos libres poco profundos.
- c) Sulfuro de Hidrógeno (H₂ S). Este gas produce un olor característico de huevo podrido. Si el gas se puede detectar por su olor o sabor, su concentración es suficiente para provocar una severa corrosión.
- d) Sólidos disueltos totales. Si el total de sólidos excede de 1000 p.p.m. el agua es lo suficientemente conductora de la electricidad para poder ocasionar corrosión electrolítica, sobre todo si existen distintos metales en contacto.

- e) Dioxido de carbono (CO_2). En concentraciones de más de 50 p.p.m. el agua es corrosiva.
- f) Cloruros (CL). En concentraciones de más de 500 p.p.s. se debe esperar corrosión.

La corrosión, cualquiera que sea su origen, ataca preferentemente la zona de cedazo del pozo, pues la ranura representa una zona con caras libres — accesible a su ataque. El resultado inmediato, generalmente, consiste en un aumento del tamaño de la ranura que permite el paso al pozo de material fino, a veces en cantidades que obligan al abandono del pozo. La bomba es otro elemento susceptible a su ataque, pero no será tratada aquí.

2.- Aguas Incrustantes.

Son aquellas que depositan minerales en el cedazo provocando su obturación, o bien en los poros del acuífero cercano al pozo. En los dos casos el efecto resultante es una disminución de la producción del pozo o un aumento en el nivel de bombeo, provocado por mayores pérdidas de carga.

Los indicadores de incrustación son los siguientes:

- a) Dureza total de carbonatos. Si excede de 300 p.p.m. se puede esperar in-crustación por acumulación de carbonato de calcio.
- b) Hierro total (Fe). Si el contenido excede de 2 p.p.m. este ión puede pre-cipitar provocando incrustación.
- c) Manganeso total (Mn). Si excede de 1 p.p.m., el pH es alto y existe oxígeno, es muy posible que el manganeso se precipite provocando incrustación.

Como una guía para seleccionar el cedazo se presentan varias tablas:

En la primera de ellas se presentan varios tipos de metales utilizados en E.E.U.U. y Europa pero que no se fabrican en México a excepción del acero, pero que pueden ser utilizados en casos muy especiales si se importarán.

En la figura se muestran límites de profundidad para el uso de tubo de acero liso según fórmula de la A.P.I. Debe considerarse que si se tratara de tubo ranurado, decrece la resistencia mecánica.

En la siguiente tabla aparecen las propiedades mecánicas del ademe y cedazo de P.V.C., este material tiene la gran ventaja de ser inatacable por la corrosión e incrustación, unido a varios tamaños de ranura, buenos porcentajes de área libre y de fácil instalación, en cambio su resistencia mecánica es menor que la del acero.

Las dos tablas subsecuentes presentan comparativamente las características hidráulicas de los cedazos de fabricación nacional y la última es un resumen de las propiedades de los mismos.

**METALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE REJILLAS
Y SUS VENTAJAS**

Nombre del metal	Análisis	Factor de costo	Recomendado para:
MONEL	70 % níquel 30 % cobre	1,5	Grandes cantidades de cloruro de sodio combinado con oxígeno disuelto, tal como agua salada. Usualmente no necesita instalarse en pozos para agua potable.
SUPER NIQUEL	70 % cobre 30 % níquel	1,2	Casos como el anterior, pero con aguas no tan corrosivas.
EVERDUR	96 % cobre 3 % silicón 1 % manganeso	1,0	Dureza total muy alta, altos contenidos de cloruro de sodio (sin oxígeno disuelto presente). Alto contenido de hierro. Es el metal más usado para pozos municipales e industriales. Es extremadamente resistente al tratamiento con ácido.
ACERO INOXIDABLE	74 % acero 18 % cromo 8 % níquel	1,0	Sulfuro de hidrógeno. Oxígeno disuelto. Dióxido de carbono. Bacterias ferruginosas. Resistencia. Ocupa el segundo lugar, después de everdur, en el uso para pozos municipales e industriales.
LATÓN COBRIZO SILÍCICO	83 % cobre 15 % zinc 1 % silicón	0,9	Tiene los mismos usos que el everdur, pero no es tan bueno ni tan resistente. Se usa en aguas relativamente inactivas.
HIERRO (ARMCO)	99,84 % hierro puro (doblemente galvanizado)	0,6	No es resistente a la corrosión; pero la experiencia indica que funciona satisfactoriamente en algunas áreas. Se usa para pozos de irrigación en zonas donde las aguas son relativamente neutras.
ACERO	99,35/99,72 % hierro 0,08/0,15 % carbono 0,20/0,50 % manganeso (doblemente galvanizado)	0,5	No es resistente a la corrosión. Generalmente se usa en pozos provisionales como pozos de prueba o pozos de drenaje. Sin embargo, ha dado duración satisfactoria en algunas áreas del Sur-Oeste de los Estados Unidos, donde las aguas no son ni corrosivas ni incrustantes.

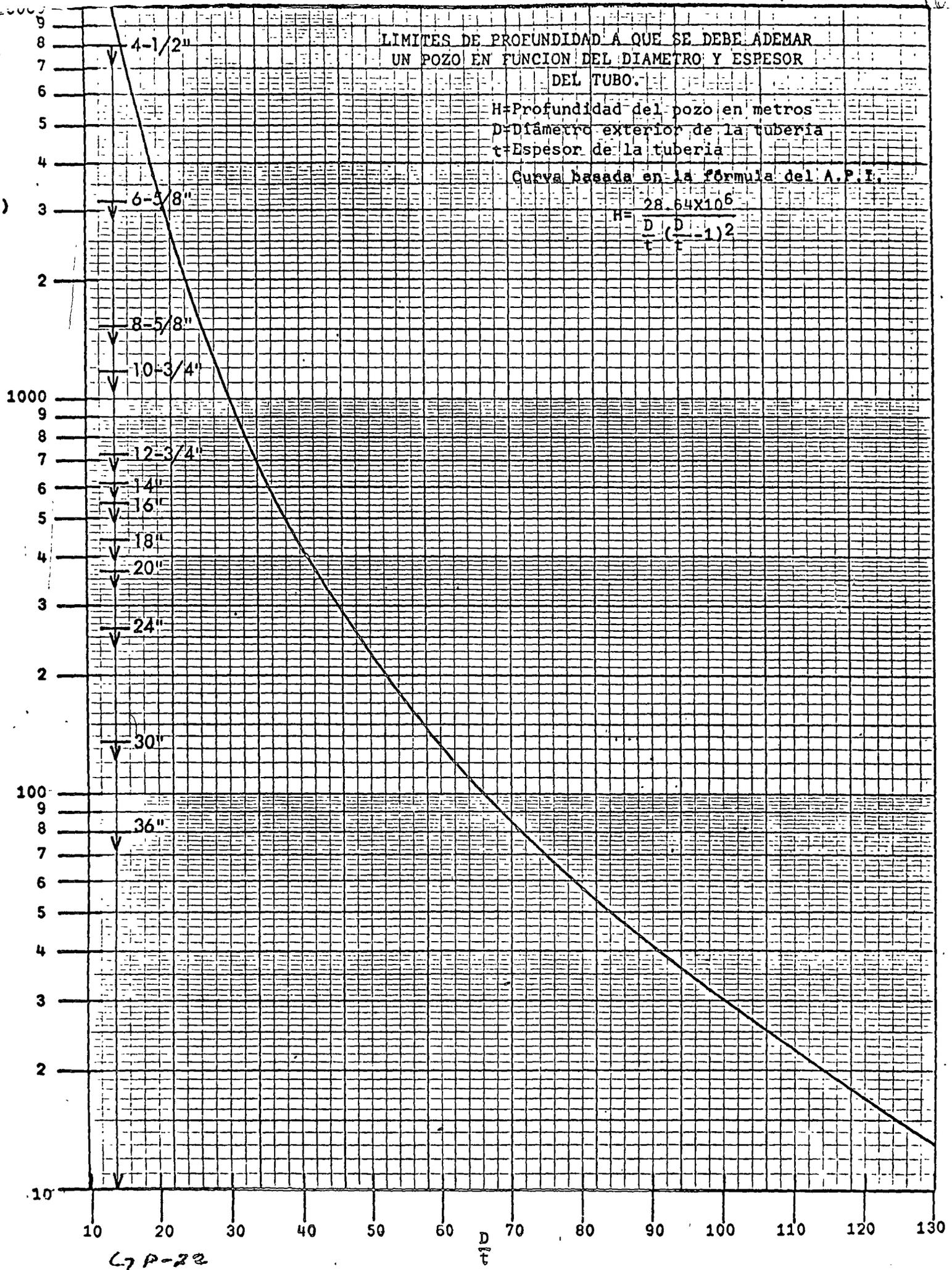
LIMITES DE PROFUNDIDAD A QUE SE DEBE ADEMAR
UN POZO EN FUNCION DEL DIAMETRO Y ESPESOR
DEL TUBO.

H=Profundidad del pozo en metros
D=Diámetro exterior de la tubería
t=Espesor de la tubería

Curva basada en la fórmula del A.P.I.

$$H = \frac{28.64 \times 10^6}{t} \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^2$$

H
(m)



PROPIEDADES MECANICAS .
DEL ADEME P. V. C.

DIAMETRO NOMINAL EN PULGADAS	4	6	8	10	12	14
Diámetro exterior en mm (t)	114.5	168.6	219.5	273.3	324.2	355.1
Espesor de pared en mm (D)	6.5	6.7	8.4	10.5	12.5	13.6
RD=D/t	17	26	26	26	26	26
Resistencia a la tensión en Ton (tiempo hasta falla 100,000 hr. = 11 años)	6.2	9.5	15.6	23.8	34.4	40.60
Resistencia a la tensión equivalente a m tubo colgado.	1937	2065	2025	1966	2011	1933
Resistencia a la compresión en Ton (Tiempo 100,000 Hr.)	11.9	18.2	30.0	45.70	66.0	77.0
Resistencia a la compresión equivalente a m. de tubo cargado.	3718	3956	3896	3776	3859	3666
Resistencia al colapso en Kg/cm ² .	15.15	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
TUBO RANURADO.						
Resistencia a la tensión 8 ranuras	1.24	1.9	3.1	4.76	6.88	8.12
Resistencia equivalente a m. tubo colgado	387	413	402	393	402	386
Resistencia a la tensión 6 ranuras	2.48	3.8	6.24	9.52	13.76	16.24
Resistencia equivalente a m tubo colgado	775	826	810	786	804	773
Resistencia al colapso en kg./cm ² (ranura de 0.5 a 3mm.)	14.4 a 11.8	3.9 a 3.2	3.9 a 3.3	3.9 a 3.4	3.9 a 3.3	3.9 a 3.4

AREAS LIBRES EN PORCIENTO Y cm²/m DE DIVERSOS TIPOS DE CEDAZOS PARA POZOS DE AGUA

Ancho casaca Diámetro nominal en pulgadas.	BARRERA MALLADA LONCE TIPO II			BARRERA MALLADA LONCE TIPO III			BARRERA MALLADA LONCE TIPO IV			BARRERA TIPO GONON			CARMELLA VERTICAL			BARRERA HORIZONTAL			ADENTE P.V.E.					ADENTE DE ALAMBRE HELICOIDAL																																
	3 97 mm	4 78 mm	6 35 mm	3 97 mm	4 78 mm	6 35 mm	3 97 mm	4 78 mm	6 35 mm	3 18 mm	4 78 mm	6 35 mm	1 mm	2 mm	3 mm	1 mm	2 mm	3 mm	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2 0 mm	3 00 mm	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2 0 mm	3 mm																												
	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m	% cm ² /m																												
4																			5	160	9	278	13	419	15	478	22	718																												
6																			5	240	9	420	13	630	15	718	22	1078																												
6 5/8					3	155	4	208																		20	1059	31	1631	40	2125	48	2528	55	2912																					
8																			5	288	8	504	11	756	14	863	20	1295																												
8 5/8	2	166	3	200	4	265	3	207	3	250	5	332	5	331	6	400	8	531	1	74	2	122	3	181	5	318	9	608	14	585						17	1150	28	1950	35	2398	39	2645	52	3575											
10																																																								
10 3/4	2	194	3	233	4	310	3	249	3	300	5	398	5	415	6	499	8	664	1	76	1	125	2	197	5	391	9	752	14	1218							17	1417	31	2632	34	2931	45	3885	59	5070										
12																																																								
12 3/4	2	228	3	275	4	365	3	290	3	350	5	465	5	477	6	574	8	763	2	229	4	361	5	509	5	474	9	912	14	1477						16	1664	29	2990	34	3464	44	4485	59	5980											
14	2	270	3	325	4	431	3	353	4	425	5	564	5	560	6	674	8	896	2	262	4	393	5	530	5	515	9	992	14	1607	4	416	9	800	12	1296	4	480	7	840	11	1260	12	1440	18	2160	16	1833	30	3321	35	3880	44	4940	59	6545
16	2	290	3	350	4	465	3	394	4	475	5	630	5	643	6	774	8	1029	2	311	4	480	5	647	4	574	9	1104	14	1788	4	468	7	900	4	1458							16	1976	27	3425	35	4459	42	5362	55	7020				
18	2	311	3	375	4	498	3	436	4	524	5	697	5	726	6	874	8	1161	2	331	4	483	5	669	5	665	9	1280	14	2073	4	546	7	1050	12	1701																				
20	2	353	3	425	4	564	3	498	4	599	5	796	5	809	6	974	8	1294	2	333	3	527	5	729	5	740	9	1424	14	2106	4	624	7	1200	12	1944																				

CUADRO RESUMEN COMPARATIVO DE LOS CEDAZOS MAS COMUNES

CONCEPTO	MALO	BUENO	MEJOR	OPTIMO
Propiedades Mecánicas (Resistencias, tensión, compresión y colapso).	Alambre Heli- coidal.		Cedazo P.V.C.	Tubo ranurado Tipo Concha, Tipo Canastilla
Tamaño ranura	Tubo ranurado, Tipo concha		Tipo Canastilla	Cedazo P.V.C. Alambre Heli- coidal.
Area de infiltración	Tubo ranurado, Tipo Concha	Tipo Canastilla	Cedazo P.V.C.	Alambre Heli- coidal.
Resistencia corrosión	Alambre Heli- coidal.	Tubo ranurado, Tipo Concha, Tipo Canastilla.		Cedazo P.V.C.
Resistencia incrustación	Tubo ranurado, Tipo Concha, Tipo Canastilla	Alambre Heli- coidal.		Cedazo P.V.C.

DISEÑO DEL EMPAQUE DE GRAVA

1.- Se construirán las curvas granulométricas de los diferentes estratos del acuífero y se determina cual es el mas fino, que será el que se considere para el diseño.

2.- En esta curva se tomará el tamaño que corresponde al 70% retenido y se multiplicará por un factor variable entre 4 y 6. Se utilizará 4 si la formación es fina y uniforme y 6 si es gruesa y no uniforme. Estos, factores son los mas usuales para depósitos regularmente clasificados en áreas húmedas, pero si fueran muy mal clasificados en zonas áridas, los factores deberán variar entre 6 y 9.

En la gráfica que sigue se muestra la curva de la formación natural y el 70% retenido corresponde a un tamaño de 7.6 milésimas de pulgada (0.19 mm). Escogeremos 4 como factor pues la muestra es fina y uniforme:

$$7.6 \times 4 = 30.4 \text{ milésimas pulgada} = 7.62 \text{ mm.}$$

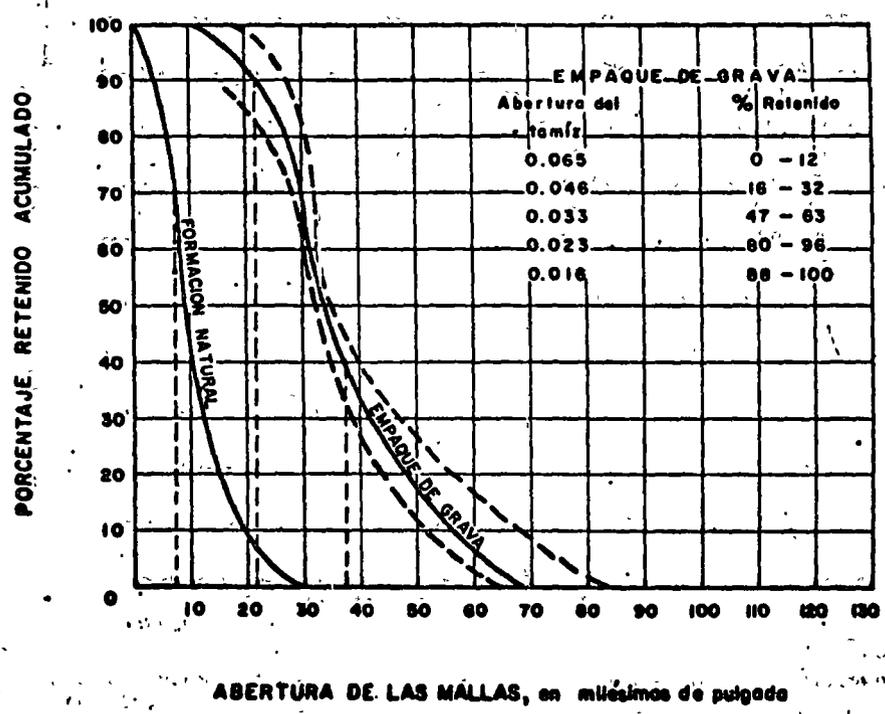
3.- Este valor se localiza sobre la horizontal correspondiente al 70% retenido con lo que tenemos un primer punto de la curva del filtro granular.

4.- Por ese punto se construye por tanteos una curva relación d_{40}/d_{60} sea de 2.5 o menos.

En el ejemplo:

$$\frac{d_{40}}{d_{60}} = \frac{38}{21.5} = 1.76$$

5.- Con 4 ó 5 tamíes se especifica el filtro granular dándose tolerancias al porcentaje retenido en cada malla de $\pm 8\%$.



d) p H. Si excede de 7.5 el agua puede resultar incrustante.

X e) Películas bacterianas. Existen en las aguas subterráneas bacterias no perjudiciales a la salud, pero que requieren de la presencia de hierro y magnesio para su ciclo vital. Son conocidas como "bacterias ferruginosas" (Crenothrix) y aparentemente oxidan y precipitan el hierro y manganeso disueltos en el agua. Los minerales junto con los organismos (materia gelatinosa) forman una masa que obstruye cedazo y poros del acuífero, pudiendo en corto tiempo cerrar completamente el paso del agua al pozo. Para corregir esta situación se utiliza cloro que mata los organismos y posteriormente ácido clorhídrico (HCl) que disuelven el Fe y Mn precipitados.

Como vimos en el inciso e), y esto lo podemos generalizar a cualquier incrustación de las presentes en las aguas subterráneas, el tratamiento a la incrustación es a base de sustancias altamente agresivas (Cl y HCl), por lo cual, si se espera incrustación, el material seleccionado para el cedazo de el pozo deberá ser resistente a la corrosión.

X Por lo que respecta a los esfuerzos físicos a que está sometida la tubería debe decirse que cualquier tubo es mas resistente a la tensión que a la compresión, por lo cual resulta una buena práctica el dejar la tubería colgada en el pozo, en lugar de apoyada en el fondo. Los esfuerzos que resultan críticos, son entonces el de compresión y los de presión lateral.

La resistencia que opone una rejilla o tubo a ellos es directamente proporcional al módulo de elasticidad del material.

- 6.- Una vez determinada la curva del filtro granular se selecciona el tamaño de la ranura en función del tamaño que retenga al 90% del material de la grava.
- 7.- Espesor del empaque de filtro granular. Se ha comprobado en el laboratorio que un empaque de filtro granular cuyo espesor sea solo 2 ó 3 veces mayor que el diámetro de granular, es suficiente para retener el material del acuífero, si el cálculo se ha realizado convenientemente, pero en la práctica no es posible colocar empaques demasiado delgados con la seguridad de que envuelvan por completo la rejilla. Por lo anterior el espesor práctico de un empaque de filtro granular varía 7 y 20 cm (2.5 y 8") .

Empaques muy gruesos dificultan los trabajos de desarrollo del pozo y no reduce la posibilidad de bombear arena, pues es la granulometría y no el espesor del filtro la que impide su paso. Además un filtro grueso significa mayor costo tanto por el filtro en sí, como por el mayor diámetro de perforación que requiere.

ALGUNOS ERRORES COMUNES EN EL DISEÑO DE POZOS.

- 1.- Para incrementar el caudal se debe colocar cedazo en todo el espesor del acuífero.

Ya hemos visto que esto solo es válido para el caso de acuíferos artesianos, pero que en el caso de acuíferos libres, solo se mejora la capacidad específica con lo que disminuye el gradiente y por tanto el caudal.

Vimos que el mayor caudal se obtiene al colocar el cedazo en la parte inferior del acuífero.

- 2.- Al incrementar el diámetro de un pozo se incrementa proporcionalmente el caudal.

Esta creencia aunque muy difundida es falsa. En realidad al doblar el diámetro de un pozo, el caudal solo se incrementa en menos de un 10% lo cual evidentemente resulta antieconómico.

En la gráfica siguiente se muestra el incremento en el caudal relativo al incrementarse el diámetro, asumiendo desde luego que todas las demás características del pozo son semejantes.

- 3.- Existe un flujo notable vertical a través de los empaques de filtro granular.

X Esta idea ha llevado a pensar en comunicar acuíferos mediante el filtro de material granular explotándolos por medio de un cedazo colocado en el acuífero inferior.

Esta suposición es totalmente falsa y para ilustrarlo utilizaremos la figura que continua, mediante la cual trataremos de calcular el flujo a través del filtro, en el espacio anular.

La formula con la que calcularemos el flujo es:

$$Q = P I A \text{ Donde:}$$

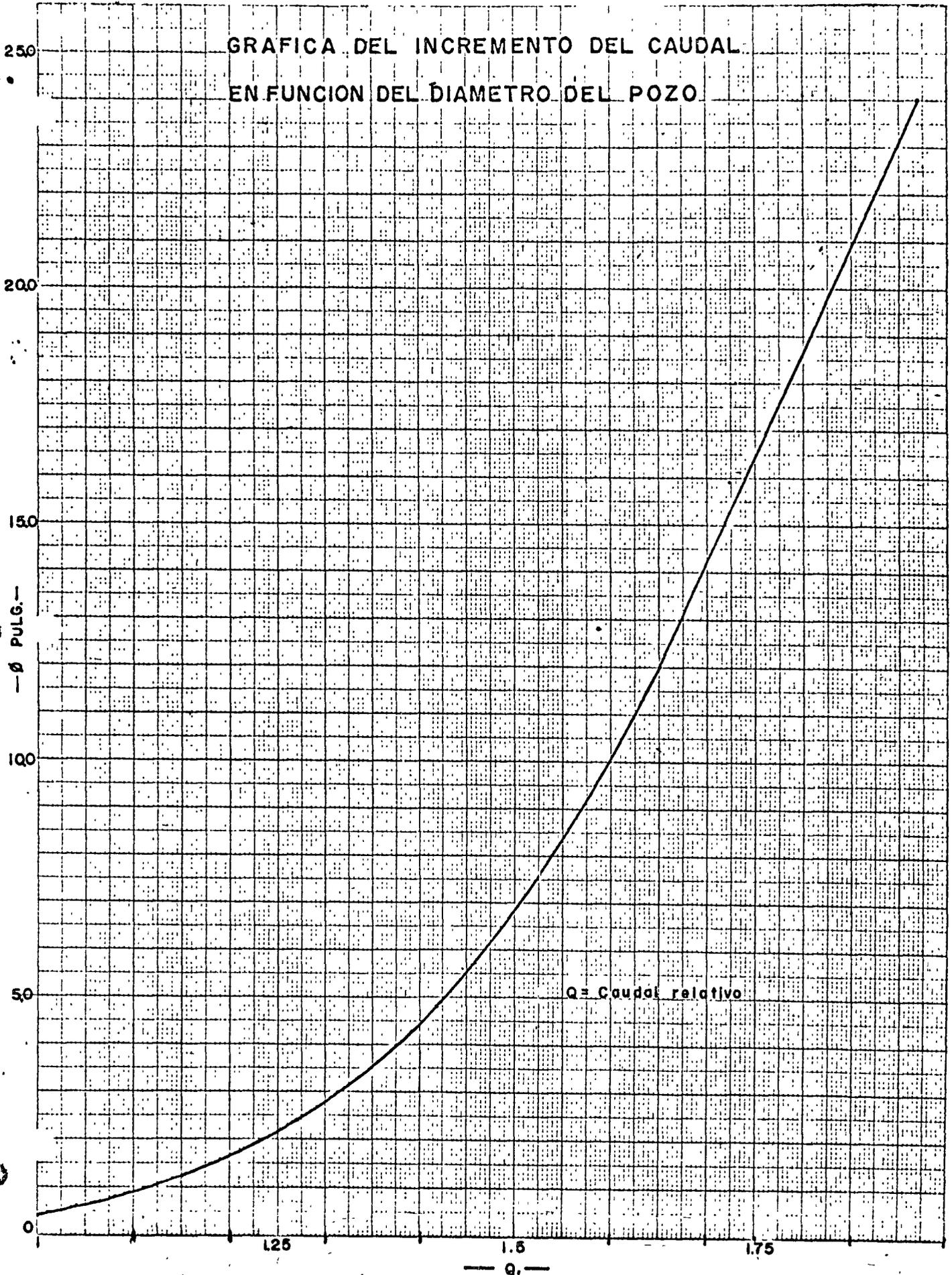
Q= caudal a través del espacio anular en m³/día.

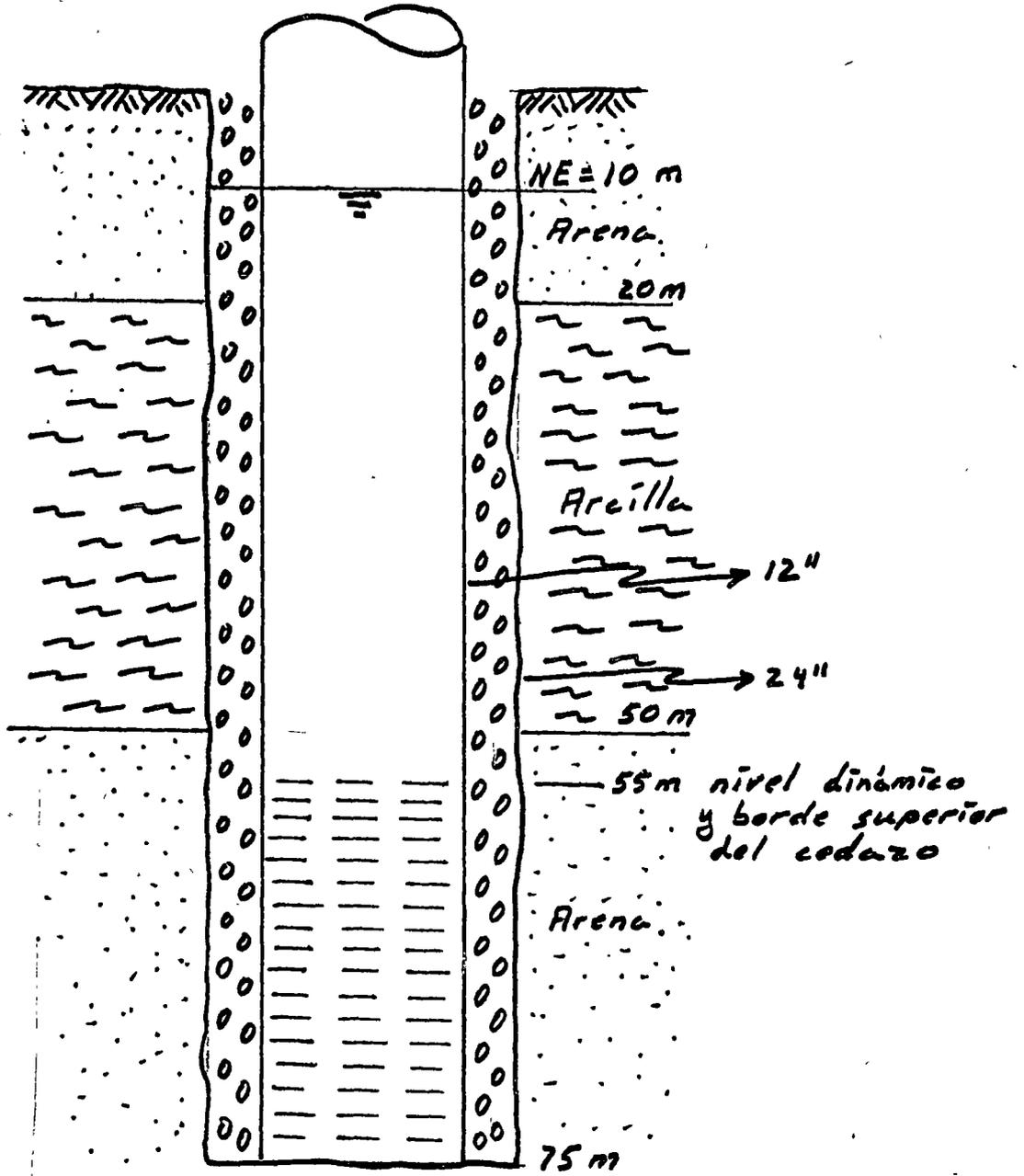
P= permeabilidad del filtro granular en m²/día, bajo un gradiente = 1

I= gradiente hidráulico que provoca el flujo a través del filtro.

A= Area de la sección transversal del espacio anular en m²

GRAFICA DEL INCREMENTO DEL CAUDAL EN FUNCION DEL DIAMETRO DEL POZO





l es la carga que hace fluir el agua, dividida entre la distancia a través de la cual se mueve, en el ejemplo es de 45 m. que es la diferencia entre el nivel dinámico y estático.

La distancia a recorrer por el agua del acuífero superior es de a aproximadamente 50 m. que es la distancia entre los puntos medios de los dos acuíferos.

$$l = \frac{45}{50} = 0.9$$

Area de la sección de filtro

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \text{ donde:}$$

D= diámetro de la perforación = 24" = 0.61 m.

d= diámetro exterior tubo = 12" = 0.30 m.

$$A = \frac{\pi}{4} (0.61^2 - 0.3^2) = 0.22 \text{ m}^2$$

Estimaremos la permeabilidad P del empaque de filtro granular, en un límite superior de unos 80 m/día que incluiría la gran mayoría de los filtros utilizados.

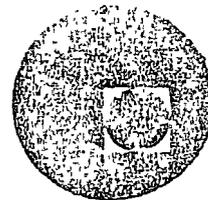
Por tanto la cantidad de agua transmitida verticalmente es:

$$Q = 800 \times 0.9 \times 0.22 = 158.4 \text{ m}^3/\text{día} = 1.8 \text{ lt}/\text{seg}$$

Puede verse que la cantidad resulta muy baja para un pozo de estas características, y se lograrían resultados mucho mejores colocando un cedazo en el acuífero superior.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA IV: TERMINACION

- 4.1 LAVADO INICIAL
- 4.2 COLOCACION DE ADEMES
- 4.3 COLOCACION DE FILTROS
- 4.4 VERTICALIDAD
- 4.5 TAPONES DE FONDO
- 4.6 CANASTAS
- 4.7 CENTRADORES Y OTROS ADITAMENTOS
- 4.8 CEMENTACIONES

ING. ERNESTO BIESTRO MEDINILLA

MARZO, 1978.



4.1 Lavado Inicial

En la mayoría de las formaciones que se perforan por medio de máquina rotatoria, es indispensable el uso de fluidos de perforación, siendo el más utilizado el lodo bentonítico.

Es frecuente que al terminar un pozo se encuentre con que éste resulte improductivo o con una productividad que no corresponde a lo esperado, por no haber usado la cantidad correcta del fluido de perforación o por no extraerlo inmediatamente después de construido el pozo.

Sabemos que la bentonita inyectada en las rocas produce un alto grado de impermeabilidad, por lo que cuanto mayor sea la cantidad de bentonita que penetra en las formaciones atravesadas durante la perforación, mayor será la relativa impermeabilidad impartida a las formaciones acuíferas de las vecindades del pozo. Incluso al colocar el filtro hay circulación de lodos, por lo que éste suele quedar muy contaminado con la bentonita, reduciéndose así su permeabilidad ante la presencia del gel intersticial que forma el lodo bentonítico.

Proceder a desarrollar un pozo empleando para ello una bomba turbina-de pozo profundo sin haber realizado la limpieza inicial del mismo, a parte de que resultaría parcialmente inútil, sería altamente perjudicial para el equipo, puesto que el agua bombeada arrastraría consigo gran cantidad de sólidos en suspensión, dando lugar a la abrasión y destrucción de los impulsores, tazones, flechas y chumaceras de las

bombas.

Al terminar de engravar el pozo hasta el nivel natural del terreno, se deberá montar la tubería de perforación conectada a la bomba de lodos, pero inyectando agua limpia, operación que continuará ininterrumpidamente hasta que brote por el brocal del pozo libre de sólidos y coloides.

Cuando el pozo ha sido perforado con máquina de percusión, la limpieza se hará mecánicamente empleando la cuchara o balde en la operación llamada "cuchareo".

Al terminar la limpieza anterior solamente se logra extraer parte de los lodos empleados en la perforación. Generalmente el pozo queda azolvado y el filtro obstruido por granos finos arrastrados de las formaciones y por los propios lodos de perforación, especialmente en formaciones de arena.

Tomando en cuenta lo anterior la limpieza del pozo se complementará con otros procedimientos, con lo cual se avanzará notablemente en su desarrollo primario.

El lavado inicial debe complementarse de acuerdo con cada caso en particular, con procedimientos tales como el sifoneo, el pistoneo y tratamientos con hielo seco, dispersor de arcillas y ácidos, para una adecuada limpieza del pozo y acomodo del filtro.

4.2 Colocación de Ademes.

El procedimiento empleado para colocar ademes de pozos a base de tubos de acero, es el siguiente:

En primer lugar se tienen que preparar los tubos que van a ser requeridos de acuerdo con el diseño del pozo, en lo concerniente a dimensiones, tipos, longitud de tubería según la capacidad para entubar de la pluma o mástil de la máquina y cortes para sostener los tramos de tubería en el momento de soldarlos para introducirlos en el agujero.

Las dos últimas operaciones se realizan en el patio de maniobras del pozo, según se menciona en los incisos a y b, respectivamente:

a) Si la capacidad para entubar de la pluma de la máquina es suficiente para poder colocar una longitud de tubería mayor que la de un tramo, generalmente de seis metros de longitud cada uno de ellos, puede llevarse a cabo si se sueldan previamente los tramos de acuerdo con las especificaciones que más adelante se describen, en beneficio del ahorro de tiempo en dicha operación.

b) En el extremo superior de cada tramo de tubería por colocar, se le hacen dos cortes circulares de 10 cm. de diámetro aproximadamente al mismo nivel y a 180° el uno del otro, empleando para ello oxiacetileno. Estos cortes, comunmente llamados orejas, deben quedar sostenidos por su parte inferior de manera que puedan doblarse hacia

afuera; su finalidad es permitir el paso de una barra rígida de la -
cual se cuelga el ademe durante la unión de los tramos. (Figura - -
4.2.1.)

La colocación del ademe se inicia con el izado del primer tramo de -
tubería por medio del cable de maniobras colocándolo dentro del agu-
jero. Este tramo se sostiene mediante la barra rígida mencionada an-
teriormente, misma que se asienta sobre unos polines nivelados y co-
locados en el piso, para ese fin.

En seguida se procede a levantar el segundo tramo, hasta colocarlo -
en una posición tal que los extremos biselados coincidan perfectamen-
te, después de lo cual se nivelan verticalmente ambos tramos (usando
nivel de albañil generalmente) y se asegura esa posición por medio -
de puntos de soldadura.

Al carecer de coples la tubería de ademe, ya sea tipo cedazo o lisa,
los tramos de la misma deben irse soldando a tope, colocando la sol-
dadura eléctrica en el espacio que forman los biseles de los tubos.-
El espesor de la soldadura deberá ser cuando menos igual al espesor-
del tubo, colocada en forma continua y uniforme y deberá quedar libre
de escorias o rebabas al término de la operación.

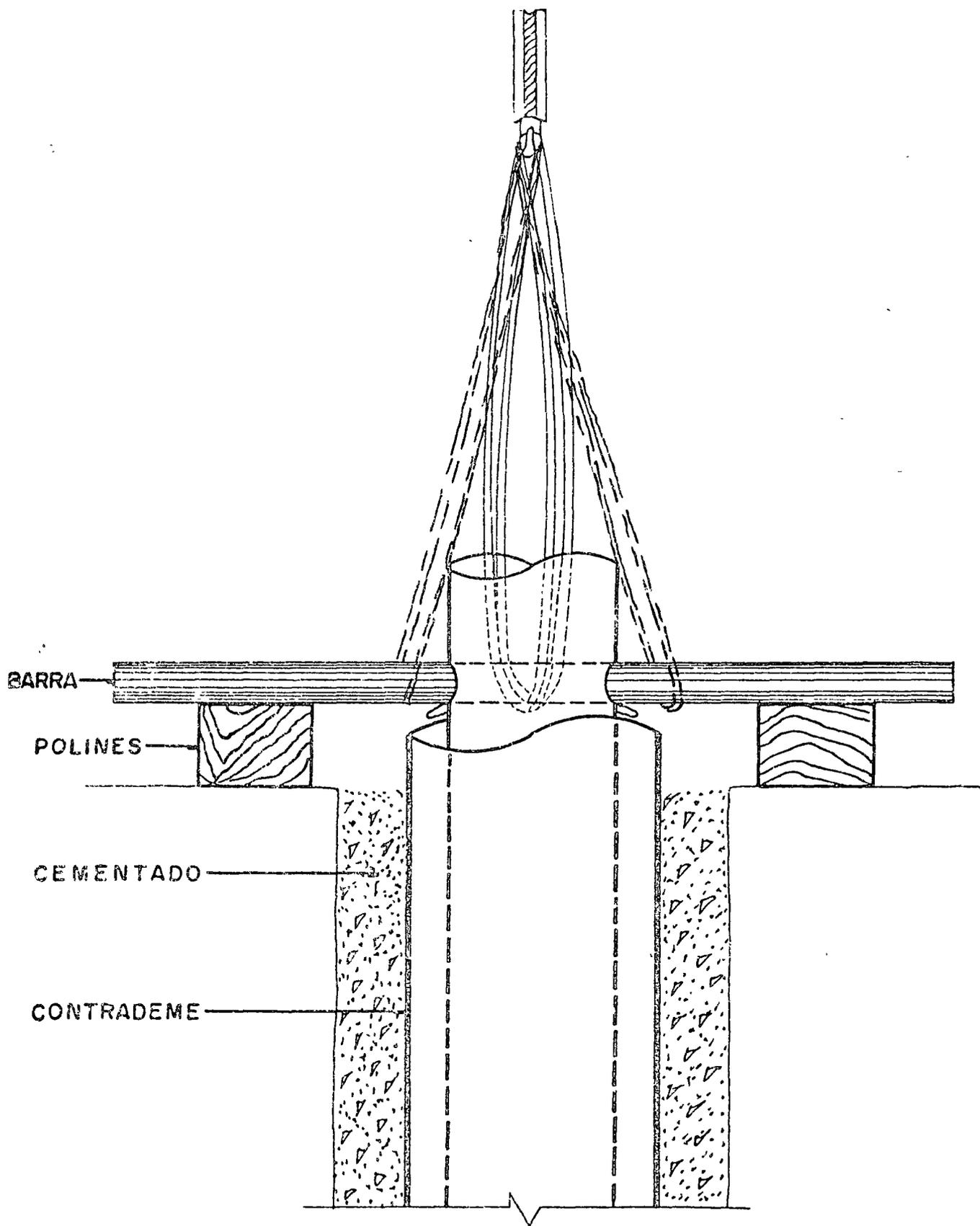
Regularmente y a manera de refuerzo, se sueldan al ademe tres o cua-
tro placas de acero distribuídas uniformemente en la unión de los -
tramos y con dimensiones aproximadas de 7.5 por 15 cm.

Una vez terminados de colocar, soldar y reforzar dos tramos, se retira la barra que sostiene el interior, colocando en su posición los cortes circulares (orejas) y sellándolos perfectamente con soldadura.

El ciclo de colocación se repite en la misma forma, debiendo tener especial cuidado en la nivelación de tramos y soldado de los mismos.

Otro aspecto muy importante en el ademado del pozo es el de cerciorarse que la tubería entre holgadamente en el agujero, es decir sin presiones.

La equidistancia de la tubería de ademe con las paredes del agujero se garantiza por medio de los centradores, mismos que se describen en otro capítulo.



COLOCACION DE TUBERIA DE ADEME

Fig. 4.2.1

4.3 Colocación del filtro de grava.

Un aspecto importante en la colocación del filtro de grava, es impedir la separación de partículas gruesas y finas que forman la mezcla graduada. Un pozo que saque arena, puede ser el resultado de un filtro segregado, aunque el material que se haya llevado a la obra tenga una graduación apropiada.

Cuando se hace necesaria la instalación de un filtro artificial de grava, para impedir la entrada de finos de la formación durante el bombeo de un pozo, al realizar el diseño del pozo deberá proyectarse un espacio anular mínimo de unas 3" ó 4" entre la tubería de ademe y las paredes de la perforación.

Estratos de arcillas, arenas y gravas de diferentes tamaños, obligan al diseño de un filtro artificial de grava, aunque es recomendable colocar este filtro en casi cualquier circunstancia pues siempre habrá algún pequeño estrato o lente que pudiera en un momento dado aportar finos indeseables.

El material empleado como filtro, debe ser preferentemente formado por gravas de cuarzo, puesto que estas no son fácilmente cementables. Pueden emplearse en su defecto gravas de ríos o arroyos, pero nunca gravas provenientes de trituración, pues son más angulosas y facilitan el llamado "puenteo".

Las gravas empleadas deben estar lavadas y redondeadas, así como -
cumplir con el tamaño requerido según el análisis granulométrico -
de la formación y la abertura del cedazo por emplearse.

Una recomendación práctica que la experiencia ha comprobado como -
efectiva, es emplear en condiciones normales, filtro de grava de -
1/4" a 1/2" y en zonas con alto contenido de finos de 1/8" a 1/4".

La grava tiene que ser colocada mediante un flujo tan continuo ---
como sea posible, usando de preferencia un tubo conductor a fin de
reducir al mínimo la separación de los varios tamaños de la grava.

No obstante, generalmente la grava ya clasificada adecuadamente se
mezcla al pie del pozo y se va depositando mediante palas maneja -
das a mano. Esta forma de colocación del filtro, debe realizarse
a velocidad tal que no propicie la formación de puentes de grava, -
pues esto evitará que el filtro actúe tal y como fué diseñado.

Cuando la perforación se ha realizado con equipo rotario, antes de
iniciar el engravado deberá tenerse colocada la tubería de perfo -
ración hasta el fondo del pozo, y deberá circularse a través de -
ella agua limpia de manera tal que colabore al mejor acomodo del -
filtro. Esta tubería deberá ir ascendiendo a medida que el nivel -
de grava también asciende, pero siempre con su descarga colocada -
de uno a tres metros por debajo del nivel máximo de la grava, para
lo cual el nivel de la grava se verificará frecuentemente con -

una sonda adecuada.

Si por el contrario la perforación se ha realizado con equipo de percusión, deben irse retirando por medio de cuchareo los finos que se vayan introduciendo, sondeándose asimismo el nivel de las gravas.

Para asegurar el correcto acomodo del filtro de grava, debe pistonearse el pozo o bien, emplear aire comprimido.

El pistoneo debe de hacerse de abajo hacia arriba empezando por el fondo, en períodos de una hora y tramos de 10 m. hasta alcanzar el nivel estático o el nivel inferior de la tubería lisa.

Efectuando la operación con aire comprimido, debe emplearse una tubería de inyección y otra de descarga, de aproximadamente igual longitud y con un compresor con capacidad para obtener en la descarga una emulsión de agua-aire que provoque el arrastre de los materiales en el fondo del pozo. Ambas tuberías se van ascendiendo a medida que el agua expulsada vaya saliendo limpia, libre de sólidos en suspensión. La operación concluye al alcanzar el nivel estático o empezar la tubería lisa.

Es de esperarse que el nivel de gravas descienda al someterse el pozo a la circulación de agua, al pistoneo, o al uso de aire comprimido, debiéndose reponer a medida que baja, hasta alcanzar la cota del terreno.

4.4 Verticalidad.

Durante la perforación de pozos pueden presentarse muchos problemas, uno de los más comunes es la desviación respecto a la vertical de ellos. El problema se presenta debido primordialmente a condiciones adversas de las formaciones atravesadas, tales como estratos de cierta dureza (coladas basálticas, riolitas, calizas silicificadas, etc.) con marcadas inclinaciones que tienden a desviar las herramientas de perforación. La falta de preparación de los operadores o el mal uso del equipo empleado, son también factores que influyen en la desviación de la perforación.

Formaciones tales como rocas metamórficas foliadas, estratos de cantos rodados y rocas calizas con estratificación inclinada, presentan condiciones propicias para desviar la perforación.

De acuerdo a lo anterior, el conocimiento aproximado de la zona de perforación, permite la planeación adecuada del peso por aplicar a la herramienta de trabajo, teniendo este hecho una gran importancia puesto que si la carga total aplicada a la barrena es excesiva, se contribuye a la desviación del pozo.

El primer indicio de que una perforación empieza a desviarse de la verticalidad, es el desgaste excesivo en las caras laterales de la barrena cuando se trata de equipos rotatorios, o la excentricidad del cable de la sarta respecto al agujero en la superficie, hablando de máquinas percusivas.

Cuando se observe lo anterior, debe suspenderse la perforación y tratar de corregir la desviación. Para ello, se acostumbra rellenar el fondo del pozo por encima del estrato que causa la desviación, para posteriormente reanudar la perforación, avanzando lentamente hasta cruzar el estrato que origina el problema. En situaciones muy adversas, puede aún llegar a recomendarse el empleo de explosivos dentro del pozo.

Cuando se tienen problemas de verticalidad en la perforación, puede recurrirse al llamado "registro de verticalidad" que tiene por objeto proporcionar una imagen real del acabado del pozo, en lo concerniente a deflexiones de la perforación.

La tolerancia en cuanto a deflexiones es variable, pero puede considerarse como un valor aceptable de inclinación, el ángulo formado entre el eje vertical del ademe en la superficie y el trazo a un punto situado a cien metros de profundidad, distante del mismo eje vertical la distancia equivalente a un diámetro del ademe.

El registro de verticalidad define el grado de desplazamiento con respecto a la vertical, así como el rumbo de este desplazamiento, lo cual servirá para la correcta instalación del equipo de bombeo, dándose la debida inclinación al cabezal de descarga a fin de que la flecha motriz no sufra deflexión alguna, lo cual ocasionaría desgaste prematuro de chumacera y flecha, sobrecalentamientos, etc.

Un tripié especialmente acondicionado (Figura 4.4.1.), se emplea

para llevar a cabo un registro de verticalidad, constando de las partes siguientes:

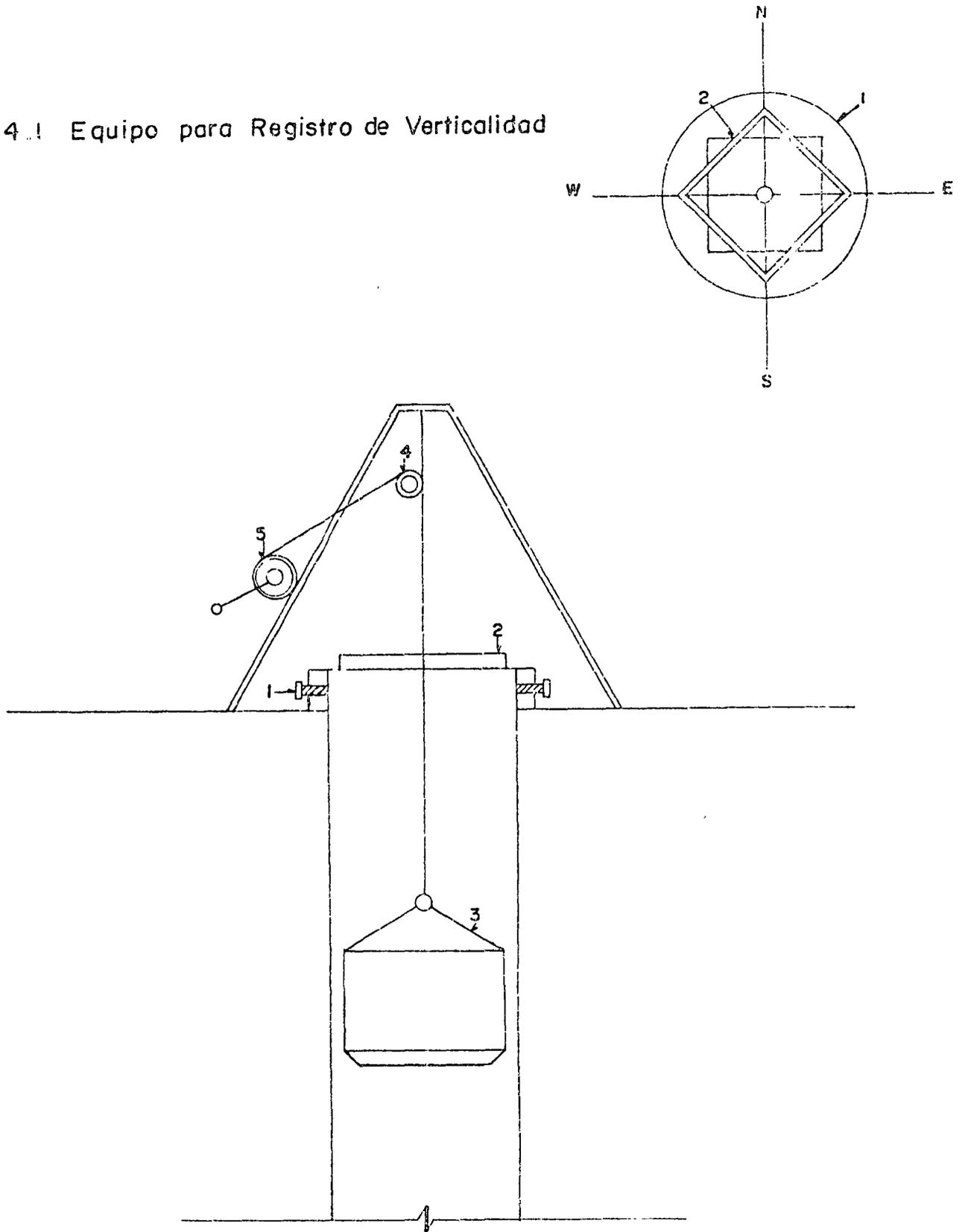
- 1.- Tambor con orificio en forma de un cuadro con 4 tornillos a los lados, a 90° para centrarlo en el ademe.
- 2.- Cuadrante o retícula consistente en un cuadro de solera con diagonales en cuyo centro cuenta con un orificio calibrado al diámetro del cable que suspende el calibrador (3). En cada una de las diagonales a 90° se colocan escalas milimétricas comunes y corrientes de 15 cm.
- 3.- Calibrador que determinará las deflexiones del pozo. Su diámetro deberá ser 1 1/2" menor que el del ademe.
- 4.- Carretilla guía del cable que suspende el calibrador. Esta deberá estar a tres metros del cuadrante.
- 5.- Carrete o malacate para el descenso y ascenso del calibrador.

A la lectura inicial tomada, se le irán restando las subsecuentes lecturas determinándose así los desplazamientos existentes.

Debe tomarse en cuenta que si las diferencias resultan negativas, esto significa que los desplazamientos o desviaciones son de sur a norte, o bien de oeste a este, según el caso.

Para formar las gráficas correspondientes, se traza el eje vertical del pozo colocando marcas a cada 3 metros en toda su profundidad, y señalando de acuerdo a la escala adoptada, el producto de la diferen

Fig. 4.4.1 Equipo para Registro de Verticalidad



cia de medidas en cada punto por el número de la medición, a la derecha si fuera positiva y a la izquierda si fuera negativa. La unión de todos esos puntos, determina el eje real del pozo.

Finalmente se traza en el dibujo lo que vendría a ser el ademe, uniendo los puntos de tangencia obtenidos en el registro, con lo cual puede obtenerse el diámetro útil del pozo y con ello el diámetro de la columna del equipo de bombeo que es factible instalar.

Puede darse el caso que aunque el pozo se haya terminado más o menos recto, el filtro de grava no se coloque en forma uniforme, lo que origina cargas axiales que provocan deflexiones en la tubería de ademe.

La desviación de un pozo puede llegar a ser tal, que de no corregirse a tiempo durante la perforación del mismo, obligue a desechar parte o aún la totalidad del pozo en el caso de no poderse instalar el equipo de bombeo.

4.5 Tapón de Fondo.

En materiales sueltos, fácilmente removibles durante el bombeo, es recomendable colocar un tapón de concreto que impida la entrada de partículas finas por el extremo inferior de la tubería de ademe.

Los tapones de fondo se colocan en la parte inferior del ademe y suelen ser de concreto precolado con un espesor de 1.0 a 1.5 m., realizándose preferentemente el colado de los mismos en la superficie, aunque también puede realizarse con la tubería de ademe ya colocada en su lugar.

En ocasiones pueden emplearse también como tapones de fondo, placas de acero soldadas al ademe, aunque esto presenta un obstáculo importante en el caso de proyectarse una profundización de la perforación a diferencia del tapón de concreto fácilmente removible. En estas condiciones el uso de placas de acero se limita a pozos cuyas profundidades no estén sujetas a cambio alguno.

4.6 Canastas.

Las llamadas "canastas", son accesorios especiales empleados en la perforación de pozos, cuya finalidad es servir como retén de grava o cemento, impidiendo su paso hacia sitios más profundos de la perforación.

El tipo de canastas comunmente empleadas, son las llamadas canastas de pétalo tipo petrolero, que consisten en un anillo de acero de diámetro igual al de la tubería por instalar, el cual lleva unidas láminas de acero flexible en forma de pétalos los cuales se traslapan y sirven como receptáculo a la grava o lechada.

Las condiciones particulares de la formación de una zona cualquiera, pueden hacer necesario el empleo de canastas. De acuerdo a la figura 4.6.1., la necesidad de utilizar una canasta para contener el tramo cementado puede observarse fácilmente.

Para asegurar que no pase la lechada de cemento al fondo del pozo, las canastas pueden emplearse en pares, o en caso de usarse una sola, se deberá colocar sobre ella un tapón de bentonita de un metro de espesor.

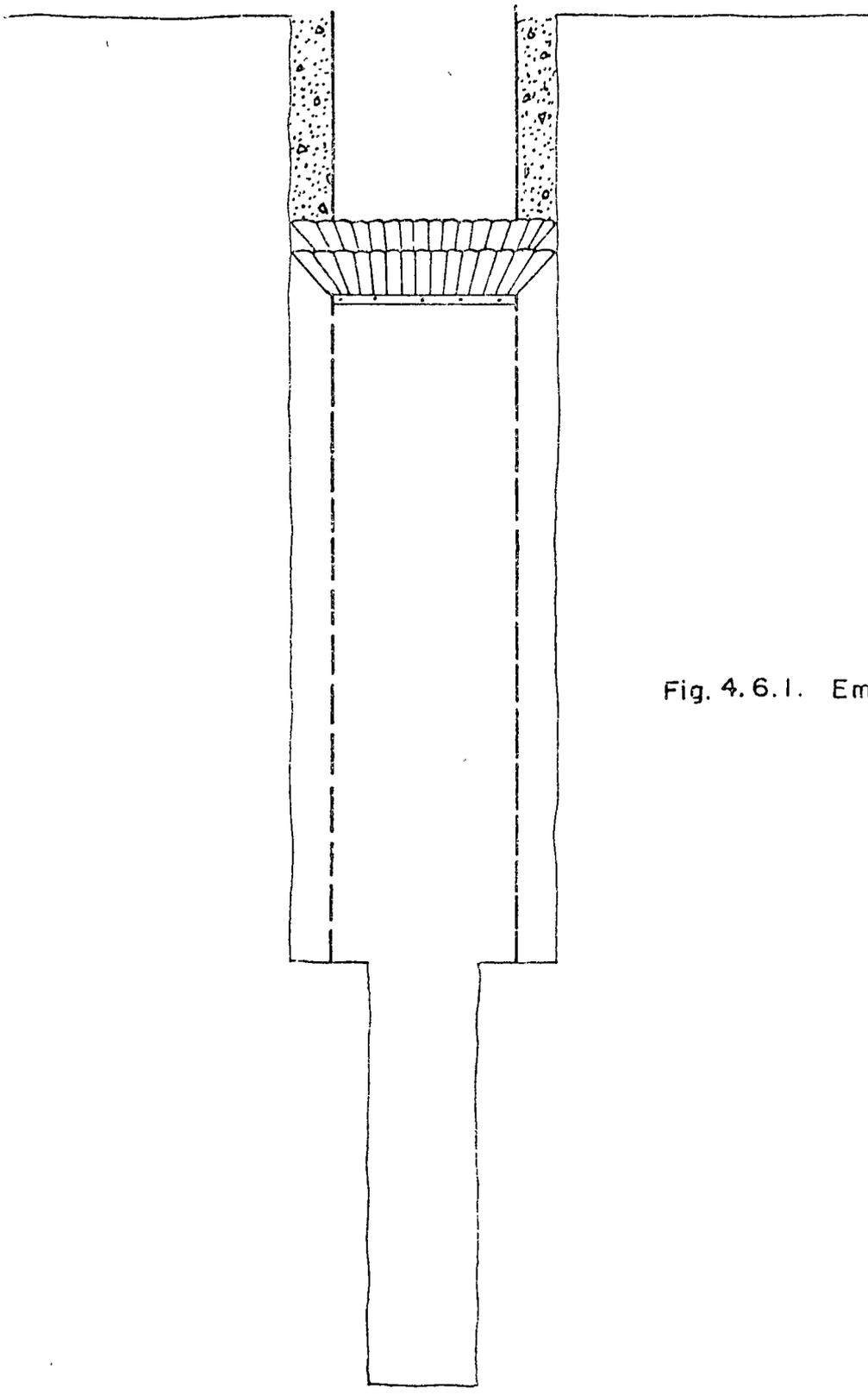


Fig. 4.6.1. Empleo de Canaças

4.7 Centradores y otros aditamentos.

Teóricamente, la colocación de la tubería de ademe debe hacerse con la ayuda de centradores, a manera de garantizar que el ademe quede bien colocado en la perforación.

Los centradores son aditamentos de acero formados por dos anillos de diámetro igual al de la tubería en la que habrán de colocarse, unidos por placas alargadas del mismo material de determinadas longitudes. Se instalan en forma espaciada en la tubería y permiten al ademe colocarse adecuadamente en el agujero.

Ocasionalmente el empleo de centradores pudiera llegar a favorecer la formación de puentes en el filtro de grava, lo cual puede evitarse tomando el debido cuidado en la colocación de éste y realizando adecuados trabajos de limpieza del pozo.

Cuando una tubería va a ser cementada como en el caso de contradesmes sanitarios, se recomienda colocarle los llamados "raspadores" o "limpiadores de pared", los cuales son unos anillos de metal que contienen alambres cortos, flexibles y de gran dureza, ordenados de forma tal que cubran a su paso la mayor parte posible de una sección cualquiera de la perforación, con el objeto de tratar de limpiarla del enjarre existente, permitiendo que la lechada entre en contacto directo con la formación. La separación entre raspado

res no debe ser mayor de 9 m.

Existen asimismo en el mercado las llamadas " campanas reductoras", que vienen a ser aditamentos especiales que permiten realizar la conexión entre tuberías de diferentes diámetros, permitiendo con ello, que puedan instalarse tuberías de ademe de menor diámetro a profundidades mayores.

El objeto de reducir el diámetro se debe a que el valor del área de infiltración requerida para extraer un determinado caudal, puede ser suficiente con una tubería de menor diámetro; por otra parte es obvio que el costo se reduce con este cambio.

4.3. Cementaciones.

Con objeto de evitar derrumbes en las formaciones superiores de poca cohesión, así como de proporcionar un sellado que impida la entrada en el pozo de aguas superficiales contaminadas o profundas de mala calidad, se hace necesario cementar las partes afectadas.

El sello del contrademe sanitario, así como el de los acuíferos con aguas de mala calidad, se realiza mediante la llamada cementación. La cementación consiste en inyectar lechada de cemento entre la perforación y la tubería de ademe o contrademe.

La relación agua-cemento es el factor esencial para una adecuada cementación. Para obtener una pasta apropiada se deben considerar de unos 22 a 27 litros de agua por cada saco de cemento de 50 kg. Pueden sin embargo hacerse mezclas más gruesas, con menor contenido de agua, que son difíciles de manejar y con el peligro de que fraguen antes de alcanzar la profundidad deseada, aunque presentan menor peligro de contaminación con lodos de perforación, a los cuales van desplazando por su mayor peso volumétrico.

Mezclas con contenido de 35 litros de agua por saco de cemento, pueden ser recomendables siempre y cuando tengan tiempo de fraguado suficiente, aunque pueden infiltrarse fácilmente por formaciones permeables. Con más de 44 litros de agua el cemento se segrega de la pasta en lugar de permanecer en suspensión.

Pueden emplearse en la mezcla arcillas bentoníticas que van de 1.5 a 2.7 kg. por saco de cemento y 29 litros de agua. La bentonita ayuda a mantener en suspensión las partículas de cemento, reduciendo así la contracción y mejorando la fluidez de la mezcla.

La lechada puede contaminarse al ponerse en contacto con sales en disolución, pudiendo alterar sus propiedades y en casos extremos impedir su fraguado.

Cloruros de calcio, magnesio y sodio, así como soluciones sulfurosas modifican el tiempo de fraguado, y más del 5% de magnesio en la mezcla, resulta perjudicial para el fraguado de la misma.

La contaminación en la lechada puede deberse también al lodo de perforación, el cual reduce la resistencia de la mezcla por lo cual debe evitarse en lo posible el contacto directo de la lechada con el lodo. Lo anterior puede lograrse inyectando antes de la lechada un colchón de agua para desalojar el lodo contenido en el pozo, limpiando las paredes del agujero.

La presión y la temperatura son otros dos factores que influyen en el comportamiento de la mezcla. La presión hidrostática actuante sobre la lechada, aumenta su resistencia y disminuye su tiempo de fraguado, al igual que lo hace la temperatura, lo cual puede ocasionar un fraguado prematuro y posterior desmoronamiento del

cemento o una unión no sellada entre éste con la tubería y las paredes del agujero.

Para garantizar que la cementación produzca un sello satisfactorio es necesario que se coloque en forma ininterrumpida y antes de que empiece a fraguar el cemento. Esto hace necesario valuar anticipadamente el volumen por ocupar en una cementación.

De acuerdo con la relación agua-cemento requerida para obtener una densidad adecuada en la lechada, pueden obtenerse las cantidades necesarias de esos materiales para cementar un determinado volumen. Este volumen debe incrementarse en un 25% aproximadamente, para llenar los huecos dejados por la perforación.

La operación del cementado puede resumirse en los pasos siguientes:

1.- Proveer a la tubería de contrademe de un tapón de fondo, de concreto, en su extremo inferior de 1.5 m. de espesor y de cuatro agujeros de 1 1/2" de diámetro perforados a 0.10 m. arriba del tapón y distribuídos uniformemente alrededor del tubo.

2.- Colocar en la parte superior del contrademe dos placas de acero unidas con tornillos y con un empaque de hule entre ellas, la placa inferior estará soldada al contrademe sellando perfectamente su entrada; debajo de estas placas se coloca un émbolo de madera

sujeto provisionalmente al contrademe con tornillos. El diámetro - de las placas de acero deberá ser mayor que el del diámetro del interior del tubo y el del émbolo igual al de éste.

3.- Instalar las tuberías para inyectar la bentonita y la lechada - del cemento. La primera se colocará sobre el tapón fijo de acero, - en un agujero hecho en las placas de metal para tal fin, y la se - gunda en otro agujero practicado en el tubo de contrademe ligeramente abajo del tapón superior. En ambas tuberías se instalarán válvulas para controlar la entrada de los fluídos.

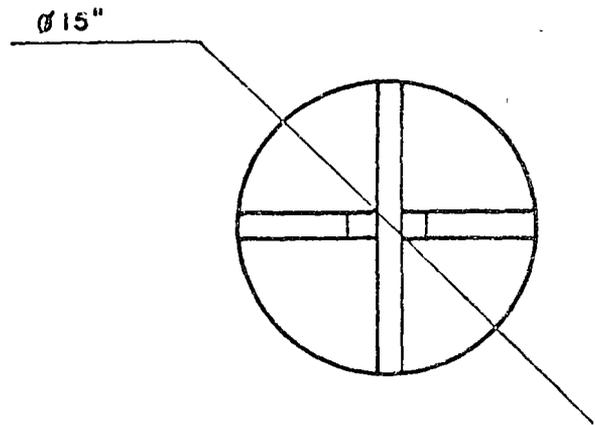
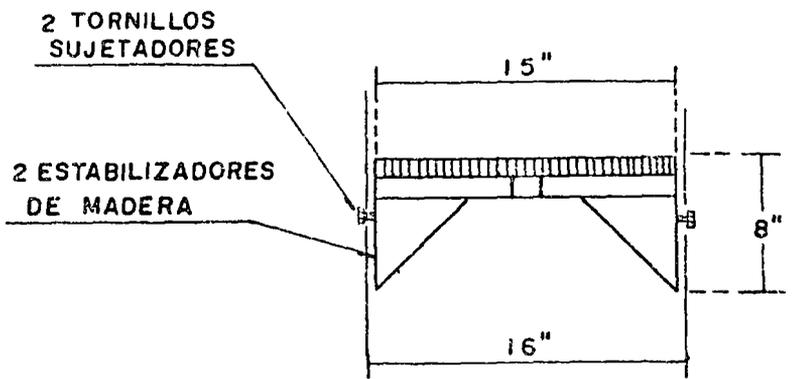
4.- Inyectar la lechada de cemento previamente calculada para llenar el espacio anular, valiéndose para ello de la bomba de lodos de la máquina de perforación, al término de lo cual se cierra la válvula correspondiente. La presión para inyectar la lechada, depende de - la longitud y del volumen por cementar.

5.- Inyectar el lodo bentonítico por medio de la bomba de lodos de la máquina de perforación, operación con la que implícitamente desciende el émbolo de madera, hasta que toca la superficie de la lechada de cemento.

En este momento y de acuerdo a la presión de inyectado del lodo - bentonítico; éste, por medio del émbolo, empuja la lechada de ce - mento, la cual pasa al espacio anular por los agujeros de 1 1/2" de diámetro del contrademe.

VALVULAS DE COMPUERTA
LODO
CEMENTO
EMPAQUE

DETALLE DEL EMBOLO DE MADERA



4 AGUJEROS DE 1 1/2" ϕ

0.10m.

TAPON DE CONCRETO 15m.

CEMENTACION

Fig. 4.8.1

La operación se realiza hasta que el cemento aflora en la superficie, después de lo cual se cierra la válvula y se deja fraguar el cemento el tiempo necesario. Figura 4.8.1.

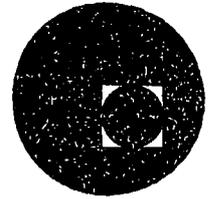
El procedimiento anterior se aplica en la cementación del contra ademe sanitario no importando la longitud por cementar.

En el caso de que se requiera cementar algún tramo intermedio entre el ademe y la perforación con el objeto de sellar un acuífero de mala calidad, es necesario colocar un material impermeable (bentonita ó arcilla) en la parte inferior por cementar y precisamente arriba del filtro de grava ya colocado, en seguida se inyecta la lechada a través de un tubo conductor hasta conseguir la longitud de cementación deseada, se deja fraguar el tiempo suficiente y posteriormente se termina de engravar el pozo.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA V: TRATAMIENTO, DESARROLLO Y REHABILITACION

- 5.1. Limpieza
- 5.2. Sifoneo
- 5.3. Tratamiento con Aire
- 5.4. Pistoneo

ING. JOSE MA. BOLIVAR

Marzo, 1978



REHABILITACION MECANICA DE POZOS DE AGUA

Es muy frecuente, por no decir que condición general, que los pozos de agua funcionen deficientemente, debido a una o varias de cinco razones primordiales, algunas de las cuales son técnicamente controlables, con independencia de las condiciones geohidrológicas, que, naturalmente no pueden ser modificadas mas que en una mínima proporción. Sin embargo, suponiendo que el acuífero es aceptable, ocurre a veces que el pozo no lo es debido a:

- 1.- Diseño inadecuado del pozo.
- 2.- Deficiencias constructivas.
- 3.- Mala selección de la bomba
- 4.- Obturación de los poros del filtro de grava, del propio acuífero, o de la porción filtrante del ademe, por materiales finos arrastrados por el flujo del agua hacia el pozo, o por incrustaciones de elementos precipitados químicamente - (carbonatos y óxidos de Fe principalmente).
- 5.- Por corrosión de la tubería.

Todos los puntos anteriormente mencionados pueden ser controlados,

por lo menos parcialmente, si la obra de captación se ejecuta de acuerdo a las técnicas modernas de construcción de pozos.

← El diseño inadecuado del pozo siempre acarrea graves consecuencias para la obra, y pudiendo variar desde un pozo inoperante, hasta pozos de corta vida debido a arrastres de arena, incrustación ó corrosión.

— Aún cuando el pozo esté diseñado correctamente, puede funcionar ineficazmente debido a fallas constructivas, las mas frecuentes son:

a).- Utilización de lodos de perforación inadecuados, que no son extraídos al concluir la perforación y sellan los acuíferos en la proximidad del pozo.

b).- Pozos desviados de la vertical.

— La selección de la bomba deberá hacerse por una persona con experiencia y a partir de datos de aforo realmente representativos del funcionamiento del pozo, por lo que, dicho aforo deberá realizarse con todo cuidado y sin escatimar el tiempo en que se lleve a cabo.

— La obturación de poros o de la porción filtrante, depende en gran medida al diseño y construcción del pozo, pero influye también el tiempo de operación, pues aún pozos buenos se van tapando con materiales

finos al cabo de cierto tiempo, mismo que, será mucho más largo cuanto mejor sea el pozo.

- Por lo que respecta a la incrustación, depende esencialmente de la calidad química de las aguas, pero es un hecho comprobado que pozos eficientes tardan más tiempo en incrustarse. Esto es válido también para la corrosión.

La solución de éstos problemas obligan a la aplicación de una serie de técnicas que trascienden los alcances de una exposición de tan corto tiempo. Por tanto nos limitaremos a comentar brevemente los métodos de rehabilitación mecánica que en general ofrecen magníficos resultados en cualquier pozo perforado en materiales granulares y también algunos en materiales rocosos en que se apliquen.

Básicamente todos los procesos de desarrollo mecánico, se basan en invertir alternativamente la dirección del flujo de agua en el interior del pozo, provocandose el movimiento de los finos hacia él; éstos finos posteriormente son expulsados a la superficie. La eliminación de dichos materiales implica generalmente un aumento en el caudal obtenible para un determinado descenso del nivel del agua, o sea un incremento de la capacidad específica del pozo.

Los resultados particulares pueden variar notablemente en cada caso pero los más importantes son:

- Aumentar, como ya se dijo, la permeabilidad alrededor del pozo, provocando una mayor capacidad específica.
- Estabilizar la formación en torno al pozo, con lo que disminuye la probabilidad de bombear arena, en forma muy considerable.
- En los pozos en que se ha empleado lodo de perforación es muy frecuente que se forme un enjarre en la pared del sondeo, que disminuye notablemente la permeabilidad.

Este enjarre se elimina generalmente con el tratamiento, el cual, es más efectivo si se hace combinado con un químico a base de polifosfatos, que ayudan a la dispersión del material arcilloso coloidal, separando los sólidos del lodo, rebajando su viscosidad y quebrando sus propiedades del gel.

- Si el agua tiene propiedades incrustantes o corrosivas, el aumento en la porosidad retrasa el fenómeno, pues redundaría en menores velocidades de entrada del agua al pozo y menor abatimiento de nivel dinámico.
- La disminución del nivel dinámico va aparejada con menores columnas de bombeo y el consiguiente ahorro de energía.

Generalmente éste ahorro por sí solo, paga en muy corto tiempo

po (frecuentemente menos de un año), el costo del tratamiento.

- En acuíferos constituídos por rocas fracturadas el desarrollo elimina los materiales finos que rellenan las fracturas permitiendo así un paso más franco del agua al pozo.
- El método de perforación inversa altera menos que el de perforación directa las condiciones del acuífero, debido a que no se utilizan lodos de perforación, salvo en casos excepcionales, y a la baja velocidad de entrada del agua al pozo por el espacio anular. Algo semejante ocurre con los pozos perforados con percusión. En éstos casos el desarrollo se efectúa básicamente para mejorar las condiciones naturales del acuífero.
- Los pozos de desarrollo natural (sin filtro de grava), en que como su nombre indica, se va creando un filtro natural con los materiales del acuífero, requieren como parte importantísima de su construcción trabajos de desarrollo, para formar el filtro natural.

Cuando las condiciones geohidrológicas son las adecuadas, éstos pozos resultan más eficientes y de más larga vida que los tradicionales pozos con filtro de grava. Desgraciadamente en México, debido a que hasta hace pozo no se contaba con un cedazo adecuado, éstos pozos son todavía muy raros, pero es de suponerse que en los próximos años se construirán frecuentemente.

- Hasta aquí se ha recomendado el desarrollo como un tratamiento benéfico para la terminación de pozos, pero su importancia es igual o probablemente mayor en pozos en operación, pues generalmente se encuentra que en ellos no se emplearon diseños ni técnicas constructivas adecuadas y además el tiempo que llevan operando ha disminuído su eficiencia.

En éste tipo de pozos los resultados son frecuentemente expectaculares.

En forma general, podemos decir que el desarrollo mecánico se debe hacer en cualquier pozo inmediatamente después de su construcción.

Pozos en operación, bien diseñados ó construídos, reciben una notable mejoría y tienen una operación mucho más prolongada si cada 5 años más o menos se someten a un tratamiento de rehabilitación. Pozos mas diseñados o construídos, requieren de rehabilitaciones en intervalos de tiempo más cortos dependiendo de su ineficiencia.

A continuación haremos una breve descripción de los métodos más empleados en rehabilitaciones y desarrollos enumerando sus ventajas e inconvenientes.

A.a. Sobrebombeo.

Consiste en bombear agua del pozo, provocando un fuerte descenso en él, siempre mayor que el que se tendrá durante su operación.

Es un método de desarrollo poco satisfactorio, pues tiene efecto en un sólo sentido (del acuífero hacia el pozo), por lo que se facilita el que los materiales finos arrastrados formen "puente" acuñándose entre los gruesos. Además el método es poco enérgico, sobre todo en pozos de alta capacidad específica, donde el provocar un descenso significativo requiere de una gran bomba, generalmente difícil de conseguir. El desarrollo puede también realizarse en pozos con motor de combustión aumentando revoluciones al motor y si es necesario tazones y columna a la bomba y dispuestos de antemano a tener un desgaste excesivo en el equipo. No deja de ser notable el hecho de que siendo éste el menos eficiente método de desarrollo, sea también uno de los más usados.

A.b. Lavado a contracorriente.

Todos los métodos de lavado a contracorriente tienden a invertir alternativamente la dirección del flujo de agua en el pozo con lo que se crean turbulencias que provocan agitación y se evitan los "puentes" en el material granular.

A.b.1. Arranque y parada de la bomba.

Se efectúan sucesivos arranques y paradas de la bomba de prueba o de la definitiva del pozo, subiendo el agua hasta la superficie - para luego dejarla caer nuevamente por la tubería de bombeo. -- Con ésto se invierte periódicamente el flujo del agua en el pozo - extrayéndose el azolve con la bomba. Esta extracción de azolve - provoca fuertes desgastes de la bomba debido al poder abrasivo - del material.

Se tienen tres variantes del método y se escogerá la más adecua da para cada caso particular:

A.b.1a. Máximo descenso y recuperación.

Se hace funcionar la bomba a su máxima capacidad para producir en el pozo el máximo descenso posible. Se interrumpe el bombeo y se deja que el agua recupere su nivel original (nivel estático).- Se repite este ciclo mientras se observan señales de mejoría en el pozo.

Con éste sistema se consigue una alta agitación en el pozo y una carga hidráulica máxima en la rejilla por lo que resulta un método de desarrollo de pozos eficaz y que no daña mucho la bomba,

pero en cambio se requiere generalmente una gran bomba, mayor cuanto mejor sea el pozo, y además un buen desarrollo -- implicá mucho tiempo. Estas características negativas limitan mucho su utilización.

A.b.1b. Máximo descenso sin recuperación.

Igual que en el caso anterior se bombea hasta lograr el máximo descenso, se interrumpe el bombeo y después de un corto tiempo, antes de que el pozo recupere su nivel, se hace funcionar de nuevo la bomba.

Con éstos frecuentes cambios de paradas y arranques se cambia también constantemente la carga, velocidad y dirección -- del flujo del agua, con una agitación de la misma casi contí-nua. Este método es más rápido que el anterior y de efectivi-dad semejante, pero tiene la desventaja de castigar mucho el - equipo de bombeo con las frecuentes paradas y arranques de la bomba.

A.b.1c. Bombeos cortos.

Se bombea hasta que el agua descargue en superficie, parándo-se la bomba para que el agua caiga por la tubería de bombeo,

repitiéndose la operación todas las veces que sea necesario.

Se producen así oleadas enérgicas y casi continuas y tiene la ventaja adicional de no requerir de equipo especial (bomba -- muy potente), como los dos métodos anteriores. En cambio -- no provoca una carga hidráulica tan grande y el arrastre de -- finos hacia el pozo es menos abundante; además castiga tam-- bién mucho la bomba.

En condiciones semejantes éste método es menos efectivo que los dos anteriormente descritos.

A.b.2. Lavado bajo presión.

Los métodos de lavado bajo presión consisten en el bombeo de agua a presión ^{por} desde el interior del pozo por medio de una tubería de pequeño diámetro. Son métodos de desarrollo más vigorosos que los de arranque y parada de la bomba, exceptuando el primero de ellos que hemos llamado "chorro vertical y pozo abierto", que se recomienda solo como una operación rutinaria al terminar pozos con máquina rotatoria y previo a un desarrollo más enérgico.

Todos los métodos de lavado bajo presión tienen el inconvenien

te de requerir una bomba de inyección más o menos potente, -
cárcamos para azolves y de succión, etc. Esto implica instala-
ciones semejantes a las de una perforadora. Lo anterior limi-
ta éstos métodos por razones económicas a la terminación de
pozos cuando los trabajos se realizan con la misma perforado-
ra. Otro inconveniente adicional es la necesidad de grandes --
cantidades de agua para poder reponer la que cargada de azoi-
ve se extrae del pozo.

Existen tres variantes del lavado bajo presión.

A.b.2a. Chorro vertical y pozo abierto.

Se manda una línea de inyección, abierta en su extremo inferi-
or, hasta el fondo del pozo (generalmente tubería de perfora--
ción) y por ella se manda agua a la máxima presión posible, -
el agua con el azolve sale por el espacio anular. Se logra ma-
yor efectividad si frecuentemente se suspende la inyección pa-
ra dejar caer la columna de agua contra el acuífero provocan-
do agitaciones en el pozo. Es un sistema de desarrollo no muy
efectivo, pero muy recomendable como lavado preliminar in--
mediato a la terminación del pozo, para eliminar la mayor --
parte de los lodos, necesarios en la perforación con máquina
rotatoria.

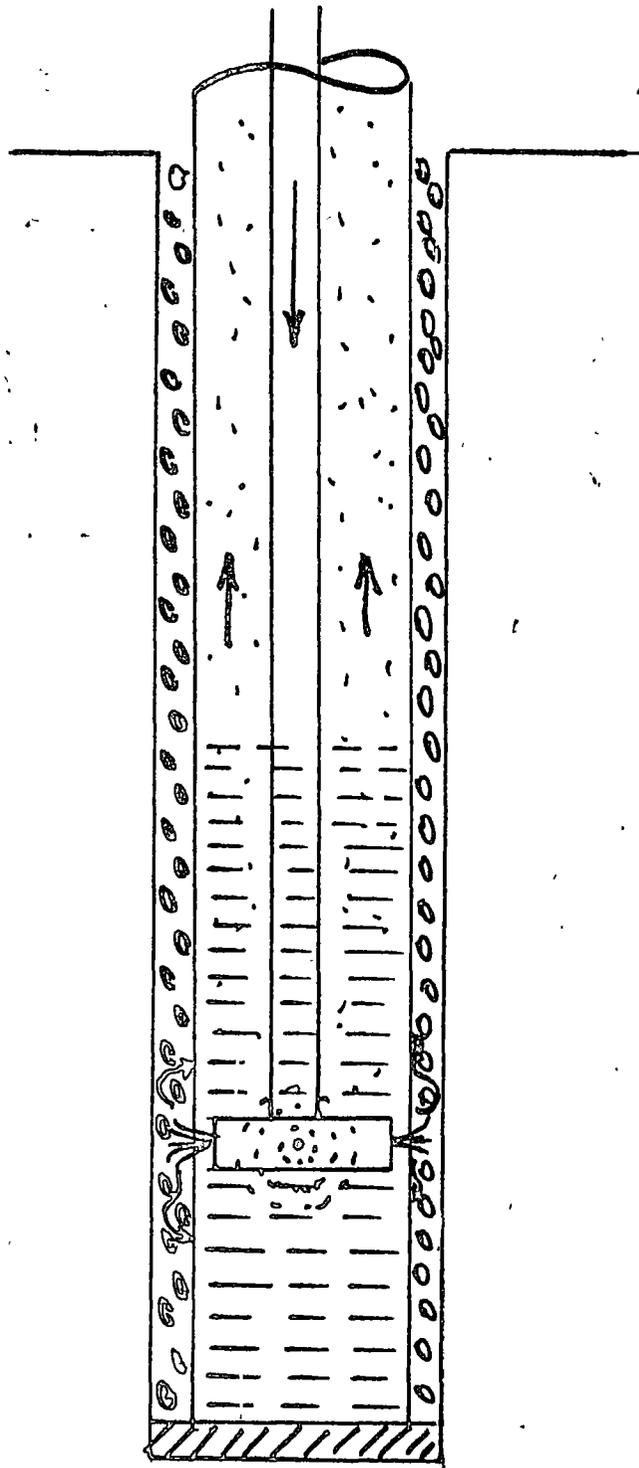
A.b.2b. Chorro vertical y pozo cerrado.

Esencialmente la instalación es la misma, pero con la variante de que aquí se cierra herméticamente la boca del pozo dejando una descarga lateral provista de válvula. Con la válvula cerrada se inyecta presión al pozo y se abre la válvula de descarga extrayéndose los materiales finos. Se repite la operación las veces que sea necesario iniciándose con presiones bajas que se aumentarán paulatinamente.

Con éste método se inyecta agua en el acuífero cuando se levanta presión, agua que regresa al pozo rápidamente al ser liberada la presión con la válvula. El resultado son cambios rápidos de la presión hidrostática en el pozo y una fuerte agitación, todo lo cual, lo hace un sistema de desarrollo muy efectivo si se cuenta con el equipo y el agua necesarios.

A.b.Zc. Chorros horizontales.

La instalación es semejante a la de chorro vertical y pozo abierto, pero se tapa el extremo inferior de la tubería de inyección habiendo en cambio pequeñas salidas laterales para que los chorros salgan horizontalmente en forma directa contra el cedazo.



Desarrollo con chorros horizontales

Es también un efectivo sistema de desarrollo si se opera cuidadosamente girando y bajando y subiendo lentamente la herramienta. La parte interior del cedazo y la salida de los chorros deben tener una separación del orden de 2.5 cm. y el diámetro de los orificios de salida del agua puede variar entre 6 y 12 mm. El número de orificios dependerá esencialmente de la bomba de que se disponga.

B. Oleada mecánica o pistoneo.

El desarrollo se efectúa mediante un émbolo que se hace bajar y subir alternativamente por el interior del pozo.

Junto con los desarrollos con bomba, es el método más usado en la actualidad, aunque sus resultados son discutibles en muchos casos. Esta deficiencia se debe por lo general, a un uso inadecuado del sistema.

Como regla general, podemos decir que el pistoneo se debe utilizar solo cuando se cuenta con una pulseta para realizarlo.

Para que resulte efectivo se deberán cuidar los siguientes requisitos:

-Diámetro del pistón. El diámetro del pistón debe ser como mí
nimo una pulgada menor que el diámetro interior del cedazo.

-Localización del pistón. La operación de pistoneo se realizará
por tramos y directamente enfrente de las zonas abiertas del -
pozo.

-Peso del pistón. Se ha comprobado en la práctica que para -
que el pistoneo resulte eficiente el pistón deberá pesar lo su-
ficiente para bajar en forma rápida, generalmente ésto se lo-
gra cuando el peso es tal que la presión ejercida sobre el es-
pejo de agua *es superior* ~~al peso del pistón~~

~~De~~ superior o igual a 1.5 Kg/cm². Esta regla es empírica y -
 aproximada pues la presión efectiva variará en función del área
 abierta del cedazo, calidad de la grava, permeabilidad del acuí-
 fero, posición del pistón, etc.

-Ciclo del pistoneo. Es aconsejable ir aumentando la frecuencia
 de las pistoneadas en tres etapas progresivas:

1a. Etapa 20 carreras por min.

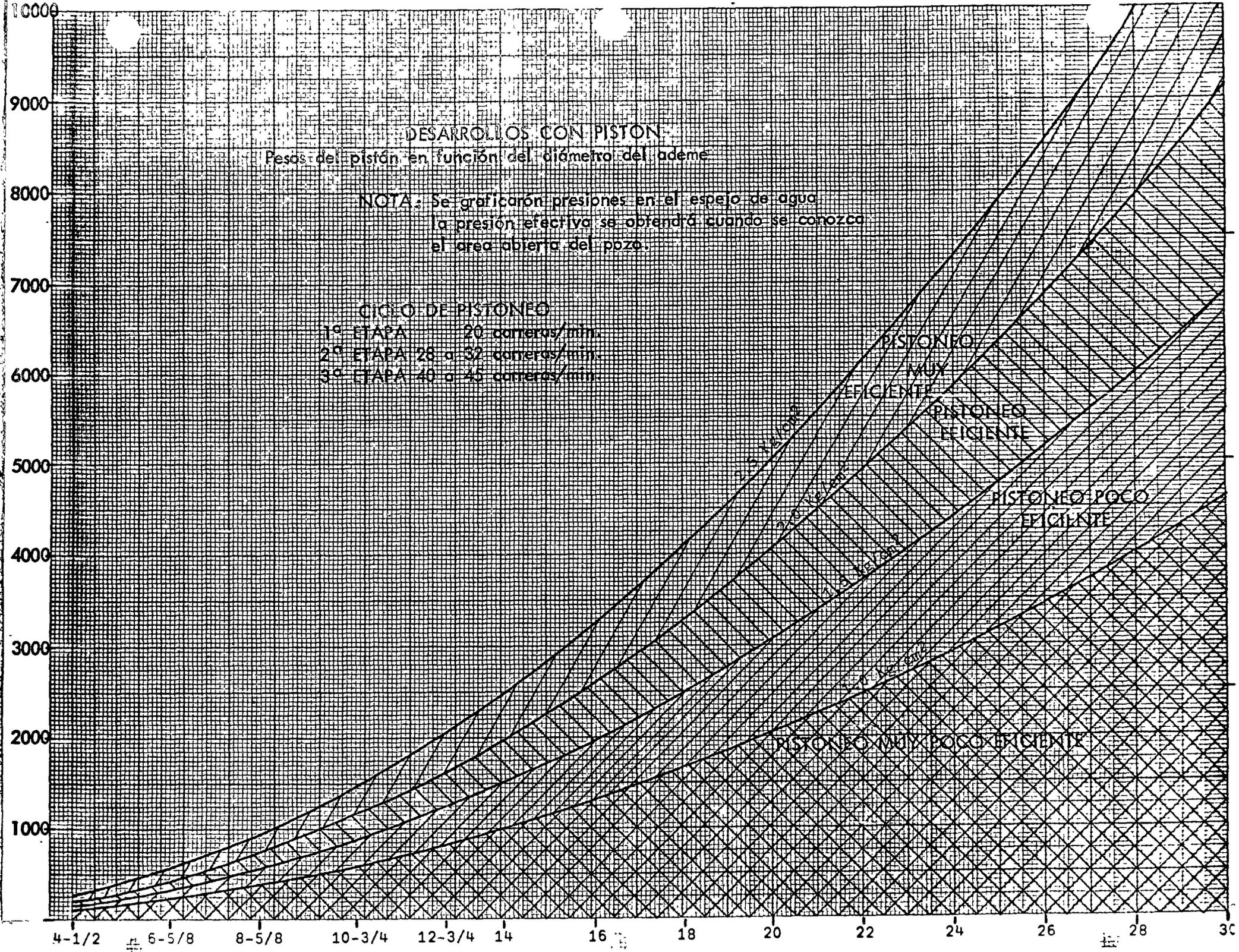
2a. Etapa 28 a 32 carreras por min.

3a. Etapa 40 a 45 carreras por min.

~~Se~~ cambiará de etapa cuando con un ciclo determinado no se ob-
 tenga azolve en el pozo y se dará por terminado el desarrollo -
 cuando en la tercera etapa no se tenga azolve después de una ho-
 ra de agitación.

C-Desarrollos con aire comprimido.

El aire comprimido proporciona un medio muy eficaz para el de-
 sarrollo de pozos, teniendo además la ventaja adicional importan-
 tísima de requerir de un equipo no muy caro y fácil de conseguir,



DESARROLLOS CON PISTÓN

Pesos del pistón en función del diámetro del ademe

NOTA: Se graficaron presiones en el espejo de agua
 la presión efectiva se obtendrá cuando se conozca
 el área abierta del pozo.

CICLO DE PISTONEO

- 1º ETAPA 20 carreras/min.
- 2º ETAPA 28 a 32 carreras/min.
- 3º ETAPA 40 a 45 carreras/min.

PISTONEO MUY EFICIENTE

PISTONEO EFICIENTE

PISTONEO POCO EFICIENTE

PISTONEO MUY POCO EFICIENTE

4-1/2 6-5/8 8-5/8 10-3/4 12-3/4 14 16 18 20 22 24 26 28 30

consistente en un compresor en buenas condiciones de trabajo y equipo auxiliar.

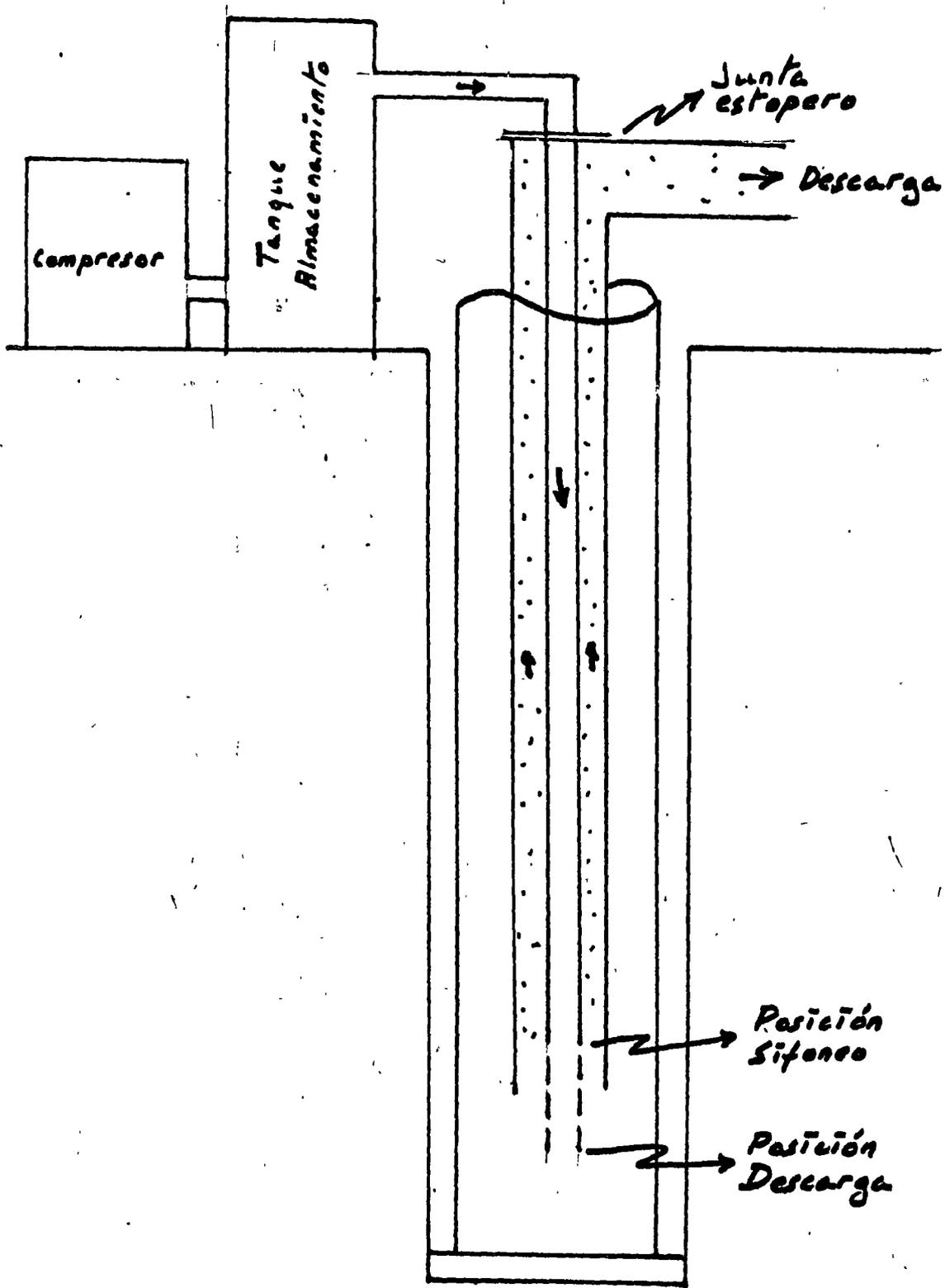
Existen tres variantes del método:

C.a. Método de pozo abierto.

Este método se basa en el principio de provocar agitaciones en el pozo mediante descargas de aire comprimido, bombeándose - el agua con el azolve mediante un sifón.

La línea de entrada del aire debe ir por el interior de la tubería de descarga y en la parte superior se instalará una junta de estopero que permita mover arriba y abajo el tubo del aire. Para que el sistema funcione eficientemente, es recomendable que se tenga una sumersión del orden del 60%. Se necesita además un compresor de suficiente capacidad y un tanque en el que, almacenar aire comprimido.

Al iniciar el desarrollo se baja la línea de aire unos 50 cm bajo la tubería de descarga, se acumula aire en el tanque y se descarga violentamente en el pozo mediante una válvula de paso rápido. Se repite la operación varias veces.



Método de pozo abierto

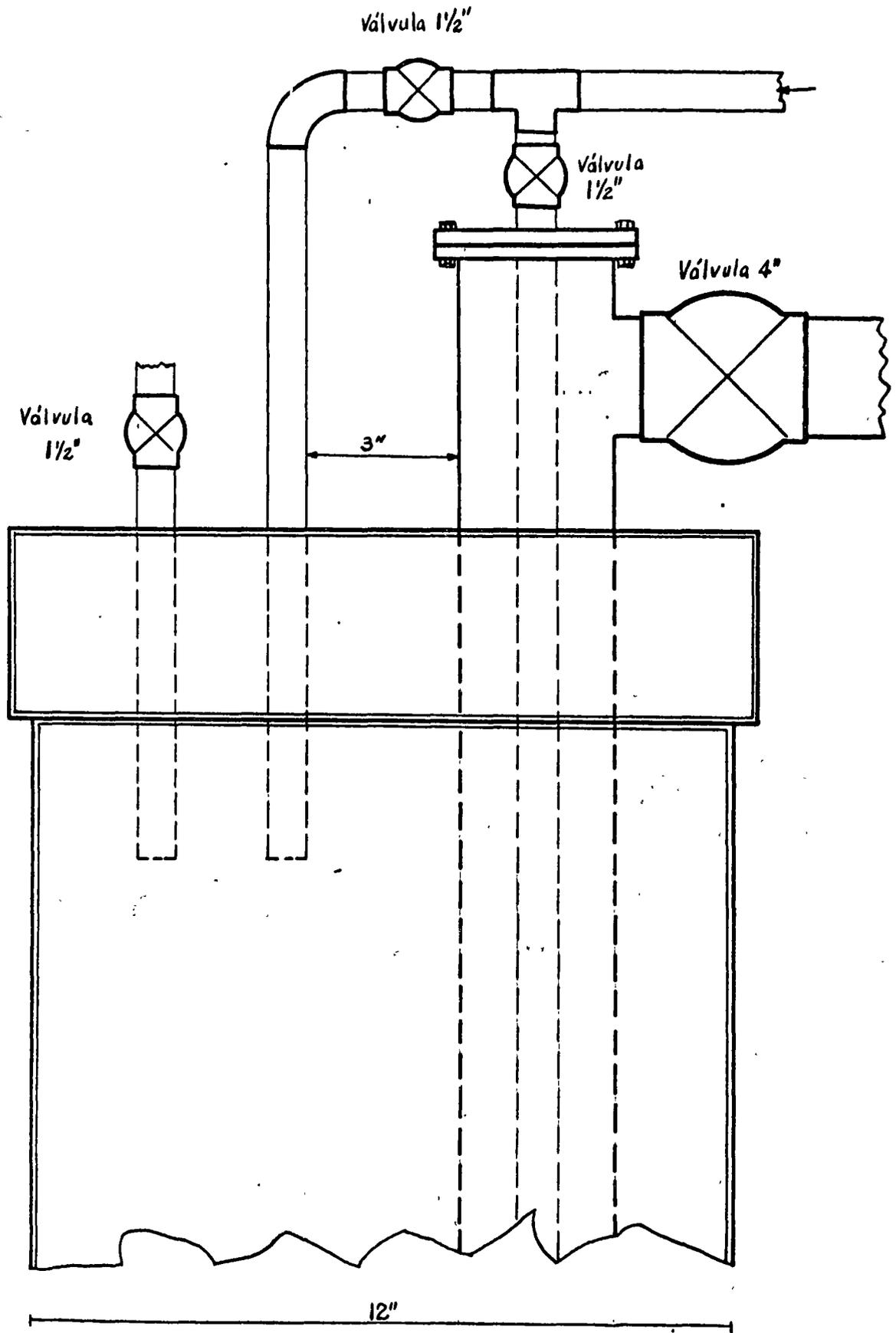
A continuación se levanta la línea del aire 1 m y se manda aire para provocar un sifoneo que se prolonga hasta obtener agua -- limpia en la descarga. Entonces se baja de nuevo la tubería de aire y se dan nuevas descargas sifoneando a continuación. Se repiten éstas operaciones hasta que con la máxima presión del compresor no se obtenga azolve, con lo que se dará por terminada la operación.

C-b Método de pozo cerrado.

La instalación es semejante al usado en el caso del pozo abierto, pero se sella la boca del pozo con una tapa a través de la cual pasa el sifón y una línea de entrada de aire adicional al interior del pozo. No es necesario tanque de aire comprimido.

Al iniciar los trabajos, se manda aire por la línea adicional, -- acumulando presión en el pozo, con lo cual se deprime el nivel, inyectándose agua al acuífero; a continuación se sifonea extrayéndose el azolve.

Cuando salga agua limpia se vuelve a inyectar aire al pozo y se sifonea a continuación. Se repiten éstas operaciones hasta que -- después de la máxima presión que pueda levantar el compresor



no se obtenga azolve en el sifoneo, con lo que, se dará por -
terminado el trabajo.

C-c Método combinado.

Este método es una combinación de los dos anteriores, pues el pozo vá sellado, pero además se requiere de un tanque de aire comprimido. Resulta el más enérgico de los métodos de desarrollo con aire.

Se sella el pozo dejando paso a través del sello para un sifón a la bomba de operación del pozo. Se conecta el pozo a un -- compresor, a través de un tanque grande de aire comprimido dejando dos entradas para el aire una para el sifón y otra por la parte exterior del mismo.

El sistema se opera alternativamente como en el caso de pozo cerrado y en el de pozo abierto, quedando además la variante - de dar descargas en el espejo de agua. Con éste método se lo - gra la máxima agitación, y fuertes inversiones de flujo dentro - del pozo, por lo que, a pesar de requerir de un pozo de más - equipo resulta muy recomendable.

D-Desarrollos mediante Dinamita.

Estos trabajos están limitados en su aplicación a los acuíferos en formaciones rocosas fracturadas o a formaciones características.

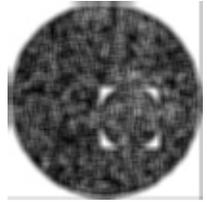
El objeto del trabajo consiste en provocar fracturas adicionales en la roca y ampliar las existentes, lográndose una mejor comunicación entre el pozo y el sistema de fracturas y por tanto un flujo más franco del agua.

Este tipo de trabajos requiere grán experiencia en el uso de los explosivos, pués libera una gran cantidad de energía, que si es mayor de la necesaria puede perjudicar más que beneficiar al pozo. Si el pozo está parcialmente entubado se debe cuidar de provocar la explosión lejos de la tubería pues de lo contrario es fácil deteriorarla.

Las cargas a utilizar pueden variar entre 15 y 50 kg. dependiendo del diámetro del pozo, tipo de roca y la presión hidrostática sobre la dinamita.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA V: TRATAMIENTO, DESARROLLO Y
REHABILITACION

5.5. Hielo Seco y Hidrógeno

5.6. Tratamiento con Acidos

ING. JUAN JOSE ROCHA

Marzo, 1978



ESTIMULACION DE POZOS.

El término estimulación fue definido como el tratamiento mecánico, químico, físico u otro medio cuyo propósito sea remover o reducir la resistencia al flujo del agua subterránea.

Este término fue escogido porque es el término estandar en la industria petrolera y casi todo lo que vamos a exponer se emplea o ha tenido su comienzo en los pozos petroleros. Además, los campos de abastecimiento de agua no tienen un término propio que denote estas operaciones.

Términos comparables en los pozos de agua son: desarrollo, redesarrollo, rehabilitación y reacondicionamiento.

Desarrollo generalmente significa algunos tratamientos aplicados para la terminación del pozo.

Redesarrollo es un término no muy empleado, pero significa que se efectuaron tratamientos después de algún tiempo de terminado el pozo, generalmente des-

pués que en el pozo se notó una declinación de la producción.

Algunos técnicos en agua no incluyen la reconstrucción de un pozo dentro del término estimulación, -- sino que solamente como se señaló al principio, son las técnicas necesarias para remover parcial o totalmente la resistencia del flujo de agua subterránea al pozo, sin cambiar las características constructivas.

Los trabajos de perforación por el método rotatorio en formaciones granulares siempre provocan el taponamiento de los acuíferos porque utilizan lodo para sus fines.

Una de las propiedades del lodo de perforación es la pérdida de agua. Dependiendo de la permeabilidad en la formación y de las características propias del lodo; la pérdida de agua origina que alrededor del agujero se forme una película de lodo comunmente llamada Enjarre.

El trabajo en un buen desarrollo de pozos tendrá como primer objetivo la eliminación del enjarre -- dejado por el lodo de perforación.

El segundo objetivo es incrementar la permeabilidad del acuífero en las vecindades del agujero, - eliminando las partículas del lodo y productos ajenos al pozo que hayan penetrado durante su perforación; el tercer objetivo, es lograr la formación de zonas de graduación de arenas, para dar el filtro adecuado y tener el pozo fluyendo a su capacidad específica.

Existen diferentes métodos para el desarrollo de pozos de agua, nosotros veremos someramente los siguientes:

Método Mecánico.

Método Hidráulico.

Bombeo a Chorro.

Método Neumático.

Método Físico Químico.

Los cuatro métodos primeros pueden -- combinarse en el procedimiento físico químico.

1.- METODO MECANICO.

Agitación de las aguas del acuífero -

por medio de la acción de un pistón en el interior del ademe.

Para esta operación se necesita utilizar un pistón debidamente ajustado al diámetro del ademe por empaques de hule o cuero, cuya finalidad es la de lograr una fuerte agitación.

La maniobra de agitación deberá iniciarse efectuando un movimiento recíprocamente al pistón, desde la parte inferior de los cedazos. Esta operación se repetirá levantando el pistón en intervalos de 10 mts. hasta la parte superior del cedazo o nivel estático del agua, si ésta se encuentra abajo de la parte superior del ademe ranurado o cedazo.

Muchos perforadores utilizan este procedimiento para el desarrollo de los pozos, otros al contrario, están en contra de ellos y creen que en lugar de obtener beneficios se obtienen daños.

2.- METODO HIDRAULICO.

Este método es también llamado de sobre-bombeo. El agua es bombeada a alta velocidad a través de una

tubería colocada en el fondo del pozo y retornada por el ademe, su función es la de lograr una succión y hacer que el acuífero contribuya con el flujo de agua y así destapar los canales por arrastre de finos.

Una objeción para utilizar este procedimiento es el de elevar el nivel de agua hasta tener una carga hidrostática mayor que la que puede soportar el acuífero, como consecuencia, se inyectará a la formación toda la arcilla dispersa en el pozo. Aunque se varíe la profundidad de la tubería continuará inyectando el agua, introduciéndose dentro del acuífero a mayor distancia las arcillas. Posteriormente a ésto, -- será demasiado difícil lograr la limpieza del pozo. Otra objeción es la cantidad de agua necesaria para lograr el bombeo.

4.- BOMBEO A CHORRO.

El bombeo a chorro de productos químicos a alta velocidad, es el método más efectivo para el desarrollo de pozos de agua.

Es relativamente simple su uso y siempre será beneficiosa su aplicación.

Este método presenta las siguientes ventajas sobre el desarrollo convencional.

Si las ranuras del cedazo se encuentran obturadas, el chiflón es correctamente ajustado para dirigir la fuerza del chorro concentrando la energía sobre una pequeña área, en esta forma, se elimina la obturación y se limpian los contornos de la formación.

Cada porción del cedazo o tubería ranurada puede ser limpiado selectivamente dando como resultado la máxima efectividad en la limpieza del ademe y de la formación.

La acción de la velocidad de los chorros, trabajando separado a través de las ranuras del ademe, agitan y arreglan las partículas de arena y de grava de la formación, los productos químicos agregados al fluido bombeando, actúan con mayor eficacia con este método.

El movimiento ascendente y rotatorio en forma lenta de la herramienta, ocasiona que toda la superficie del cedazo quede bajo la acción vigorosa del chiflón.

Arenas finas, arcilla y limos, son lavados e introducidos en el ademe por la turbulencia creada por el chorro, a través de las ranuras abajo y arriba del punto de operación. La película de lodo formada en los bordes del agujero durante la perforación por el método convencional de rotaria, es efectivamente dispersada.

Hasta donde sea posible, es muy recomendable sobrebombear ligeramente el pozo, al mismo tiempo que la alta velocidad de los chiflones esté trabajando, quedando supeditado esto, a la medida del pozo, eficiencia del equipo y posición del nivel estático.

El equipo requerido para desarrollar un pozo por bombeo a alta velocidad consta de: una herramienta con orificios calibrados situados a 90° para crear un chiflón dentro del pozo, una bomba de alta presión, capaz de bombear hasta 1 m^3 por minuto a presiones hasta de 280 K/cm^2 ; tubería y conexiones de acero inoxidable de alta presión con juntas de rodilla (que dan flexibilidad de operación), bomba centrífuga para mezcla y tanques de almacenamiento para efectuar la mezcla de los productos químicos.

La velocidad mínima aceptable de los --
fluídos, para obtener eficiencia es de 100 pies por segundo, -
mejores resultados pueden ser esperados si se incrementa la --
velocidad a 300 pies por segundo.

Para que este método sea efectivo es de
seable efectuar limpieza con aire para sacar las partículas de
lodo en suspensión y prevenir que sean nuevamente introducidas
en la formación.

Hay un método simultáneo de estimula---
ción de pozos por bombeo y limpieza con aire y se pueden utili
zar diferentes herramientas como la de la figura, que consiste
en dos empaques separados a más ó menos un metro; esto hace --
que se aisle la zona que va a limpiar y desarrollar.

Bombeo y extracción efectiva de los fi-
nos se logra con este tipo de empacador y las dos operaciones
se hacen simultáneamente.

Otro tipo de empacador aisla completamen
te la zona que se va a limpiar y se inyecta aire con la tube-
ría a la formación, posteriormente se sifonea el pozo. Cada --
segmento de la formación se estimula separadamente, estable--

ciendo así cuales intervalos son los que necesitan mayor -- tiempo de desarrollo.

Las desventajas que tiene este último método son las siguientes: cuando el nivel estático es muy profundo y el porcentaje de sumergencia es bajo el bombeo no es práctico. Es limitante la presión del compresor a la profundidad de limpieza.

3.- METODO NEUMATICO.

Este método consiste en inyectar aire a través de una tubería de pequeño diámetro, que está abajo del nivel estático del pozo y recuperar el aire mezclado -- con agua, por una tubería de mayor diámetro.

Este procedimiento es el mas recomendado para el desarrollo de pozos de agua, porque en ningún momento existe el peligro de crear presiones hidrostáticas que inyecten finos a la formación, sino que al contrario, al obtener abatimiento en el nivel del agua, el acuífero tiende a -- fluir, cooperando a su limpieza.

Además se logra el desarrollo de todo -- el acuífero variando las profundidades de las tuberías.

PROCEDIMIENTOS FISICO-QUIMICO.

Consiste básicamente en la adición de dispersantes de arcillas en el agua del lavado del pozo.

La propiedad de los distintos productos agregados deberá ser la de dispersar el lodo de perforación y romper la gelatinosidad de éste. Rompiendo esta gelatinosidad, el lodo de perforación es fácilmente removido y bombeado a la superficie.

La mayoría de los productos dispersantes se mezclan con el agua del pozo y se agregan desde la superficie.

Existen productos dispersantes de arcillas que se mezclan con ácido clorhídrico, estos productos son más eficientes porque aunado a el trabajo del dispersante, el ácido por sí mismo tiene propiedades dispersantes que hacen más efectiva la limpieza del pozo.

APLICACION DE HIELO SECO.

Este método es comunmente usado para la limpieza de los pozos, consiste en arrojar cargas de hielo -

seco sólido, el cual al sublimarse, aumenta grandemente su -- volumen logrando efectuar la limpieza parcial del pozo. Este método está cayendo rápidamente en desuso por ser poco efectivo.

METODO DE APLICACION DEL NITROGENO.

Cuando la profundidad del pozo para - agua es grande (abajo de 300 metros) se ha utilizado con gran éxito el uso del nitrógeno para la limpieza del pozo, se bombea a través de una tubería de diámetro pequeño introducida -- hasta el fondo del pozo; el nitrógeno aumenta grandemente su volumen y en forma de burbujas efectúa descargas totales de - agua, contribuyendo enérgicamente a la limpieza del pozo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES O NORMAS PARA LA LIMPIEZA DE POZOS EN FORMACIONES GRANULARES.

En el desarrollo de pozos se emplean - técnicas que se consideran rudimentarias y otras que han sustituído ventajosamente a las primeras, las normas que a continuación se siguen, se creen que sean los métodos más eficientes -- para el desarrollo de los pozos.

Limpiar la ranura y el acuífero con --
herramienta dispersora y bombeo a alta presión, porque los --
procedimientos hidráulicos y mecánicos, reintroducen las par--
tículas de arcilla dentro de la formación.

Emplear dispersantes de arcillas en me--
dio ácido.

Emplear aire para limpieza en pozos con--
profundidades menores de 300 metros.

Emplear el nitrógeno para pozos profun--
dos abajo de 300 metros.

Finalizar la limpieza del pozo hasta --
que el agua salga perfectamente limpia.

Es necesario efectuar la limpieza de --
los pozos inmediatamente de efectuado el entubado, ya que el --
lodo bentonítico al quedar estático se gelatiniza y es muy --
difícil removerlo.

En formación donde se presentaron pér--
didas de lodo durante la perforación, es necesario inyectar --
los dispersantes dentro de la formación, para que éstas se

pongan en contacto con el lodo y logren dispersarlo.

Efectuar pruebas piloto en los distintos dispersantes que existen en el mercado de acuerdo con el problema que se tenga que resolver y emplear el que resulte más efectivo.

EXPLOSIVOS

Esta operación no es muy usual, aunque se ha utilizado en diversas operaciones con buenos resultados.

Es una forma especial de uso de la dinamita para producir vibraciones en el ademe. Consiste en -- colocar pequeñas cargas de dinamita y detonarlas en secuen-- cia, las cuales producen movimientos vibratorios en el ademe y la formación, por las ondas generadas.

Al mismo tiempo la explosión genera -- gases que sacan el fluido de los pozos con energía, creando una presión de formación al agujero.

Mayores cantidades de explosivos se han }
utilizado para fracturar formaciones muy compactas, como are-

niscas, granitos, fracturados, etc., en cantidades de 100 a 600 libras de nitroglicerina al 80%.

También se han usado explosivos plásticos. Otra forma de uso de los explosivos es bombear un líquido fracturante a la formación y posteriormente detonar éstos.

TRATAMIENTOS CON ACIDO.

Tratamientos con ácido o estimulación - por acidificación de los pozos, significa un incremento significativo en la producción de agua.

El procedimiento consiste en colocar diversos tipos de ácido en contacto con la formación productora de agua. La solución disuelve parte de la formación, permitiendo su mayor flujo al aumentar el diámetro de la fractura.

Tres casos se presentan en este tipo de tratamientos, que aumente la producción y este incremento se conserve. Que el incremento decline rápidamente, que no aumente la producción.

El problema de los casos dos y tres se debe a que existe muy poca agua en el acuífero.

Falla de la producción por depósitos -
subterráneos químicos contenidos en el agua. Estos depósitos
pueden ser carbonatados, depósitos de hierro, depósitos de -
arena fina y microorganismos.

Básicamente nos ocuparemos en este
capítulo de tratamiento con ácido para pozos nuevos que con-
tienen calizas en su formación, o pozos que han sido obtura--
dos con lodo bentónico.

Durante la construcción de pozos en ca-
liza, el recorte fino de perforación (sobre todo si se emplea
lodo) se introduce en las fracturas obturando éstas.

Cuando el fracturamiento de la formación
es grande se obtienen pérdidas de circulación de lodo, llegan-
do en algunos casos a continuar la perforación a fondo perdi-
do.

Esta circunstancia ocasiona el taponam-
iento parcial y en algunas veces total del acuífero; luego
por lo tanto uno de los problemas más grandes de la estimula-
ción de los pozos en rocas calizas es la determinación del -

intervalo o intervalos productores.

En nuestros registros de perforación -
debemos de detectar cuál es la profundidad en la cual se tu-
vo pérdida total de circulación.

Si no se conoce este dato se continúa
con la secuela siguiente:

a). Con tubería de 2", de tipo de produc-
ción para pozos petroleros, se bajará un empaque diseñado --
para formación geológica abierta, es decir, sin ademe, an---
clándolo a una profundidad de cincuenta metros arriba de ---
aquella en que se registró la pérdida parcial del fluido de
perforación.

b). Se probará la efectividad del empa-
que inyectando agua a presión a través del mismo, por medio
de la tubería de 2". El sellado del empaque, es correcto si
se observa que la formación toma libremente el agua inyecta-
da sin que varíe el nivel del agua contenida en el espacio -
anular entre las paredes del pozo y la tubería de inyección.

c). Una vez comprobado que el empaque
ha sellado bien, se establecerá una circulación de agua en

el espacio anular superior. Si la circulación de agua no se establece con retorno de igual caudal que el de bombeo, será debido a la presencia de zonas permeables en las formaciones geológicas arriba del empaque, en cuyo caso se procederá a -- elevar dicho empaque por tramos de cien metros, repitiendo la prueba anterior hasta ya no ocurran pérdidas de agua en el espacio anular superior, quedando así definido el intervalo del pozo en el que se encuentran las zonas permeables de las formaciones acuíferas capaces de ser explotadas. El intervalo así definido deberá sujetarse a un tratamiento de estimulación -- con ácido.

OPERACION DE INYECCION DEL ACIDO Y NITROGENO DE UN TRATAMIENTO.

Con la tubería de alta presión de 2 3/8", franca en el fondo, se efectúa una limpia con gas nitrógeno a pozo abierto provocando reacciones hidrodinámicas e impulsos explosivos de contra presiones hacia el pozo para extraer los lodos de perforación y materiales obturantes del acuífero.

Inyección a presión entre 500 y 4,000 - lbs/pul² de gas nitrógeno, ácido y productos dispersores se --

hace por medio de un empaque en el pozo para disolver y ampliar los conductos del acuífero hacia éste, extrayendo los materiales solubles removibles y obturantes que impedían la afluencia de mayores caudales de agua hacia el pozo.

Primera inyección de gas nitrógeno a presión, obligando a penetrar hacia los conductos y porciones contenedoras de agua en las formaciones productoras, venciendo la presión hidrostática del acuífero y desalojando el agua de éste hacia el interior del acuífero alrededor del pozo.

Sin disminuir ni suspender los efectos de presión en el pozo, se inyecta en seguida ácido, productos químicos, dispersores y fluidificantes que penetran en la formación productora desalojando agua y gas, hacia el interior -- del acuífero ampliando conductos del pozo con radios variables entre 10 y 100 metros.

Nuevamente sin variar la presión de inyectado se hace otra aplicación de gas, que ocasiona mayor penetración del ácido y productos químicos hacia la formación productora.

Se mantiene la presión por el tiempo - necesario para asegurar los efectos disolventes del ácido y finalmente se cierra la válvula de inyección y se abre la de salida al pozo, éste tiende de inmediato a recuperar su presión hidrostática con flujo hacia el pozo que se activa y -- efectúa a presiones adicionales muy altas ocasionadas por la presencia del gas inyectado y del bióxido de carbono que se forma por la reacción del ácido y el carbonato de calcio de la formación acuífera.

El efecto dinámico arrastra hacia la - superficie fuera del acuífero y fuera del pozo los efectos - de disolución del ácido, permitiendo un flujo de mayores caudales de agua hacia el pozo.

Finalmente, y nuevamente con tubería - franca, se efectúa otra serie de implosiones con nitrógeno , dando como resultado que las fracturas quedan ampliadas y -- completamente limpias de cualquier residuo, haciendo que los pozos fluyan a toda su capacidad.

TIPOS DE ACIDO.

Acido clorhídrico ó Acido Muriático.

El ácido clorhídrico inhibido es normalmente una solución de ácido clorhídrico en distintas concentraciones.

Para tratamientos en pozo de caliza en lo que se necesita estimular la formación, se emplea al 26% del caso.

Este ácido contiene un inhibidor de corrosión y otro aditivo como surfactantes que viene de la palabra agente reductor de la tensión superficial, agentes espumantes, agentes estabilizadores etc.

Cuando el ácido clorhídrico es bombeado a la formación, existe una reacción con la caliza produciendo cloruro de calcio, bióxido de carbono y agua.

Esta reacción se representa de la siguiente forma:



La cantidad de calcio disuelto puede ser calculado de esta ecuación usando los pesos moleculares -

de cada uno de los componentes.

También la cantidad de la caliza disuelta por un volumen de ácido depende de la concentración de ácido y del volumen usado. Por ejemplo: usando un ácido de mediana concentración.

1000 galones de ácido clorhídrico al 15% completamente reaccionado dan 2042 lbs de cloruro de calcio más 39.75 galones de agua y 6636 pies³ de bióxido de carbono.

Parte del bióxido de carbono se disuelve en el agua y otra parte funciona para expulsar el agua a la superficie.

Estas cantidades son el resultado de laboratorio con carbonato de calcio puro.

Con la dolomita reacciona en la misma forma dando como resultado sales de calcio y magnesio.

ACIDO CLORHIDRICO.

PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TÓXICAS

FORMULA: HCl

El ácido clorhídrico, es un gas inoloro a la temperatura y presión ambientes, que produce humos blancos en presencia de la humedad del aire, de olor penetrante e irritante. Es más pesado que el agua.

Es bastante soluble en agua, en la forma comercial más común, las soluciones tienen concentraciones de alrededor de 30% en peso.

Las soluciones de ácido clorhídrico en agua, conocidas comunmente como ácido muriático, son de color claro ligeramente amarillento, de olor penetrante e irritante, la densidad de la solución al 37.1 en peso es de 1.188 grs/cm³ a 15.5° (60°F). Este producto, ya sea como gas o en solución, se maneja en recipientes herméticos.

El ácido clorhídrico gaseoso no es corrosivo cuando está seco , pero rápidamente absorbe humedad y se vuelve altamente corrosivo al igual que sus soluciones acuosas. Ataca la mayoría de los metales liberando hidrógeno como producto de la reacción. Este elemento es altamente explosivo cuando se mezcla con el aire, en proporciones de 4 a 75% en volumen.

El ácido clorhídrico gaseoso y sus soluciones no son inflamables, pero siempre existe el peligro de que reaccione con los metales presentes desprendiendo hidrógeno, pudiendo causar explosiones en presencia del aire.

El ácido clorhídrico, bien sea como gas o en solución, es un irritante muy enérgico para la piel que puede causar severas y dolorosas quemaduras, si entra en contacto con cualquier parte del cuerpo ó si es ingerido. La menor concentración de ácido clorhídrico que puede percibirse - mediante el olfato es de 5 ppm; a partir de 35 ppm, causa molestias a la garganta y empieza a ocasionar malestares respiratorios. Las mucosas de los ojos y las partes superiores del sistema respiratorio son especialmente susceptibles a los efectos irritantes de una atmósfera que contenga altas concentraciones de ácido clorhídrico. La máxima concentración permitida de esta sustancia para una jornada de trabajo es de 5 ppm.

TRANSPORTACION.

En carros tanque de acero, recubiertos interiormente con hule u otro material apropiado, con capaci-

dad hasta de 37850 lts (10,000 gal) para ácido de una concentración no mayor de 38% en peso. En estos carros tanque se -- pueden emplear desfogues de seguridad con discos de ruptura -- que tengan un respiradero de 3.17 mm (1/8") en el centro, o -- disco de carbón que permitan un venteo continuo, excepto cuando estén cargados con ácido clorhídrico de más de 35.21 de -- concentración de peso (22°Be).

El forro debe tener un espesor mínimo de 3.96 mm (5/32"), debe aplicarse estando el carro tanque -- perfectamente limpio por un procedimiento aprobado que garantice su adhesión. Debajo del registro se debe colocar una capa adicional del recubrimiento de 1.27 cm (1/2") de espesor y cuando menos de 42 dm² (4.5 pies²).

Cuando el ácido clorhídrico contiene -- aceites o solventes, no debe transportarse en recipientes o carro tanques recubiertos interiormente.

ETIQUETAS, LETREROS Y ADVERTENCIAS.

Todo recipiente que contenga ácido clorhídrico, incluyendo carros tanque y autos tanque, debe llevar una etiqueta o cartel, donde conste el producto contenido en

el recipiente. Igual cosa debe hacerse en el caso de los carros caja de ferrocarril que transportan el producto envasado.

RECOMENDACIONES GENERALES.

El equipo de protección personal no -- elimina la necesidad, al manejar el ácido clorhídrico, de respetar las reglas de seguridad que se han mencionado antes. Un trabajador que lleve el equipo adecuado puesto se encontrará protegido, pero puede exponer a otras personas que se encuentren en áreas cercanas. En todos los casos, el equipo de protección debe ser seleccionado con pleno conocimiento de las - condiciones existentes y del riesgo probable. El uso correcto del equipo de protección requiere adiestramiento previo de las personas que deben utilizarlo.

Todo trabajador debe conocer la localización de las regaderas de seguridad, las fuentes de agua para lavado de ojos o las líneas de mangueras que proporcionen agua potable para irrigaciones en los ojos o para lavar cualquier - parte del cuerpo que haya sido salpicada.

El personal debe estar perfectamente - informado de los riesgos que implica el manejo inadecuado del

ácido clorhídrico, para que sea precavido y evite derrames, fugas e inhalación de sus vapores; debe estar bien instruido acerca de lo que conviene hacer en casos de emergencia y conocer la necesidad de proporcionar primeros auxilios en caso de contacto con el ácido o sus vapores.

Cuando haya que entrar a un tanque para su limpieza o reparación, el personal autorizado de seguridad debe determinar cuándo ha sido lavado suficientemente el tanque y durante el curso del trabajo debe verificar que no haya deficiencia de oxígeno y que existan gases o vapores peligrosos, especialmente hidrógeno. Además de cumplir con las medidas de seguridad mencionadas; deben tener las siguientes precauciones:

a). El tanque o equipo debe vaciarse completamente de cualquier líquido.

b). El remanente de gas en el tanque debe ser desfogado hacia el sistema de absorción; todas las líneas que lleguen o salgan deben drenarse, desconectarse y colocarles juntas ciegas.

c). El tanque debe llenarse con agua

u otra solución recomendada y drenarse una o dos veces. Si es necesario agréguese cal o carbonato de sodio en cantidades su^uficientes para neutralizar cualquier residuo de ácido (si se usa carbonato de sodio, el tanque debe ventilarse perfectamen^ete debido a la formación de bióxido de carbono) y después lavar y drenar.

Durante el tiempo que dure el trabajo, debe mantenerse ventilado el interior del tanque.

ACIDO ACETICO.

Es un ácido retardado naturalmente, -- reacciona mucho más lentamente que el ácido clorhídrico, esta propiedad ayuda a lograr penetraciones de inyección mucho mayores antes de ser empujadas hacia la superficie por el bióxido de carbono producto de la reacción.

En algunos tratamientos se bombea una - primera etapa de ácido acético y como segunda etapa ácido clor^uhídrico.

ACIDOS SOLIDOS.

Están compuestos por ácido Sulfónico o

Sulfámico en forma sólida, para solucionar problemas de obturaciones en pozos viejos o de alto grado de incrustación.

Se vende en el mercado en forma de barras o de bolitas.

Se arrojan dentro del pozo, se deja en reposo cierto tiempo, se agita el pozo con la bomba y posteriormente se bombea el pozo hasta limpiarlo.

A continuación y para mayor información se presenta una tabla que contiene los tipos de ácido mas populares en el mercado, los aditivos que llevan y los nombres que cada compañía tuvo a bien ponerle al lanzarlo al mercado.

NITROGENO.

El nitrógeno es un gas inerte, su símbolo es N_2 . Peso Molecular 28.106, Densidad 1.165 gr/lit en estado líquido punto de ebullición - 196.8°C, Toxicidad Nula, - Combustibilidad Nula.

La característica de tener un punto de ebullición tan bajo es lo que hace a este gas manejable para limpieza y tratamientos.

La operación de bombeo de Nitrógeno a un pozo es relativamente simple: El Nitrógeno es transportado en forma líquida en un tanque termo aislado al vacío a una temperatura de -195°C y una presión atmosférica.

De este tanque sale un líquido a una bomba de construcción especial la cual levanta la presión, de la presión atmosférica hasta 700 kg/cm^2 . Posteriormente este líquido pasa por un cambiador de calor el cual eleva la temperatura a 80°C transformando el líquido a gas, forma a la que llegará al fondo del pozo.

Existen varias tablas y ecuaciones para trabajar las presiones de bombeo y las mezclas de nitrógeno con otras sustancias.

TRATAMIENTOS A PRESION.

La presión de acidificación en un tratamiento es el primero de los avances creados en la industria del petróleo que puede ser aplicado a los tratamientos en pozos de agua.

Tratamientos de gran volumen y alta -- presión de inyección tiene una correspondencia con incrementos de gran penetración del ácido dentro de las fracturas.

Esta técnica es la más efectiva en tratamientos de pozos en calizas.

El fracturamiento hidráulico es una -- técnica probada con buenos resultados en pozos de agua pero - tiene que ser muy bien planeada por su alto costo.

TRATAMIENTOS DE ACIDO PARA FORMACIONES GRANULARES.

(TRATAMIENTOS DE MATRIZ)

Como se aprecia en la gráfica, el daño causado por el lodo de perforación puede causar un bloqueo al paso del agua hasta en 100%.

Con objeto de restaurar la permeabilidad original, se efectuaron tratamientos con ácido que limpian la formación, estos tratamientos deberán hacerse en tal forma que no causen ruptura de la formación y que por esa zona de debilidad se introduzca todo el ácido.

Lo anterior se debe a que después de perforado el pozo existe una capa de lodo en forma de cilindro en toda la formación productora. Si rompemos la formación, el ácido se irá por esa zona fracturada perdiendo la posibilidad de usar el ácido en limpiar la totalidad del agujero.

Este sistema de tratamiento se denomina de matriz y usualmente resulta en altos incrementos en la producción.

El ácido para lodo tiene diversos nombres según los fabricantes pero es una mezcla de ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, inhibidor de corrosión y surfactantes.

El ácido fluorhídrico es un ácido capaz de atacar a varios componentes de la arenisca a las arcillas - disolviéndolas y dispersándolas.

El ácido restablece la permeabilidad - de la formación corrigiendo el daño causado por el lodo en la siguiente forma:

- 1.- Disuelve y desintegra el enjarre - original.
- 2.- Disuelve las partículas de cemento que pueden haberse filtrado en la formación, en caso de haberse utilizado cemento en alguna operación.
- 3.- Disuelve los silicatos que existan en la formación.

El uso de este tipo de ácido es muy popular en tratamientos para pozos petroleros.

TRATAMIENTOS SELECTIVOS.

Cuando se tienen dos o más intervalos - productores y se planea efectuar un tratamiento que penetre en cada una de las zonas productoras, se pueden programar tratamientos selectivos.

Este tipo de tratamientos tiene la característica de contener una mezcla de ácido y agentes obtu-

rantes que bombeados por etapas llegan a bloquear el intervalo que éste tomando fluido, para así inyectarlo a otro intervalo.

Programa para efectuar tratamientos selectivos.

La primera etapa consiste en bombear -- ácido clorhídrico inhíbido y en la concentración requerida, esta etapa tiene como objetivo remover el carbonato de calcio de la primera zona que presente debilidad a la inyección.

La segunda etapa tiene como objetivo -- obturar la zona estimulada.

La tercera etapa estimulará el otro intervalo más compacto.

Se prepara una mezcla de agua con sal saturada 100%, se agrega un producto que gelatiniza esta mezcla y una substancia que a determinado tiempo rompa esa gelatina.

Posteriormente se agrega la sal en grano necesaria para obturar la formación que se estimuló.

El bombeo de esta gelatina deberá ser lento.

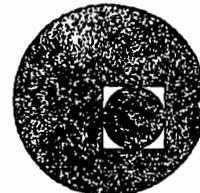
Las presiones de bombeo nos dirán si -
la obturación del primer acuífero fue efectiva.

Ya obturado el acuífero se bombea otra
mezcla de ácido igual a la primera, pero ya sin retardador.

Se cierra el pozo una hora y se abre -
para dejar salir los productos de la reacción de las substan-
cias químicas con la formación.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

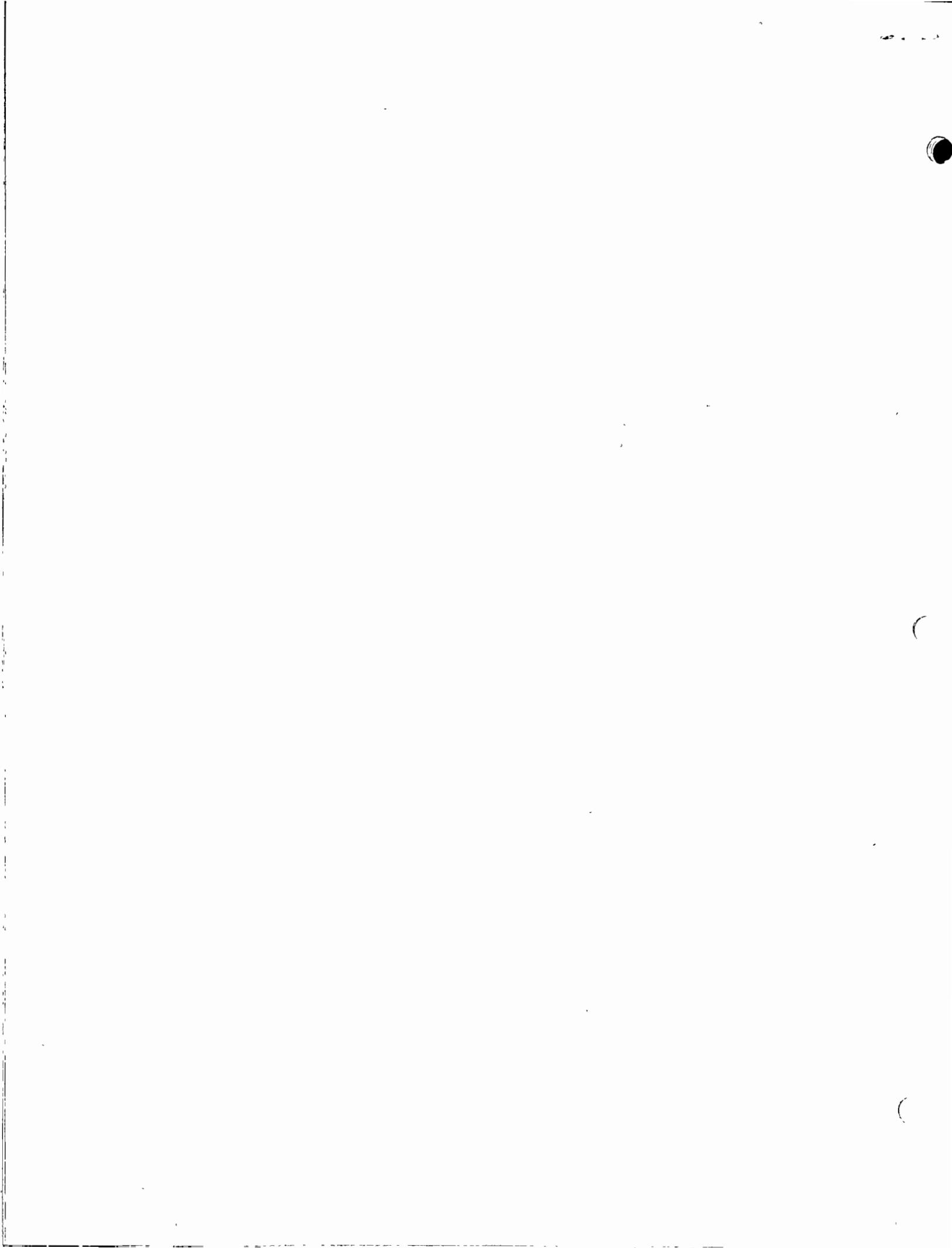


PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

APUNTES COMPLEMENTARIOS SOBRE PRUEBAS DE POZOS
Y EQUIPO PARA EFECTUARLAS

ING. JOSE SAN VICENTE RUY

MARZO, 1978.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA VI: AFOROS

6.1. Equipos de Aforo

ING. JOSE SAN VICENTE

Marzo, 1978





PROMOTORA AGRICOLA INDUSTRIAL, S. A.

TEMA VI

APUNTES SOBRE PRUEBAS DE DESARROLLO, AFORO DE - POZOS Y EQUIPOS UTILIZADOS.

El propósito de los presentes apuntes, es el describir de la manera más sencilla los métodos más económicos y de mayor precisión para efectuar las pruebas de bombeo, así como algunos aspectos prácticos de la ejecución de estas pruebas.

Podemos establecer como definición de prueba de desarrollo y aforo de pozos; el estudio del comportamiento de los acuíferos de un pozo, en base a bombeos controlados para determinar las condiciones óptimas de productividad.

Las etapas a seguir en este tipo de pruebas se indican en los capítulos a estudiar:

- A).- Equipos utilizados.
- B).- Sistemas de mediciones.
- C).- Procedimiento general de ejecución de las pruebas.
- D).- Recomendaciones.
- E).- Conclusiones.

A).- EQUIPOS UTILIZADOS:

La finalidad de las pruebas consiste en la extracción de un caudal de agua controlado del pozo o de varios pozos, deberá de utilizarse un dispositivo capaz de efectuar la extracción, para ello podemos hacer una división como sigue:

1º).- Pozos con posibles niveles dinámicos a menos de 6 m. (Esta profundidad se establece como general, aunque esto dependerá de la presión atmosférica del lugar).

2º).- Pozos con niveles dinámicos de más de 6 m.

Con la presente división se establece la posibilidad de utilizar bombas centrífugas (para el primer caso). Esto se menciona solamente como una posibilidad de utilizarse como equipo para realizar algunas pruebas en un momento dado.

Para el 2o. caso existen varios dispositivos de extracción que podemos dividir en dos:

a).- Por medio de aire.

b).- Por medios mecánicos.

a).- El sistema de aire es generalmente poco usado por no producir un flujo estable para obtener mediciones precisas, se utiliza frecuentemente en pruebas preliminares de desarrollo de pozos por lo que haremos una somera descripción de este sistema.

El sistema de aire se utiliza en algunas fabricas donde hay producción permanente de aire que generan para el proceso de manufactura. También se utilizan en bombeos permanentes, en zonas productoras de arenas, que causan grandes daños a los equipos de bombeo mecánicos.

Aun cubriendo todos los requisitos necesarios según la práctica de sumergencia, volumen y precio de aire, etc., no es posible mantener un flujo suficientemente estable razón por la cual no es recomendable para realizar pruebas de producción.

Existe una formula llamada de RIX y ABRAMS, que después de unos estudios que se hicieron es como sigue:

$$V = \frac{H}{C \text{ Log. } \frac{S+34}{36}}$$

- Donde
- V= Volúmen de aire requerido por unidad de volúmen de agua extraída.
 - H= Carga total (generalmente al nivel dinámico).
 - S= Sumergencia de la línea de aire, abajo del nivel dinámico.
 - C= Un coeficiente dependiendo del porcentaje de sumergencia.

El coeficiente C es una constante para cada valor de porcentaje de sumergencia.

$$\frac{S}{S + H}$$

A continuación se muestra la siguiente tabla de sumergencia, - ver figura 1.

- b).- Medios Mecánicos.- Son bombas de los llamados pozos profundos que pueden ser de dos tipos principalmente:
- 1).- De motor eléctrico sumergible.
 - 2).- De transmisión con flecha, para ser accionadas desde la superficie.

Ambos tipos consisten en dos partes que son: el cuerpo de tazones e impulsores que forman lo que es propiamente la bomba y el motor para accionarlos.

- 1).- La bomba de motor sumergible es apropiada para caudales pequeños (hasta 20 L.P.S.) y niveles de bombeo a gran profundidad (mayores de 140 m), así como para pozos que presentan desviaciones por defectos de construcción. En estas condiciones por su construcción compacta, sin mecanismos largos entre el motor y el cuerpo de tazones, ya que no presentan problemas mecánicos de consideración, si se compara con la de transmisión de flechas desde la superficie y los tazones, si es recomendable su operación en lugares donde exista energía eléctrica, por ejemplo en instalaciones industriales.

También puede resultar práctico para las instituciones o contra stas que tengan programa de hacer aforos con las características - scritas, integrar al equipo una planta generadora de energía eléc- lica para accionar la bomba sumergible.

2).- Las bombas de transmisión con flecha desde la superficie y accionadas por un motor de combustión interna son las más usadas.

En estas bombas para conectar el cuerpo de tazones con el motor utiliza una transmisión de flechas con chumaceras para el alineamiento de las mismas; ésta transmisión de flecha es vertical y la -- l motor de combustión interna es horizontal, por lo que es neces- ario utilizar una flecha cardán ó un sistema de bandas para el acopla- miento de la flecha del motor y el cabezal de engranes y así conver- ter el movimiento horizontal en vertical, logrando con ello el funcio- namiento de la bomba.

Para éste tipo de bomba existen dos tipos de lubricación para -- las chumaceras de las flechas que puede ser por agua ó aceite.

En lubricación por agua se utiliza la misma agua que se esta bom- bandeando y en la lubricación por aceite se tiene una funda la cual es - llenada de aceite, para dar la lubricación a la transmisión (Flechas chumaceras de bronce). Figura 3.

Sus impulsores son generalmente de dos tipos, semiabiertos y ce- rrados. Los semiabiertos son del tipo mixto o sea utilizan una mezcla de fuerza centrífuga, empuje directo para impulsar el agua. Se ajus- ta al cono de los tazones, logrando con esto una pequeña variación -- en el gasto. Los de tipo cerrado son integrales, utilizan la fuerza cen- trífuga para impulsar el agua, con este tipo de impulsor no se puede - variar el gasto a diferencia de los semiabiertos.

En la práctica se ha encontrado que de estos sistemas los más re- comendables para utilizarse en pruebas de aforo son:

El cabezal de engranes en angulo recto acoplado al motor de com- bus- tión interna por medio de "Flecha-Cardán" que tiene una eficiencia mayor de transmisión por ser más estable que el sistema de bandas, da- que éstas sufren calentamientos que provocan dilataciones, patina--

das con lo que disminuye su tensión en las poleas y baja su transmisión.

El sistema de lubricación por agua es el mejor para éste tipo de pruebas, a pesar de la aparente desventaja que tienen por el agua de los pozos nuevos ya que producen una gran cantidad de solidos en suspensión (arenas) provocando abrasión que causan daños a las chumaceras y flechas. En la lubricación por aceite presenta un riesgo de que al picarse la funda ó la cuerda del cople se comunique el agua con el aceite y esto ocasiona que falle la lubricación en la transmisión (Se desfleche la bomba). Razón por la que se deduce que las lubricadas por agua siempre estan en mejores condiciones, además de que son más faciles de instalarse y desinstalarse, ya que ésta operación es muy constante ocasionando desgaste y desajuste en las cuerdas de los coples de las fundas y flechas.

Los impulsores de tipo semiabierto son los más recomendables por su versatilidad de producción (por la posibilidad que ofrecen de dar el ajuste con el cono del tazón), como su mejor capacidad para bombear agua con solidos en suspensión esto permite que al iniciar el bombeo en pozos nuevos se deje abierto el espacio entre el cono y el impulsor claro esto provoca una baja en la eficiencia pero se protege la vida de la bomba y esto justifica la baja ya que la prueba no se afecta.

También el tipo de impulsores mixtos permite que la posible presencia de gas ó solidos que hacen variar el peso del líquido afecten menos los resultados del gasto.

Para poder hacer pruebas de desarrollo y aforo de diferentes características, el contratista deberá tener varios equipos, es decir que al programar una prueba deberá establecer unicamente los datos de gasto y nivel dinámico máximos.

Consideramos que las características y descripción de una prueba se deben establecer por caudales y nivel dinámico, sin importar el tipo y número de tazonas, potencia y velocidad de los motores, etc., ya que esto se modificará por adaptaciones que realice el operador que ejecuto la prueba y lo único que nos importa es que las mediciones de caudales y abatimientos se hagan con cuidado y presición.

En la actualidad el rango de las bombas más comunes para pruebas de pozos es como sigue:

Bomba capaz de proporcionar un gasto hasta 20 L.P.S., con una longitud de columna \varnothing hasta 150 m. (4" \varnothing).

Bomba capaz de proporcionar un gasto de 20 a 40 L.P.S., con una longitud de columna de \varnothing hasta 100 m. (6" \varnothing).

Bomba capaz de proporcionar un gasto de 40 a 70 L.P.S., con una longitud de columna de \varnothing hasta 150 m. (8" \varnothing).

Bomba capaz de proporcionar un gasto de 70 hasta 120 L.P.S., con una longitud de columna de \varnothing hasta 150 m. (10" \varnothing).

Si se pretende cubrir todos los rangos de pruebas se deberá disponer de columnas de 4, 6, 8 y 10" \varnothing , con uno ó dos diámetros de flechas y cuerpo de tazones forma tal que se pueda aumentar o disminuir el número, según sean los bombeos de 50, 100 ó 150 metros; cabezales de engranes de diferentes relaciones de transmisión de velocidades para poder utilizar los motores de combustión interna a diferentes velocidades según sea la potencia requerida para las pruebas.

Es de vital importancia resaltar que cada una de las partes que componen una bomba que se utiliza para realizar pruebas de desarrollo de aforo de pozos tienen limitaciones que es necesario respetar como son: La capacidad de las flechas para transportar la potencia, capacidad de la columna para conducir el caudal, capacidad y número máximo de tazones para impulsar cierto caudal de agua a cierta presión, etc.

A continuación se describe el cálculo de un equipo de aforo para un gasto de 40 a 70 L.P.S., y una longitud de columna de 100 m..

CALCULO DE EQUIPO DE AFORO.

D A T O S :

PROFUNDIDAD DEL POZO= 300 Mts.

DIAMETRO DE ADEME= 14"

NIVEL ESTATITO= 40 Mts.

CONDICIONES REQUERIDAS:

GASTO= 40 a 80 L.P.S.

NIVEL DINAMICO MAXIMO= 90 Mts.

PRESION A LA DESCARGA= 0

C A L C U L O S

TENEMOS QUE $Q = AV$: $A = \frac{Q}{V}$

CONSIDERANDO UNA VELOCIDAD = 2.5 Mts/Seg.

$$A = \frac{0.080 \text{ Mts}^3/\text{Seg.}}{2.5 \text{ Mts/Seg.}} = 0.032 \text{ Mts.}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.7854 \times D^2$$

$$\therefore D^2 = \frac{A}{0.7854} = \frac{0.032 \text{ Mts}^2}{0.7854} = 0.040$$

$$D = \sqrt{0.040} = 0.200 \text{ Mts.} = 7.87 "$$

(DIAMETRO COMERCIAL INMEDIATO SUPERIOR= 8")

DIAMETRO DE COLUMNA = 8 x

$$\text{NUMERO DE TRAMOS} = N = \frac{N.B. + 9.15}{3.05} = \frac{90 + 9.15}{3.05} = 32.5$$

(TOMANDO EL INMEDIATO SUPERIOR).

NUMERO DE TRAMOS = 33 TRAMOS DE 3.05 x 8 x
9.15 = SUMERGENCIA.

3.05 = LONGITUD DE LOS TRAMOS

DANDO UNA LONGITUD TOTAL = 100.65 Mts.

CARGA DINAMICA TOTAL = NIVEL DINAMICO + PRESION A LA DESCARGA + PERDIDAS POR FRICCION =

$$C.D.T. = 90 + 0 + 5.78 = 95.78 \text{ Mts.} = 314 \text{ PIES}$$

(LAS PERDIDAS SE CALCULA SOBRE TABLA)

SEGUN LA CURVA DE OPERACION DE LA BOMBA TIPO TURBINA VERTICAL DE MA

YOR EFICIENCIA (80%) PARA LAS CONDICIONES REQUERIDAS, SE NECESITA UN CUERPO DE TAZONES MARCA F. MORSE CON 8 PASOS MODELO 12 MC (RECORTE A), CAPAZ DE DAR UN GASTO DE 80 L.P.S. A UNA CARGA DINAMICA TOTAL DE 95.78 MTS. A 1760 R.P.M. Y TIENE UN CONSUMO DE POTENCIA APROXIMADAMENTE DE 136 H.P.

NOTA: SE ANEXA LA CURVA DE OPERACION DE LA BOMBA GRAFICA No. 4

SI EL MOTOR DIESEL QUE SE SELECCIONE TIENE SU MAXIMA EFICIENCIA A 1800 R.P.M. ENTONCES SE RECOMIENDA UN CABEZAL ENGRANADO CON RELACION 1.1

B).= Sistemas de Mediciones.

El agua fluye al pozo por la diferencia de presión, provocada por el abatimiento del nivel. El agua para llegar al pozo recorre una red de pequeños espacios entre los granos de arena como un complejo sistema de tubos conectados entre sí y al correr el agua por ellos se produce fricción entre las moléculas del agua en movimiento y los cambios de diámetro y de la dirección de las condiciones - etc., produciendo así una presión diferencial que es la que mueve el agua por esos conductos para sustituir la que se extrae al bombear.

El flujo de agua a través de medios porosos fue descubierto - por Darcy. En pruebas de laboratorio como en campo se ha demostrado que es aplicable en todos los casos.

Cuando se bombea un pozo el agua del subsuelo converge radialmente al diámetro del pozo y naturalmente el área por la que fluye disminuirá conforme se acerca al pozo; esto trae un cambio de velocidad para un caudal dado, con un correspondiente cambio en el gradiente hidráulico conforme se acerca al pozo de prueba. Por esto la curva de abatimiento en un pozo es siempre más pendiente cerca del pozo, y tiende a ser horizontal con la distancia.

Muchos laboratorios de hidráulica han estudiado la hidráulica del flujo a través de arenas y gravas, pero de entre todos los datos obtenidos podemos mencionar un par de consideraciones generales. De dos muestras de arenas de la misma medida, la de mejor coeficiente de uniformidad será la de mayor permeabilidad y también de entre

dos capas de arena con el mismo coeficiente de uniformidad la de mayor permeabilidad será la que tenga el tamaño más grande.

De esto se infiere que un desarrollo de pozo deberá tender a - extraer la mayor cantidad de materiales finos para dejar solamente las partículas más grandes para establecer un buen coeficiente de - uniformidad, esto si se trata de utilizar los materiales naturales del pozo; pero si se infiere que no son los apropiados hay que sustituirlos con gravas seleccionadas que vienen a constituir el engravado artificial, que es muy importante para mejorar la permeabilidad por que al cambiar una curva de abatimiento se ve que es mayor en la parte inmediata al pozo pero siempre que se conserve un mayor coeficiente de uniformidad.

Otra medida importante es el uso de tubos ranurados con aberturas, espaciamiento y distribución uniforme de ranuras para que la - velocidad de flujo de entrada sea franca y los desarrollos de pozos sean uniformes.

Las mediciones en las pruebas de desarrollo y aforo se realizan por medio de sondas neumáticas y sondas eléctricas, éstas últimas -- las más usadas por lo general. Ver figura 5.

El cuidado con que se realicen las mediciones y la utilización de un equipo adecuado a las condiciones de la prueba serán los factores determinantes para la obtención de resultados útiles por su precisión. Por ejemplo; si se va a medir un caudal de menos 5 L.P.S., posiblemente resulta más práctico y preciso por el sistema de "Cubición) o sea medir el tiempo en que se llena un tambor de 200 litros.

Al final se anexan gráficas para medir un gasto por el sistema de la escuadra ver gráficas No. 6 y 7.

El sistema más usual y exacto es el de orificios calibrados para determinar el gasto en las pruebas de desarrollo y aforo de pozos.

C).- Procedimiento general de ejecución de las pruebas.

Las pruebas de desarrollo y aforo se efectúan generalmente en dos tipos de pozos: pozos nuevos y (no bombeados) y en pozos ya bombeados.

En los pozos nuevos la prueba será de dos etapas; primero el desarrollo y posteriormente el aforo ó prueba propiamente dicha.

En los pozos ya bombeados generalmente se hace la prueba de aforo. La información que se tenga de la zona en relación a la estratigrafía y construcción del pozo es determinante para efectuar la prueba; así por ejemplo se tiene información del corte litológico perforado y existe la presencia de arcillas y arenas finas; debe agitarse periódicamente el pozo para que el movimiento recíproco así provocado permita desalojar la mayor parte de esas arcillas y materiales granulares fino que empaican la formación productora, bajando su productividad.

Mi recomendación es efectuar pruebas de bombeo prolongadas a caudal fijo en pozos nuevos, ya que los niveles estáticos se presentan como falsos al empezar a bombear.

D).- RECOMENDACIONES.

1.- Los datos de las pruebas de desarrollo y aforo de pozos deberán obtenerse con tal grado de precisión que el abatimiento no debe tener variaciones o posibles fallas en más de 3 a 4 cm. y en los caudales 2 o 3 % de posible falla. Podrá parecer que la precisión llevada al extremo sea innecesario ya que el cálculo de la productividad del pozo no se conoce con precisión las condiciones de permeabilidad y porosidad de los acuíferos pero deberá considerarse que estos datos sean obtenidos con la mayor precisión posible y serán más útiles y valederos que los obtenidos con posibles errores ó grandes variaciones. Esto permitirá hacer un diseño mejor del equipo definitivo de bombeo para lograr una mejor eficiencia de la unidad pozo-bomba.

2.- El cambio de la dirección del flujo que se provoca al parar el bombeo (agitar) para romper las posibles "puentes" que se provocan al acomodarse las arenas y las gravas, es muy determinante para un buen funcionamiento de la bomba, por lo que se deben realizar desarro-

llos lentos y prolongados con lo que se produce que se estabilicen la zona alrededor del pozo quedando las partículas más grandes cerca del pozo y disminuyendo el tamaño con distancia por la menor velocidad del flujo.

- 3.- Nunca se debe de establecer horas de bombeo sino condiciones de bombeo.
- 4.- Hay que tener cuidado con las descargas del agua, tratando que sean para zonas que no afecten al pozo de prueba.
- 5.- Es necesario hacer uso de los datos de pozos vecinos que no esten en operación para ser utilizados como pozos de observación.
- 6.- Se debe recomendar construir pozos de observación.
- 7.- Es muy importante instalar una manguera de 1 a 1 1/2" ϕ de poliducto paralela a la columna de la bomba para introducir la sonda eléctrica y esto permitira que no se atore la sonda eléctrica al hacer las mediciones.

E).- CONCLUSIONES.

- 1.- El ademe del pozo (tubo ranurado) no debe considerarse como un colador sino más bien como un estabilizador para -- sostener las formaciones de los acuíferos durante el desarrollo y el bombeo permanente.
- 2.- No podrá retirar el material fino cercano al pozo en un bombeo inicial siendo enérgico y vigoroso porque eso provocaría el "puenteo" del material fino con el grueso reduciendo el área de infiltración. Se deben realizar bombeos con caudales mínimos aumentando paulatinamente la velocidad a la bomba tan pronto limpie el agua y al agitar ya -- que no saque sólidos en suspensión se deberá aumentar los R.P.M. y así sucesivamente hasta llegar al máximo.
- 3.- Es recomendable hacer pozos con diámetros amplios para que acepten la bomba definitiva con amplitud suficiente para una buena operación de la misma.

- 4.- Puede considerarse que un pozo opera satisfactoriamente si su eficiencia hidráulica es del orden de 85 a 90 % del máximo teórico obtenible.
- 5.- Cuando se tienen gastos altos en los equipos de bombeos de finitivos o deficiencias en el bombeo se determina que el pozo es el malo, cuando en realidad puede ser una mala adaptación de la bomba definitiva causada por los datos erróneos obtenidos en la prueba de desarrollo y aforo.
- 6.- Finalmente el uso de un motor de combustión interna provoca pequeñas variaciones en el caudal debido a que la potencia liberada por el motor varía en condiciones de velocidad -- constante por variaciones de las características del combustible, variaciones de la presión atmosférica y variaciones de humedad, etc., y durante la noche tenderá a acelerarse en bombeos prolongados.

FIGURA 1.

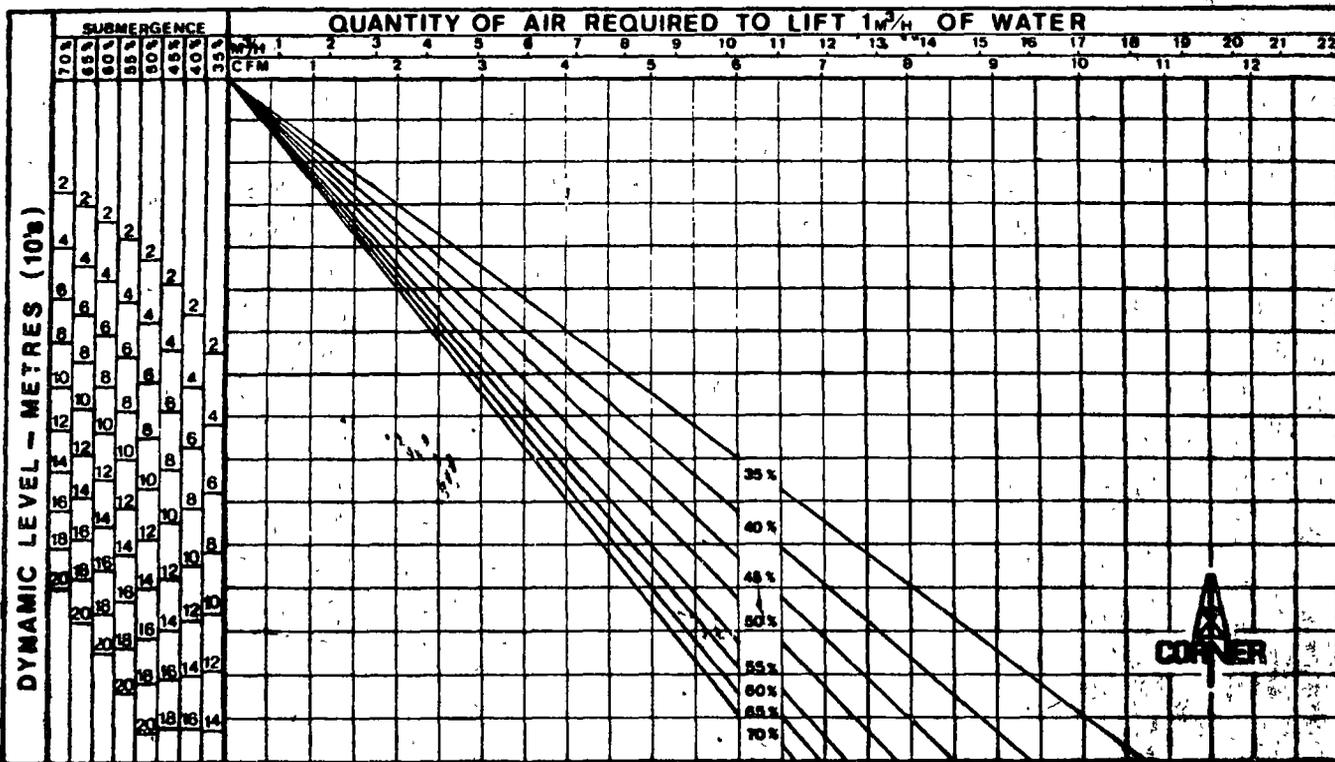
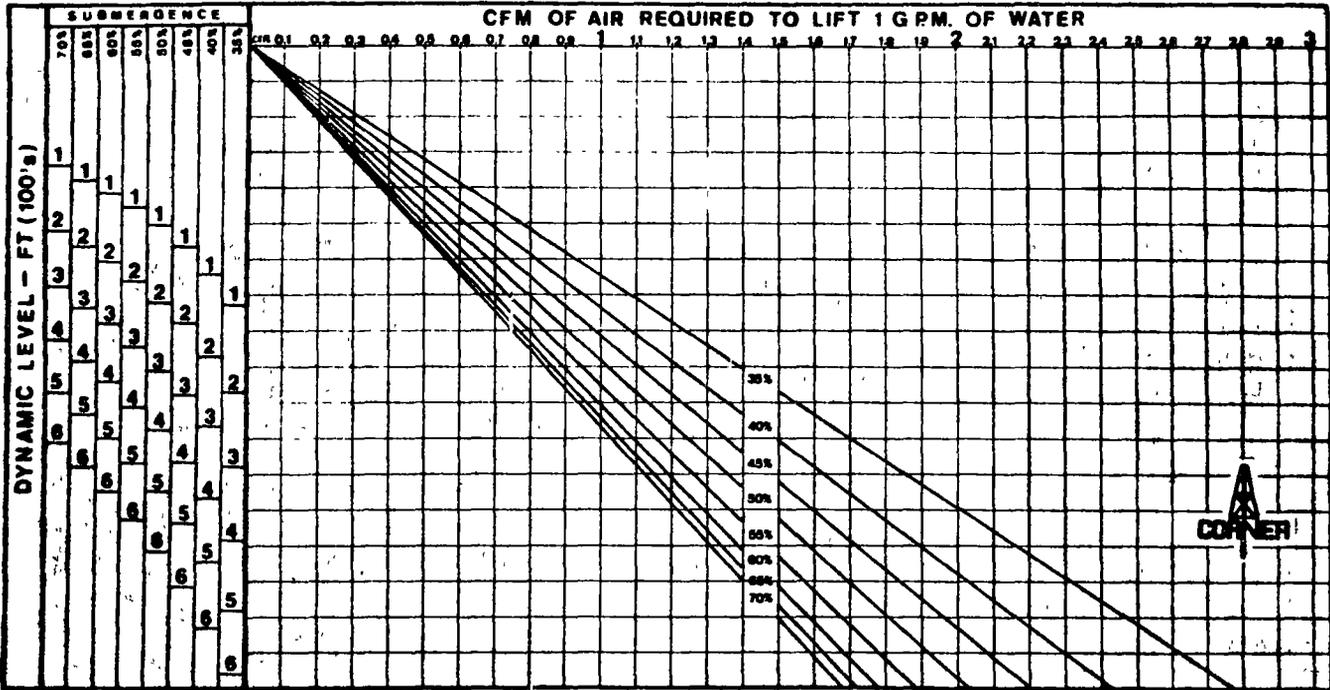


FIGURA 2

BARRAS DE CARDAN WATSON-SPICER CON COJINETES DE AGUJAS

DESCRIPCION.

Las flechas Watson tienen una junta universal con cojinetes de agujas en cada extremo, estas juntas proporcionan una operación angular libre de fricción, un acoplamiento deslizante en un extremo le permite libre movimiento axial; y un gran diámetro de tubo conector permite altas velocidades sin vibraciones.

FLECHAS DE ACOPLAMIENTO LARGO WL.

El propósito general de las flechas Watson es proporcionar un mayor servicio en aplicaciones horizontales (como es el caso de bombas turbinas con cabezales engranados y motores de combustión interna) y en diversas aplicaciones verticales. Estas flechas son adquiribles en 12 tamaños básicos.

SELECCION.

Las flechas motrices se pueden instalar verticalmente y horizontalmente y unicamente se requiere alinear paralelamente las flechas impulsora e impulsada.

La carga de empuje, excepto la del peso de la flecha cuando se instala verticalmente, no es transmitida al motor.

Las pérdidas de potencia debidas a la fricción en las flechas Watson son insignificantes y pueden ser despreciadas, ya que son del orden de 1/2 a 1% con un angulo de trabajo de 6°.

Las flechas Watson se seleccionan de la siguiente manera:

1.- Seleccione el tamaño de las juntas de acuerdo a la potencia por transmitir y a la velocidad requerida (de las gráficas I y II).

Las dimensiones de las flechas y bridas aparecen en la página siguiente de esta sección.

2.- Asegurese que el angulo y tamaño de la junta seleccionada está dentro de los límites establecidos (página 45).

Note la disminución de la vida útil de la junta cuando aumenta el angulo de trabajo (gráfica IV).

La alineación paralela de las flechas impulsora e impulsada estará dentro de un margen de menos de un grado.

COLOCACION INCORRECTA

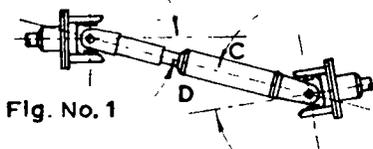


Fig. No. 1

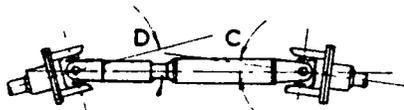


Fig. No. 2

Fig. No. 1.- Los ángulos "C" y "D" no son iguales, lo que origina una aceleración desigual en las uniones y por lo tanto vibraciones.

Fig. No. 2.- El eje impulsor y el impulsado no son paralelos. Los ángulos "C" y "D" no son iguales. Esto produce una aceleración desigual en las uniones y causa vibraciones.

COLOCACION CORRECTA

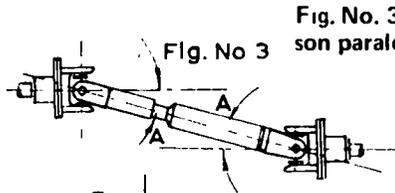


Fig. No. 3

Fig. No. 3.- El eje impulsor y el impulsado son paralelos, e iguales los ángulos "A".

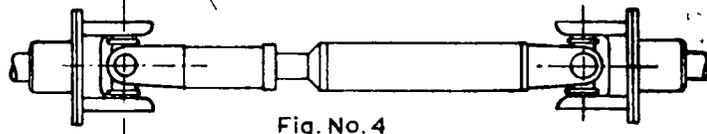
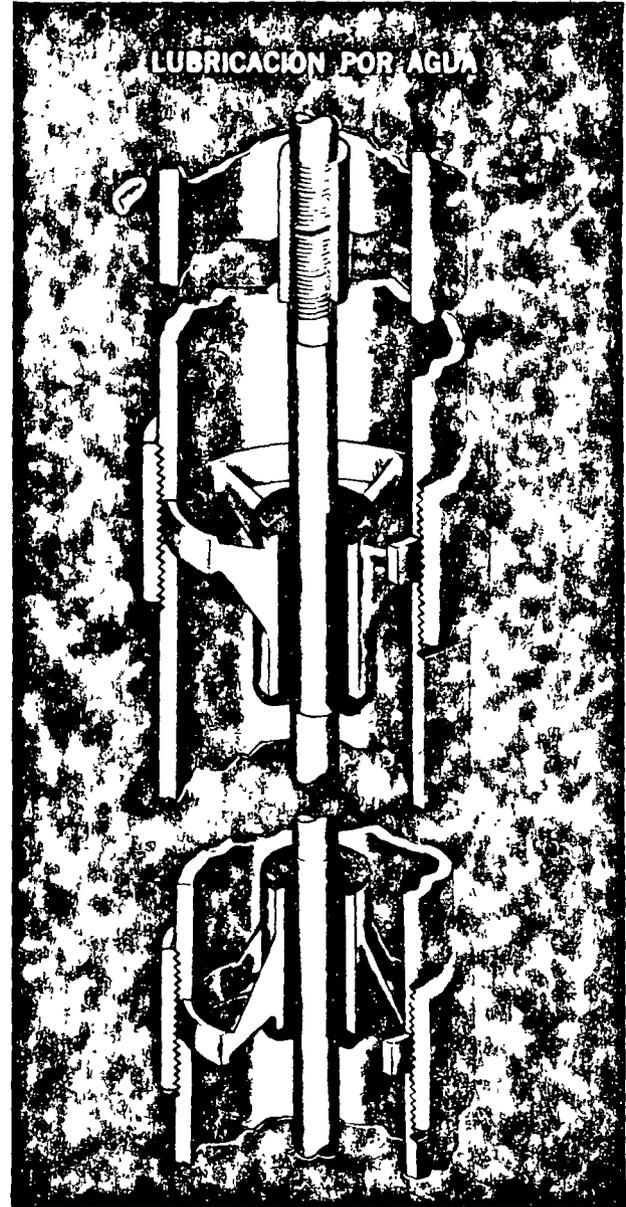
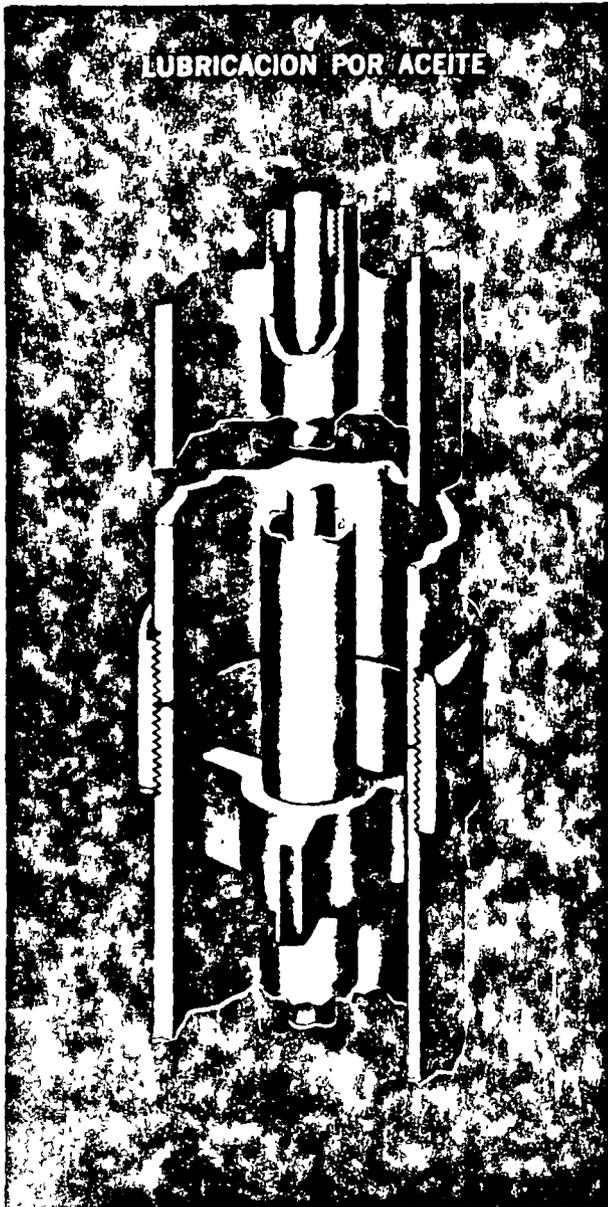


Fig. No. 4

Fig. No. 4.- Las aletas para sujetar deben estar alineadas como se muestran. Cuando se instalen flechas flexibles Watson Spicer se debe estar seguro de montar las uniones con las aletas para sujetarlas en el mismo plano, como se muestran en la figura. Si las aletas no están como se indican, se produce una aceleración desigual en dichas uniones, lo que produce vibraciones y golpeteos. Déjese un margen para la acción de deslizamiento en cada dirección.

BOMBAS LUBRICADAS POR AGUA O POR ACEITE

Las bombas Johnston se fabrican en dos tipos: Lubricadas por agua y por aceite. La diferencia está en la construcción de las chumaceras de la flecha y en la columna de descarga, como a continuación se ilustra.



JOHNSTON construye su columna lubricada por aceite en tal forma que hace que sus bombas tengan arranques y operación uniformes y silenciosos. Este tipo de construcción incluye un tubo de acero extra fuerte que protege a la flecha chumacera contra corrosión y erosión. Este tubo sirve como conducto al aceite lubricante en todo lo largo de la flecha. La flecha se fabrica cuidadosamente para lograr obtener las tolerancias deseadas. Estabilizadores de hule centran el tubo dentro de la columna de descarga.

El tazon de descarga tiene dos orificios y un anillo de desvío. Esto hace que el agua a presión que se desplaza a lo largo de la flecha, sea expelida y así, eliminar empaquetadura o sellos mecánicos en la superficie.

El lubricador tiene una válvula gotero de agua con visor que permite al operador inspeccionar y ajustar la cantidad de lubricante deseada. Las bombas con motor eléctrico tienen además una válvula de solenoide la que se abre y cierra automáticamente asegurando lubricación controlada cuando el equipo está funcionando. El lubricador tiene un recipiente con una capacidad de 3.7 litros cantidad suficiente para varios días de trabajo continuo.

Las bombas Johnston lubricadas por agua se lubrican con el mismo líquido que están bombeando. Agua para prelubricar la flecha antes del arranque puede ser introducida a la columna por un orificio en el cabezal de descarga. La columna lubricada por agua tiene el nuevo porta-chumacera tipo "J". Este puede ser usado dos veces. Para ser usado la segunda vez, se invierte y coloca nuevamente. (Vease la ilustración). Esto hace innecesaria la reparación o sustitución de la flecha que la chumacera operara en una parte que no ha sido usada.

El porta-chumacera del tipo "J", debido a su doble uso, simplifica el mantenimiento y reduce los costos de reparación. No tiene rosca, se instala fácilmente y está equipado con chumaceras de hule que se aseguran por medio de las proyecciones que tienen en sus extremos. Las chumaceras tienen ranuras interiores en espiral que sirven para eliminar sólidos que puedan entrar entre este y la flecha. La flecha está recubierta en cromado los puntos de contacto con la chumacera. A velocidades superiores a 2000 RPM las chumaceras se encuentran espaciadas cada 5 pies. A velocidades menores de 2000 RPM la distancia entre chumaceras es de 10 pies.

CURVE NO. 12MCAF-2

DEVELOPMENT PROJECT M.F. 6

CHANGE EFFICIENCY AS FOLLOWS	NUMBER OF POINTS	FOR NUMBER OF STAGES
LOWER	3	1
"	2	2
"	1	3
RAISE	1	6 OR MORE

NOTE: ANY CHANGE IN EFFICIENCY CHANGES BOTH TOTAL HEAD AND HORSE POWER IN PROPORTION.

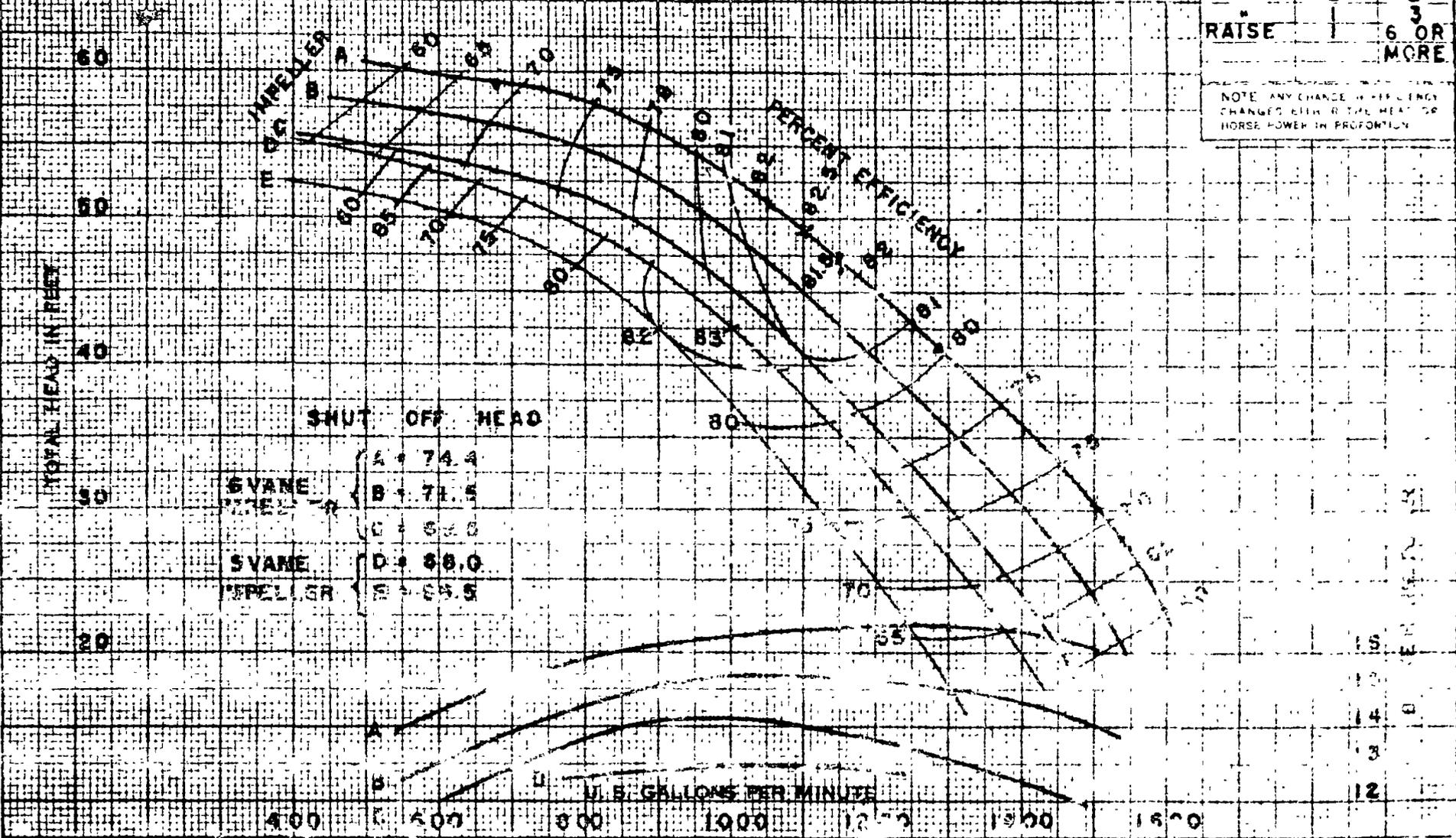


FIGURA 4

HYDRAULIC PERFORMANCE is contingent on the well furnishing the pump with the specified amount of clear, fresh, non-aerated water at a temperature of not to exceed 65 degrees Fahrenheit.

FAIRBANKS, MORSE & CO.
 P O M O N A W O R K S
 P O M O N A • C A L I F O R N I A

LABORATORY PERFORMANCE
 PER STAGE 12" MC DEEP WELL TURBINE
 PUMP OPERATED AT 1760 R. P. M.
 FIELD LOSS MUST BE DEDUCTED



FIGURA 5

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA PROFUNDIDAD DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO AL NIVEL DEL AGUA EN UN POZO.

PROCEDIMIENTO DE LA SONDA NEUMATICA

Este procedimiento consiste en colocar tubería galvanizada o de cobre de 1/8" (3.2 mm) ó 1/4" (6.3 mm) dentro del pozo. (Se puede utilizar también manguera de hule o plástico)

La longitud de esta tubería debe ser 10' ó 20' (3.10 m. ó 6.20 m.) mayor que el más bajo nivel de bombeo.

ES NECESARIO CONOCER LA LONGITUD EXACTA DE LA TUBERIA.

Todas las uniones deberán estar selladas para evitar fugas de aire.

La parte superior de la tubería se debe sujetar perfectamente bien a la parte superior del pozo (ver dibujo). Se conecta una válvula de retención para aire (del tipo usado en llantas neumáticas) al extremo del tubo y un manómetro en la parte superior de éste.

Con la ayuda de una bomba para inflar llantas o cualquier otro suministro de aire, se inyecta éste a la tubería hasta que la aguja indicadora del manómetro se estabiliza, o sea que si se bombea más aire, la posición de la aguja no cambia.

En el dibujo: A = Profundidad del agua en pies ó metros (desconocida).

B = Presión del agua (convertida a pies ó metros) en la tubería (se obtiene del manómetro).

C = Longitud de la tubería (conocida).

$A = C - B$

Profundidad del agua = Longitud de la tubería—lectura del manómetro (en pies ó metros).

Existen manómetros tipo "altura" que dan lecturas directas en pies—columna de agua. Si se tiene un manómetro con escala en psi, multiplique la lectura en psi por 2.31 para obtener la equivalencia en pies—columna de agua.

Si se tiene un manómetro con escala en Kg/cm², multiplique la lectura en Kg/cm² por 10, para obtener la equivalencia en metros columna de agua.

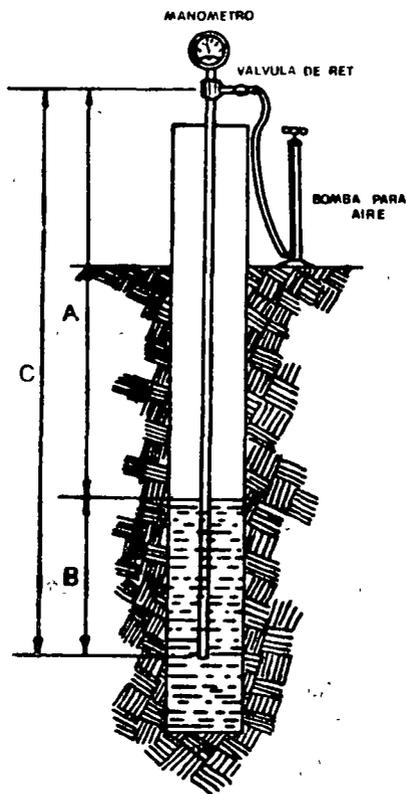
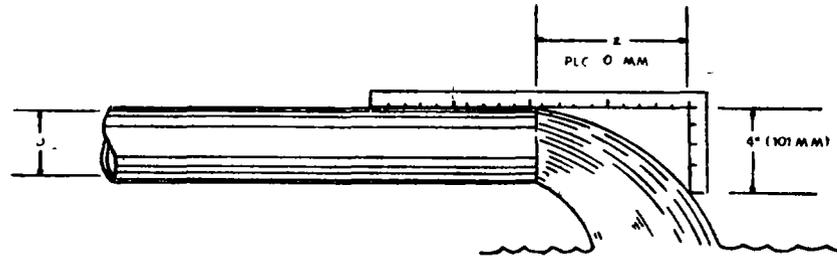


FIGURA 6

COMO DETERMINAR EL GASTO DE UNA BOMBA.

SISTEMA DE LA ESCUADRA.



LONGITUD Z	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (en PULGADAS)											VELOCIDAD PROMEDIO DEL LIQUIDO PIES - SEG	
	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10		12
	25	32	38	51	61	76	101	127	152	203	254	304	
	GASTO EN GALONES DE L. U. POR MINUTO												
1	5.7	9.8	13.3	22.0	31.2	48.5	83.5						2.1
5	7.1	12.2	16.6	27.5	39.0	61.0	104	163					2.6
6	8.5	14.7	20.0	33.0	47.0	73.0	125	195	285				3.1
7	10.0	17.1	23.7	38.5	55.0	85.0	146	228	334	580			3.7
8	11.3	19.6	26.5	44.0	62.5	97.5	166	260	380	665	1060		4.2
9	12.8	22.0	29.8	49.5	70.0	110	187	293	430	750	1190	1660	4.7
10	14.2	24.5	33.2	55.5	78.2	122	208	326	471	810	1330	1910	5.3
11	15.6	27.0	36.5	60.5	86.0	134	229	360	525	915	1460	2100	5.8
12	17.0	29.0	40.0	68.0	94.0	146	250	390	570	1000	1600	2270	6.2
13	18.5	31.5	43.0	71.5	102	158	270	425	630	1080	1730	2400	6.9
14	20.0	34.0	46.5	77.0	109	170	292	446	670	1160	1860	2590	7.4
15	21.3	36.3	50.0	82.5	117	183	312	490	710	1250	2000	2780	7.9
16	22.7	39.0	53.0	88.0	127	196	334	520	760	1340	2170	2960	8.4
17		41.5	56.5	93.0	131	207	355	550	810	1430	2260	3140	9.1
18			60.0	99.0	144	220	375	590	860	1500	2390	3330	9.7
19				110	148	232	395	620	910	1580	2520	3500	10.4
20					156	244	415	670	950	1660	2660	3700	10.9
21						256	435	685	1000	1750	2800		11.4
22							460	720	1050	1830	2920		11.8
23								750	1100	1910	3060		12.4
24									1140	2000	3200		13.0

INSTRUCCIONES

Colocando una escuadra graduada en pulgadas o centímetros, (la cual debe tener un lado que mida 4" o 10.1 cm. como en la figura), en la parte superior del tubo de descarga horizontal, se mide la longitud "Z" cuando la parte de 4" (10.1 cm.) toca escasamente el chorro de agua. Conociendo el valor de esta longitud y el diámetro interior del tubo, podemos saber el gasto de la bomba.

Ejemplo.- Si "Z" es 10" y el diámetro del tubo es 4", el gasto que nos da la bomba es 208 G P M ("Z" en la columna izquierda, 4" en la séptima columna y 208 en la intersección de las líneas).

Para diámetros de tubo diferentes a los de la tabla, el gasto se determina con la siguiente fórmula:

$$Q (GPM) = "Z" \times 1.28 D^2$$

Donde: D=Diámetro interior del tubo (en pulgadas).

Z=Longitud del chorro (en pulgadas).

NOTA: Este es sólo un sistema aproximado para obtener datos preliminares, que pueden variar considerablemente de la realidad. Si se desean datos más precisos, use un medidor de orificio.

FIGURA 7

COMO DETERMINAR EL GASTO DE UNA BOMBA

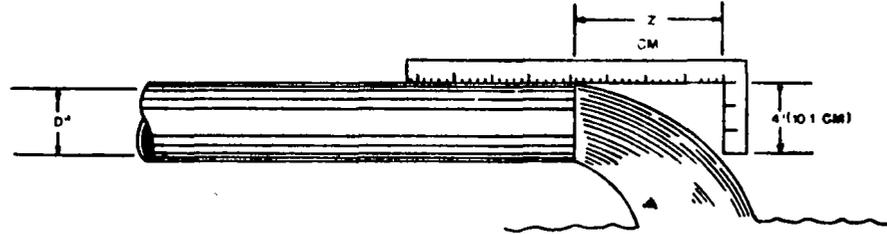


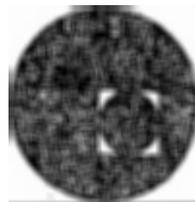
Fig.	DIAMETRO INTERIOR DE TUBO							Fig.	DIAMETRO INTERIOR DE TUBO						
	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"		2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
mm	63	76	101	127	152	203	254	mm	63	76	101	127	152	203	254
Z	GASTO EN LITROS POR SEGUNDO							Z	GASTO EN LITROS POR SEGUNDO						
cm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	cm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
10	1.9	2.9						37	7.3	11	19	30	43	76	119
11	2.2	3.2	5.6					38	7.5	11	19	31	44	78	123
12	2.4	3.5	6.1					39	7.7	11	20	31	45	80	126
13	2.6	3.8	6.6	10				40	7.9	12	20	32	46	82	
14	2.8	4.0	7.1	11				41	8.1	12	21	33	47	84	
15	3.0	4.3	7.7	12				42	8.3	12	21	34	49	87	
16	3.2	4.6	8.2	13	18			43	8.5	12	22	35	50	89	
17	3.4	4.9	8.7	14	20			44	8.7	13	22	35	51	91	
18	3.6	5.2	9.2	15	21	37		45	8.9	13	23	36	52	93	
19	3.8	5.5	9.7	15	22	39		46	9.1	13	23	37	53	95	
20	4.0	5.8	10	16	23	41	66	47	9.3	14	24	38	54	97	
21	4.2	6.1	11	17	24	43	68	48	9.5	14	24	39	55	99	
22	4.4	6.4	11	18	25	45	71	49	9.7	14	25	40	57	101	
23	4.6	6.6	12	19	27	47	74	50	9.9	14	26	40	58	103	
24	4.8	6.9	12	19	28	49	77	51	10	15	26	41	59	105	
25	5.0	7.2	13	20	29	52	81	52	10	15	27	42	60	107	
26	5.2	7.5	13	21	30	54	84	53		15	27	43	61	109	
27	5.4	7.8	14	22	31	56	87	54		16	28	44	62	111	
28	5.6	8.1	14	23	32	58	90	55			28	44	64	113	
29	5.8	8.4	15	23	34	60	94	56			29	45	65	115	
30	6.0	8.7	15	24	35	62	97	57				46	66	117	
31	6.2	9.0	16	25	36	64	100	58				47	67	120	
32	6.4	9.2	16	26	37	66	103	59					68	122	
33	6.6	9.5	17	27	38	68	106	60					69	124	
34	6.7	9.8	17	27	39	70	110	61					70	126	
35	6.9	10	18	28	40	72	113	62					72	127	
36	7.1	10	18	29	42	74	116								

PARA DIAMETROS DE TUBO DIFERENTES A LOS DE LA TABLA, EL GASTO EN LPS SE DETERMINA MULTIPLICANDO "Z" x 0.00005 x D², SIENDO "D" EL DIAMETRO DEL TUBO EN mm.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA VI: AFOROS

6.2 INTERPRETACION

6.3 EFICIENCIA

ING. JOSE MARIA BOLIVAR

MARZO, 1978.





2.- Esta curva nos muestra los niveles de bombeo para cualquier caudal comprendido entre $Q = 0.00$ y el máximo, o un poco más, ha que se llegara en el aforo, aunque ese valor no se probará durante la prueba. Por ejemplo en la gráfica:

Para $Q = 40 \text{ }^1\text{t}/\text{seg}$. $ND = 11\text{m}$. $AH = 2\text{m}$.

3.- La curva muestra también cual es el caudal óptimo a que se deberá explotar el pozo. Tradicionalmente esta determinación se hace visualmente, en el punto donde la curva cambia su pendiente, pero esto no siempre es posible determinarlo, pues en curvas como la del ejemplo, donde los cambios de pendientes son suaves, el punto de quiebra puede ser prácticamente cualquiera.

Por tanto les sugiero utilizar un método de cálculo numérico más preciso: Recordemos que el óptimo funcionamiento de un pozo se logra en el punto donde, el producto de el caudal por la capacidad específica es máximo.

Calcularemos primero los abatimientos, en los diversos caudales probados, restando a los niveles dinámicos el nivel estático, obtenemos así la Δh .

Con cada caudal y su correspondiente abatimiento calcularemos las capacidades específicas:

$$\text{Capacidad específica} = \frac{Q}{\Delta h} = \frac{1\text{t}}{\frac{\text{seg}}{\text{m}}}$$

Observemos que la capacidad decrece a medida que se incremente el caudal. O sea que el incremento en el caudal, significa incrementos en el nivel dinámico mayores a los que se obtuvieron en el caudal, lo que implica agua cada vez más cara por el consumo de energía que implica su extracción.

Multiplicaremos ahora las capacidades específicas por el caudal para ver donde este valor es máximo.

En el ejemplo se probaron primero los caudales aforados encontrándose el máximo de $852.6 \text{ m}^5/\text{seg}$ para $Q=90 \text{ l}^t/\text{seg}$ disminuyendo los valores en ambos sentidos de Q .

Ahora se probará si ese es efectivamente el valor máximo en la curva probando valores cercanos al máximo. En el ejemplo se probaron los caudales 110 y $100 \text{ l}^t/\text{seg}$ que resultaron también menores y por último el de $80 \text{ l}^t/\text{seg}$ que resulto ligeramente mayor $853.3 \text{ m}^5/\text{seg}$. Este sería el caudal óptimo de explotación.

El hecho de establecerse cual es el caudal óptimo no implica necesariamente que sea el de explotación real, pero sí marca aquel en que la extracción del agua es mas económica, al equilibrar la inversión realizada con los consumos de energía. A la izquierda de este punto estaremos obteniendo agua barata pero por abajo de la capacidad del pozo o sea que desperdiciamos parte de la inversión. A la derecha del punto óptimo, utilizamos intensamente el pozo, pero la baja capacidad específica encarece el bombeo en mayor proporción.

Otros tipos de curvas. Una gráfica de aforo debe incluir el punto en que se localiza el caudal óptimo pero esto puede no ocurrir o encontrarse cambios de pendiente en, sentidos opuestos. Ilustraremos estos casos en las figs. 2 y 3.

En la fig. 2 tenemos una curva que se asemeja a la recta o sea que no presenta cambios de pendiente. En ella el valor Q^2/Ah crece dentro del rango de la curva de aforo. En otras palabras, la bomba no fue capaz de extraer el caudal que el pozo ofrece. Esta prueba de aforo no es válida y por tanto deberá repetirse, si se pueden utilizar mas de los $70 \text{ l}^t/\text{seg}$ aforados.

INTERPRETACION DE PRUEBAS DE AFORO

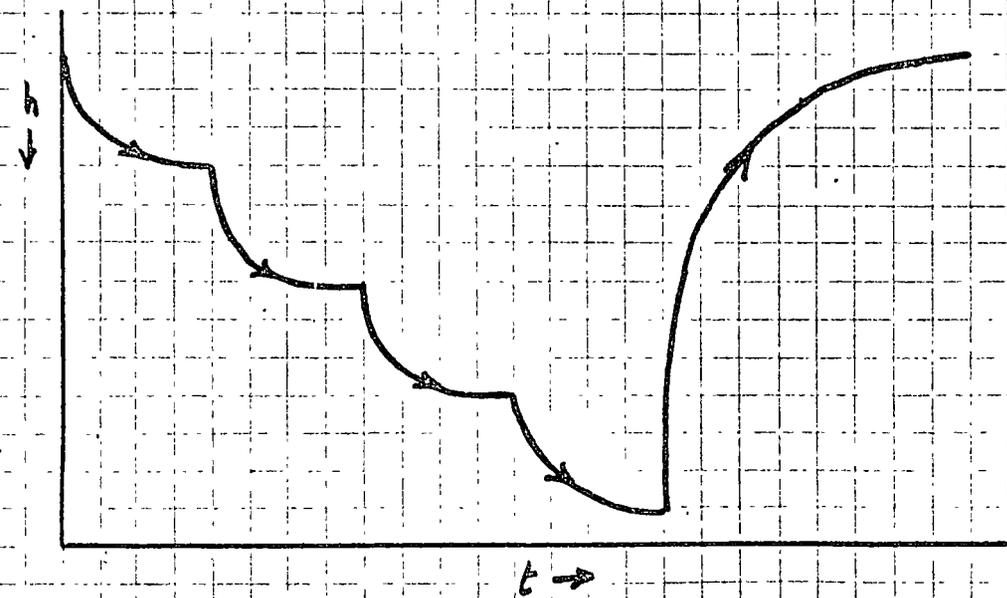
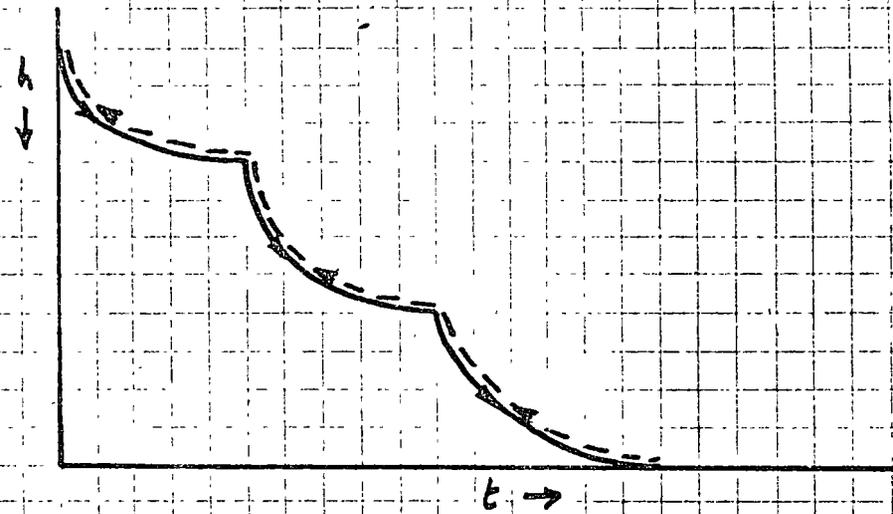
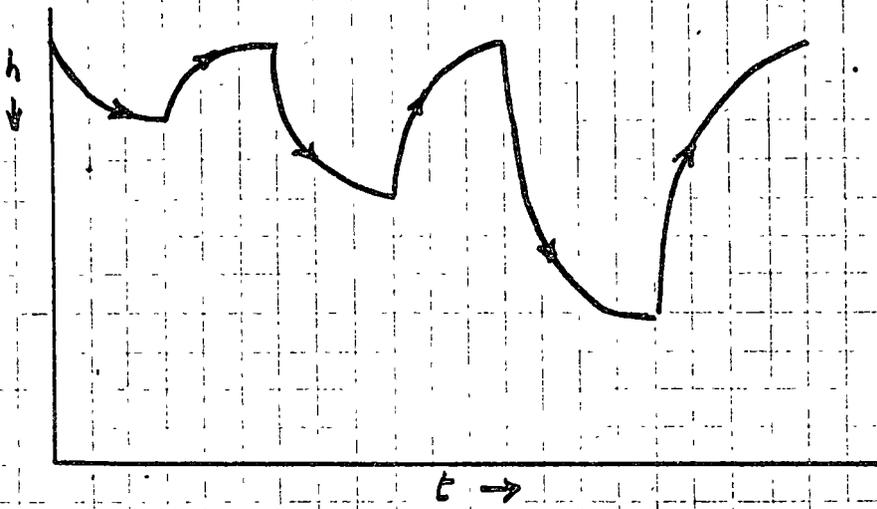
La prueba de aforo y su posterior interpretación viene a ser la culminación del proceso constructivo del pozo pues es la que muestra la cantidad de agua que se podrá captar gracias a la obra y seleccionar la bomba con la cual se extraerá.

Practicamente se ha establecido que una duración que resulta adecuada para estas pruebas es la de 72 hr. continuas, pero a veces es suficiente 48 hr. de duración. En último caso se requerirá de un tiempo tal, que se alcance a estabilizar el nivel dinámico en cada escalón de bombeo.

La programación de una prueba de bombeo puede establecerse según tres diferentes criterios:

- 1.- Bombeos crecientes permitiendo en cada escalón la recuperación, (fig. 1). Es un metodo muy poco usado por lo poco práctico pues implica mucho tiempo parado, mientras se espera la recuperación.
- 2.- Bombeos crecientes y decrecientes con valor repetidos en ambos sentidos. Este método se emplea frecuentemente tiene la ventaja de que cada escalón de bombeo se comprueba dos veces, pero el inconveniente de obtenerse pocos puntos para la curva a no ser que la prueba fuera muy larga, además no permite medir la recuperación del pozo, lo cual es útil para el cálculo de la transmisibilidad del acuífero.
- 3.- Bombeos Crecientes sin recuperación. Probablemente sea el método que ofrece mayores ventajas, pues como todo el tiempo se emplea en un bombeo descendente, se pueden tomar numerosos escalones aunque sin verificación (en caso de que alguno se salga de la pauta de la curva se desecha).

CALCULO
DIFERENCIAL



A partir del último escalón y al finalizar este se inician las lecturas de recuperación del nivel estático, con los cuales es posible establecer la transmisibilidad del acuífero. En la fig. 1 se ilustran los tres métodos.

INTERPRETACION:

Sea cual sea el método empleado, para realizar el aforo las lecturas de niveles, ya, establecidos se grafican contra los caudales correspondientes como ^{se} muestra en la Fig. 2

Con objeto de que resulte mas claro el proceso lo ilustraremos con un ejemplo:

Supongamos que los valores que aparecen en la parte superior de la gráfica corresponden a los obtenidos durante una prueba de aforo, en los niveles donde se establecieron los niveles dinámicos despues de cierto tiempo de bombeo con los caudales correspondientes.

- 1.- En el eje de las abcisas graficaremos los caudales y en el de las ordenadas los niveles del espejo del agua, de modo que cada caudal con su correspondiente nivel dinamico nos señalen un punto.

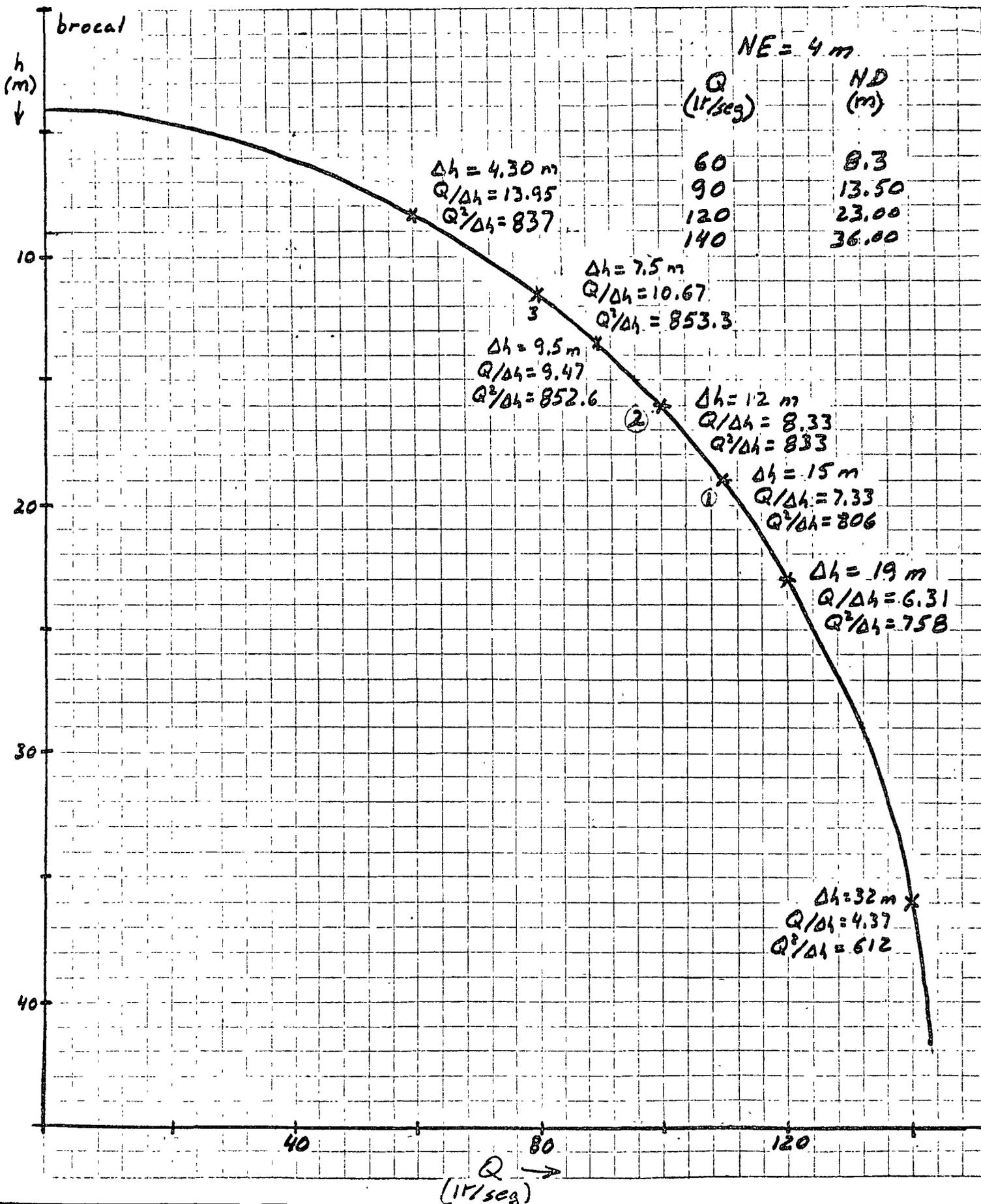
Resulta práctico señalar en la parte superior del eje de profundidades como cota 0.00 el brocal del pozo, que sirve de referencia a partir de la cual se toman las lecturas. Se marcará también la posición del nivel estático que lógicamente corresponde a un caudal 0.00

Una vez graficados todos los pares de valores se obtendrá una curva de forma parecida a la del ejemplo:

W. J. J. A.
 C. M. R. I. C. A. S.

CALCULO
 FECHA

HOJA DE



2.- Esta curva nos muestra los niveles de bombeo para cualquier caudal comprendido entre $Q = 0.00$ y el máximo, o un poco más, ha que se llegara en el aforo, aunque ese valor no se probará durante la prueba. Por ejemplo en la gráfica:

$$\text{Para } Q = 40 \text{ } \frac{1\text{t}}{\text{seg.}} \text{ ND} = 11\text{m. AH} = 2\text{m.}$$

3.- La curva muestra también cual es el caudal óptimo a que se deberá explotar el pozo. Tradicionalmente esta determinación se hace visualmente, en el punto donde la curva cambia su pendiente, pero esto no siempre es posible determinarlo, pues en curvas como la - del ejemplo, donde los cambios de pendientes son suaves, el punto de quiebra puede ser prácticamente cualquiera.

Por tanto les sugiero utilizar un método de cálculo numérico mas preciso: Recordemos que el óptimo funcionamiento de un pozo se logra en el punto donde, el producto de el caudal por la capacidad específica es máximo.

Calcularemos primero los abatimientos, en los diversos caudales probados, restando a los niveles dinámicos el nivel estático, obtenemos así la Δh .

Con cada caudal y su correspondiente abatimiento calcularemos las capacidades específicas,

$$\text{Capacidad específica} = \frac{Q}{\Delta h} = \frac{1\text{t}}{\frac{\text{seg}}{\text{m}}}$$

Observemos que la capacidad decrece a medida que se incremente el caudal. O sea que el incremento en el caudal, significa incrementos en el nivel dinámico mayores a los que se obtuvieron en el caudal, lo que implica agua cada vez mas cara por el consumo de energía que implica su extracción.

Multiplicaremos ahora las capacidades específicas por el caudal para ver donde este valor es máximo.

En el ejemplo se probaron primero los caudales aforados encontrándose el máximo de $852.6 \text{ m}^5/\text{seg}$ para $Q=90 \text{ l}^t/\text{seg}$ disminuyendo los valores en ambos sentidos de Q .

Ahora se probará si ese es efectivamente el valor máximo en la curva probando valores cercanos al máximo. En el ejemplo se probaron los caudales 110 y $100 \text{ l}^t/\text{seg}$ que resultaron también menores y por último el de $80 \text{ l}^t/\text{seg}$ que resulto ligeramente mayor $853.3 \text{ m}^5/\text{seg}$. Este sería el caudal óptimo de explotación.

El hecho de establecerse cual es el caudal óptimo no implica necesariamente que sea el de explotación real, pero sí marca aquel en que la extracción del agua es mas económica, al equilibrar la inversión realizada con los consumos de energía. A la izquierda de este punto estaremos obteniendo agua barata pero por abajo de la capacidad del pozo o sea que desperdiciamos parte de la inversión. A la derecha del punto óptimo, utilizamos intensamente el pozo, pero la baja capacidad específica encarece el bombeo en mayor proporción.

Otros tipos de curvas. Una gráfica de aforo debe incluir el punto en que se localiza el caudal óptimo pero esto puede no ocurrir o encontrarse cambios de pendiente en, sentidos opuestos. Ilustraremos estos casos en las figs. 2 y 3.

En la fig. 2 tenemos una curva que se asemeja a la recta o sea que no presenta cambios de pendiente. En ella el valor Q^2/Ah crece dentro del rango de la curva de aforo. En otras palabras, la bomba no fue capaz de extraer el caudal que el pozo ofrece. Esta prueba de aforo no es válida y por tanto deberá repetirse, si se pueden utilizar mas de los $70 \text{ l}^t/\text{seg}$ aforados.

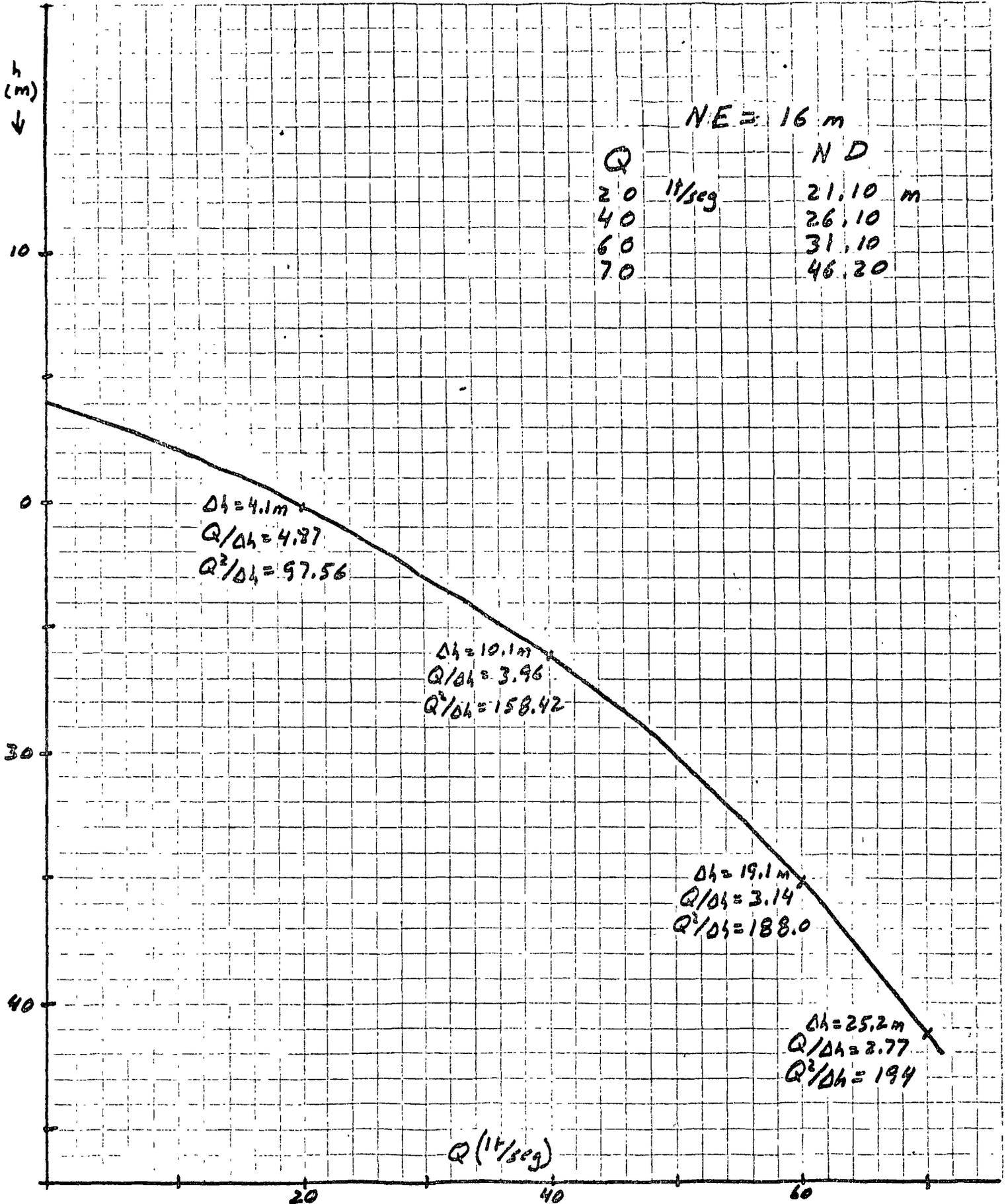
CLIENTE

CLIENTE

HOJA DE

CALCULO

FECHA

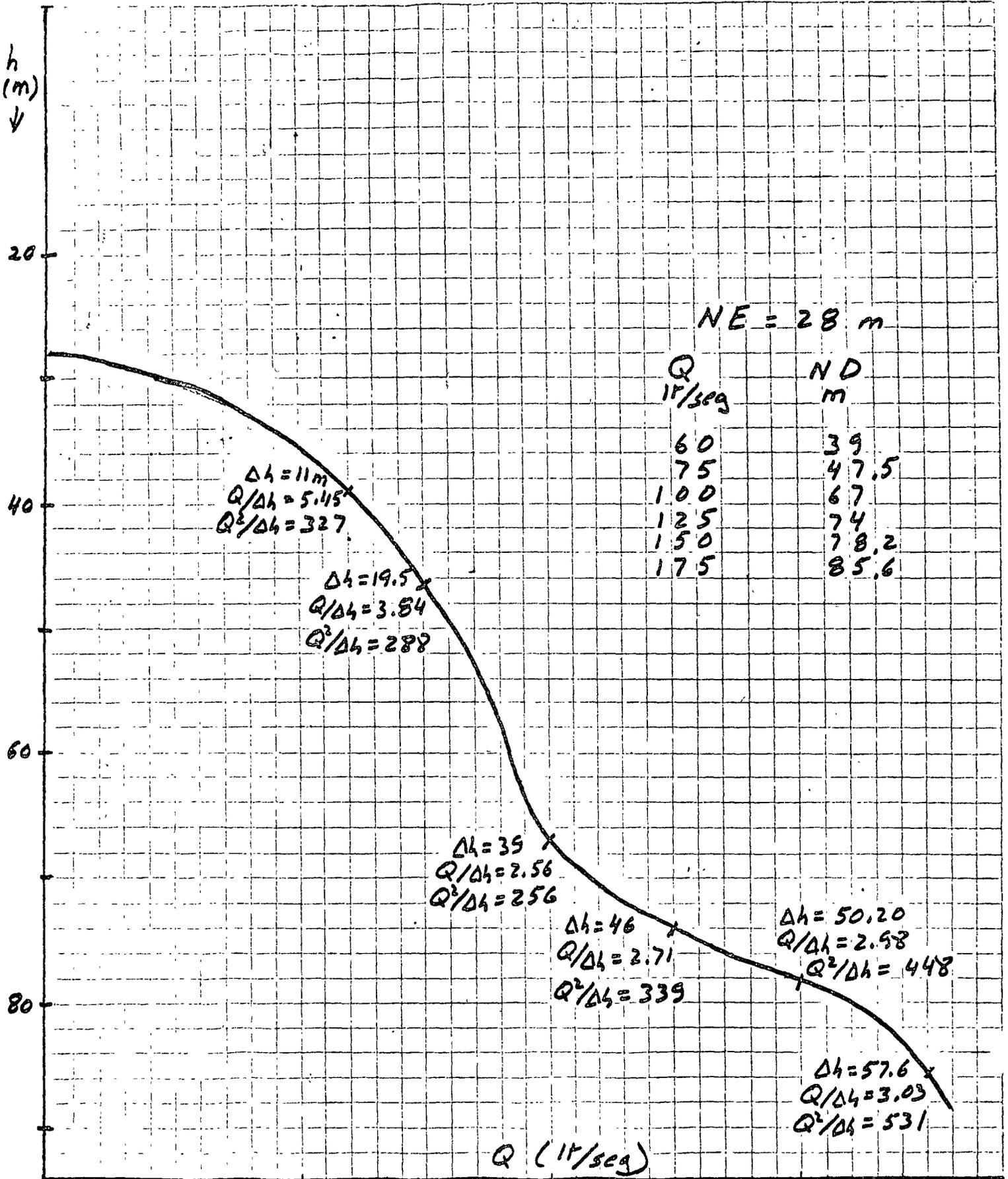


101
 DISEÑO

HOJA DL

CALCULO

FECHA



En la fig. 3 se muestra una curva en que a partir de un cierto caudal decrece la pendiente (en el ejemplo $90^{1t}/\text{seg}$). Vemos que hasta ese caudal las capacidades específicas decrecían, como es normal, pero a partir de él comienzan a incrementarse. Por otra parte Q^2/Ah , en la primera porción de la curva se encontrará en el entorno de los $60^{1t}/\text{seg}$, pero en la segunda porción de la curva vuelven a incrementarse los valores hasta el final de la curva.

Esta situación anómala se debe a que lo que se está realizando no es un aforo sino un desarrollo con bomba. Ese pozo no se había limpiado ni desarrollado correctamente antes del aforo y a partir de ese punto en que cambia la pendiente, empezó a provocarse un desptape de material que opturaba el entorno del pozo, durante el aforo esta situación se manifiesta generalmente por súbitas boqueadas, en que la bomba expulsa agua enturbiada por sólidos.

Una curva como esta no tiene ningún valor para la selección del equipo pues las características del pozo han variado sustancialmente durante el transcurso de la prueba. En estas condiciones será necesario proceder a un enérgico desarrollo y posteriormente repetir el aforo.

Selección de las características del equipo de bombeo definitivo.

Una vez establecido el caudal óptimo o aquel que mas convenga al propietario de la obra, se pedirá la bomba especificando: Caudal, nivel dinámico, carga dinamica total (incluyendo perdidas por conducción) y longitud de columna, y tipo de motor (combustión o eléctrico). Se acostumbra pedir, como mínimo una columna que coloque los tazonos 3 m bajo el nivel dinámico, para tener una adecuada sumergencia, pero si es posible es mas recomendable una sumergencia de 9m para prevenir posibles abatimientos regionales, o mas si el problema es eminente.

Utilizaremos, para ejemplificar, la fig. 1., y se tienen además los

siguientes datos:

El pozo se ha decidido explotarlo a su caudal óptimo.

El agua se subirá a un tanque de distribución cuya cota máxima se encuentra 10m. sobre el nivel del brocal.

Las pérdidas de conducción desde el pozo hasta el tanque equivalen a 2m.

La bomba se colocará 9m bajo el N.D., y se desea capacidad para bombear 6m., bajo ese nivel en previsión de futuras abatimientos

$$\text{Caudal} = 80^{1t}/\text{seg.}$$

$$\text{Columna} = 11.5\text{m.} + 9\text{m.} = 20.5 \text{ m.} \neq 21 \text{ m.}$$

Carga manométrica, sin incluir pérdidas por fricción en la bomba.

$$\text{C. M.} = 11.5 \text{ m.} + 6\text{m.} + 10\text{m.} + 2\text{m.} = 29.5 \neq 30\text{m.}$$

Estos datos son suficientes para seleccionar el equipo de bombeo.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA VII: DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPOS DE BOMBEO

7.1. Tipos de Bombas

- Centrifuga
- Turbina Vertical
- Sumergible

ING. ROBERTO FRANYUTTY

Marzo, 1978



CURSO DEL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

FACULTAD DE INGENIERIA

SEMINARIO SOBRE BOMBAS SUMERGIBLES

PRESENTADO POR :

ING. ROBERTO FRANYUTTI

CONTENIDO

- 1.- Introducción
- 2.- Diseño
- 3.- Operación y Mantenimiento
- 4.- Aplicación de las bombas sumergibles
- 5.- Por qué usar bombas sumergibles ?

1.- INTRODUCCION .-

La edad " de las bombas sumergibles " tuvo su comienzo en Europa a principios de los años 20 de este siglo, cuando en Rusia se tuvo la necesidad de bombear aceite de pozos profundos. A partir de esta aplicación, se vió que este tipo de bombas podría utilizarse también en el bombeo de agua. La compañía KSB, fué una entre las pocas empresas dedicadas a la fabricación de bombas, que se dió cuenta de la importancia de este nuevo concepto y empezó a investigar una aplicación más general en la industria cuando hubiera necesidad de bombear líquidos desde grandes profundidades.

La compañía KSB concentró sus primeros esfuerzos en construir este tipo de bombas estando el motor sumergido en el agua, es decir con sus embobinados y partes rotativas totalmente sumergidas en agua. Ya que en este tiempo no se disponía de sellos mecánicos ó cuando más, de sellos con poca calidad industrial, este tipo de motor sumergido destacó como el diseño más lógico. Naturalmente que en el inicio no había resultados prácticos de alguna aplicación semejante.

La experiencia no tardó mucho en demostrar que este tipo de motor mostraba ventajas, por la rápida disipación del calor generada por el motor. El tipo del recubrimiento del alambre de embobinado, resultaba en una seria inconveniencia en cuanto a la relación del diámetro del alambre contra el diámetro del cable. Esto se notaba más significativamente en motores de baja potencia y diámetros pequeños. De manera que al principio se enfocó la fabricación a motores de potencias altas.

Esta fué la razón más sobresaliente por la cual la KSB nunca intentó fabricar motores sumergibles de capacidades pequeñas.

Durante los primeros 10 a 15 años del desarrollo de bombas sumergibles, los fabricantes encontraban barreras técnicas debido a que el aislamiento del alambre era de hule natural. Sólomente a partir del descubrimiento del hule sintético y más tarde de los materiales plásticos -- y con ellos las ventajas del alambre correctamente aislado y a prueba de agua - empezaron los motores sumergibles a introducirse en el mercado del bombeo en pozos profundos. El peldaño hacia la fabricación de motores de alta potencia y voltaje, tales como 2300 y 6000 volts, fué sólomente una cuestión de tiempo y desarrollo.

Estos antecedentes significaron para la KSB el título como " El fabricante más experimentado en la fabricación de bombas sumergibles ". La fábrica KSB está dentro de las muy pocas compañías en el mundo que fabrican motores sumergibles con potencias mayores de 1000 HP.

El desarrollo de las bombas sumergibles en América tomó otra dirección. La bomba sumergible de 4" luchó por introducirse en el mercado de suministro de agua. No cabe duda que los fabricantes americanos con sus motores lubricados y enfriados por aceite, estuvieron a la cabeza en este campo. Durante los años 50 las bombas sumergibles de 4" fueron las que virtualmente llegaron a tener más aceptación. Durante el curso de los años 60, los motores sumergibles de 6" y 8" empezaron a competir contra las bombas tradicionales de turbina.(pozo profundo).

En ese tiempo no había ninguna razón aparente por la cual las bombas sumergibles de ese tamaño no pudieran introducirse en el mercado americano, como ya lo habían hecho en Europa 20 años antes. De esta manera la controversia entre la aplicación de las bombas verticales tipo turbina y las sumergibles, se ha definido más claramente. Las bombas sumergibles han adquirido tal aceptación, que el suministro de agua en la industria y el suministro municipal, raramente hecha mano de las bombas de flecha tipo turbina convencionales.

2.- D I S E Ñ O

2.1. Bombas sumergibles

La bomba sumergible es la adaptación de una bomba convencional de turbina de pozo profundo, que es más ó menos universalmente conocida. Sin embargo, las bombas sumergibles no están restringidas a impelentes de flujo mixto sólomente. El amplio rango de aplicaciones, que más adelante se expondrá, han definido el diseño tanto como de impulsores de flujo mixto, como de impulsores de flujo axial. En bombas más grandes de varios pasos y cuando el empuje axial es crítico para la chumacera de la bomba, se incluye la posibilidad de tener impelentes de doble succión.

2.2.1. Bombas de impelentes de flujo radial

La figura 1 muestra un arreglo típico de bombas sumergibles con impelentes de flujo mixto. La figura 2 muestra una bomba sumergible de flujo radial y pasos múltiples con doble succión. Como se puede ver de estas dos figuras, el líquido a bombear, entra entre el cuerpo de impulsores y el cuerpo del motor.

Materias extrañas son filtradas por el filtro que se encuentra entre estas dos partes. El diseño de este tipo de bombas, normalmente es de pasos múltiples.

Las carcasas están radialmente bipartidas con el difusor integrado, ya sea por fundición ó insertado. La flecha tiene cojinetes entre cada paso de la bomba, así como en la succión y en la descarga. Los materiales de fabricación son normalmente hierro fundido ó bronce para las carcasas, bronce para el impulsor y acero inoxidable para la flecha, aunque es posible elegir otros materiales, dependiendo de la aplicación específica que se le vaya a dar a la bomba, dependiendo del líquido a bombear.

2.1.2. Bombas de flujo mixto.

El diseño general de esta bomba es semejante al de la radial antes descrito.

2.1.3. Flujo axial ó bombas de propela.

Existen dos diseños disponibles. El primer diseño es semejante al descrito anteriormente, el segundo es como el que se muestra en la figura 3 y su aplicación es generalmente para el control de inundaciones, drenaje ó semejantes, siendo las bombas hasta de 24" de diámetro.

2.2. Motores sumergibles.

El diseño básico, como se muestra en la figura 4, de los motores sumergibles permanece invariable para toda la gama de potencias. Los motores son llenados con agua potable. Sólomente se puede notar diferencias pequeñas en el diseño general del motor en sus partes de enfriamiento y en el estator.

El relleno con agua potable fué seleccionado por las siguientes razones :

El agua como enfriamiento es un excelente medio de transferencia de calor. Disipa el calor rápida y eficientemente, evita puntos aislados calientes y mantiene a los bobinados frescos. Este hecho toma más importancia cuando se trata de motores de potencias altas, donde el área de transferencia de calor es menor en relación al calor generado.

Algunos diseños de motores tienen un sistema interno auxiliar de recirculación para proveerlos de mejor enfriamiento.

En cuanto a la eficiencia se refiere, hay dos factores que influyen especialmente:

- a) El claro entre el rotor y el estator.
- b) La viscosidad del líquido que envuelve al rotor. Las pérdidas por fricción son directamente proporcionales a la viscosidad. De lo cual podemos concluir que el agua es mejor que el aceite, ya que genera menos pérdidas.

Para motores de gran tamaño en servicio continuo, el consumo de potencia es muy importante factor económico.

Por esto, las eficiencias merecen una atención muy especial.

A continuación se explican brevemente las ventajas y desventajas entre un relleno con agua y una con aceite.

L U B R I C A C I O N

El argumento de que el agua no es tan buen lubricante como el aceite, es sólo una verdad a medias. A lo que nos referimos, es que si se seleccionan los materiales adecuados, siendo esta selección el producto de la experiencia y el " Know-how ", el agua es tan buena como el aceite.

Finalmente la lubricación por agua es muy simple, ya que no requiere ni - filtros, ni depósitos especiales, como sería el caso de una lubricación por aceite, además el agua necesaria para rellenar al motor es algo fácil de conseguir.

S E L L O S :

El interior del motor de una bomba KSB sumergible, está relleno con agua normal de la llave. El embobinado del motor está completamente rodeado por esta agua. No es necesario ningún elemento para mantener agua fuera de este compartimiento, ya que el motor está diseñado para trabajar en estas condiciones.

Diseños con relleno de aceite dependen enteramente de un sellado perfecto para prevenir el agua del exterior entre al motor. Otros diseños hacen uso de envases de acero inoxidable para aislar el embobinado del agua. Pero - tanto el sello mecánico como el envase pueden fallar ocasionando escurrimiento del agua, estropeándose así el motor.

El motor KSB relleno con agua también incluye un sello mecánico. Su primera función sin embargo, no es la de mantener el agua fuera del motor, sino para prevenir la entrada de arena ó elementos abrasivos dentro del motor. Si el sello mecánico dejara de funcionar como originalmente previsto, el motor generalmente no pierde sus condiciones de funcionamiento, no siendo así el caso de los motores llenados con aceite.

CONTAMINACION:

Motores rellenos de aceite usados para el suministro de agua, pueden contaminar al agua que se bombea, si se tienen fallas en el sello. Pero en el caso de los motores rellenos de agua no se presenta obviamente este problema .

La carcasa del estator está maquinada internamente. El laminado del estator está hecho de lámina de metal dynamoy embutidas en la carcasa del estator. Los embobinados colocados en la laminación del estator están hechas de cobre ya sea en forma sólida ó de alambre con un aislamiento de material sintético, tal como " P V C " ó " P E ", siendo este último el más apto para temperaturas altas. Actualmente existen materiales aislantes para voltajes hasta de 6 KV.

Materiales aislantes para voltajes de 10 KV y mayores, se encuentran actualmente en desarrollo. Cabe notar que la KSB introdujo el primer motor de 6 KV.

La técnica de embobinado para motores sumergibles es también utilizada en bombas para la alimentación de calderas. Estas bombas han demostrado su confiabilidad en múltiples aplicaciones. Motores de 6 KV y con potencia de salida hasta de 3300 HP, están dentro del programa de fabricación normal. Para motores mayores de 3300 HP se requiere de aislamientos muy especiales, ya que su alimentación es de 10 KV. Este aislamiento está todavía en vías de perfeccionamiento.

Los extremos del embobinado están soportados de tal manera que no llegan a rozar con las carcasas de baleros. Baffles de hule colocados en la parte inferior de la carcasa determinan la posición de los embobinados.

Las ranuras donde se han de colocar los embobinados del estator van previstas con una laminita protectora, lo cual facilita y protege la colocación de los embobinados y a su vez ya estando en servicio el motor, se disminuye la posibilidad de que por fricción se estropee el aislamiento.

Las flechas están soportadas por dos baleros. Los bujes guías están hechos de bronce y en bombas de mayor tamaño el metal está impregnado con grafito, procurando darse en los dos casos un maquinado muy fino.

La flecha del rotor del motor soporta al laminado del rotor, siendo estas láminas de material Dynamo. El rotor contiene además barras y anillos en corto circuito. Las conexiones en corto circuito están cobrizadas. Un anillo de bronce se coloca detrás de cada anillo en corto circuito para facilitar el balanceo del rotor.

El empuje axial de la bomba está soportado por una chumacera tipo Kingsbury.

La cara del anillo de empuje está cubierta por una capa muy delgada de material sintético. El empuje admisible para este material, es de 420 Psi para motores de 2 polos, ya sea de 50 ó 60 cps. y de 280 psi para motores de 4 polos igualmente de 50 y 60 cps.

Al fondo de la carcasa de chumaceras se localiza un diafragma de hule. Esto tiene su razón, ya que es el compensador de expansión del agua de enfriamiento del motor y evita la formación de presiones al elevarse la temperatura del motor.

3.- HISTORIA DE SERVICIO Y MANTENIMIENTO

El número de bombas sumergibles en servicio es innumerable. Para dar un ejemplo, tenemos un cliente que tiene 2000 bombas sumergibles en servicio, cuya totalidad requiere 360 MW de potencia a la entrada, que nos resulta por unidad aprox en 250 HP. Las bombas más grandes instaladas por este cliente son de 6KV de --, 2200 HP, y cuya velocidad de operación es de 1500 rpm. Estas quizás son las bombas sumergibles más grandes del mundo.

A través del tiempo se han logrado mejoras en el diseño de este tipo de bombas, lo cual se refleja en el servicio que llega a ser hasta de -- 60,000 horas por equipo. Naturalmente que la vida útil de estas bombas está dado por el líquido que se bombea, contenido en sólidos y otros factores. En este sentido las bombas sumergibles no difieren grandemente en su diseño comparadas a las llamadas de pozo profundo (tipo turbina). Como hemos visto anteriormente el motor no se vé afectado grandemente por la calidad del agua bombeada. Para citar el ejemplo del cliente antes -- mencionado, las bombas con motores de 6 Kv y potencias de 1100 HP, han estado en servicio por 45,000 horas. Este motor nunca ha sido reparado y todavía está en servicio. Generalmente se recomienda una revisión periódica de los motores cada 3 años, así como del aislamiento, el nivel del agua del motor, profundidad del agua en el pozo y condiciones de carga de la bomba. También se recomienda la medición del voltaje y corriente, cada 3 meses.

El historial acumulado en estas revisiones periódicas, nos informa de una manera excelente las condiciones, tanto del pozo, como del servicio propio de la bomba y nos dá un lineamiento para el mantenimiento del equipo.

4.- Aplicación de las bombas sumergibles

La aplicación de las bombas sumergibles, varía desde el servicio público, hasta para usos domésticos en aprovisionamiento de agua, también en la industria y en la minería (drenaje de minas), drenaje de la tierra, desalajamiento de agua para propiciar excavaciones secas, bombeo de gasolina, -- aceite y gás líquido, y otros.

A continuación damos ejemplos de las aplicaciones que tienen estos equipos.

4.1. - Utilización de bombas sumergibles en la minería a campo abierto.

Para este campo de aplicación se utilizan bombas de fabricación normal así como algunas de diseño especial, ver figura 2.

Esta bomba es de doble succión con 11 pasos y trabaja a 1480 rpm. Sus condiciones de trabajo son 1000 m³/h con una carga de 350 m.

La figura 5 muestra las curvas características de la bomba con una eficiencia máxima de 80%. Una instalación típica se muestra en las figuras 6 y 7.

La bomba más grande de este tipo, nos proporciona un gasto de 1800 m³/h y una carga de 270 m.. El motor de 6 KV entrega 2150 HP. Esta bomba se muestra en las figuras 8 a 12.

4.2.- Minería bajo tierra

En las minas de carbón se utiliza este tipo de bombas para drenar el agua que se acumula en los túneles de excavación .

Dependiendo de la profundidad del nivel de la mina donde se encuentra la bomba sumergible, éstas bombearán directamente a la superficie ó a un cárcamo recolector del cual se rebombeará a la superficie. Ver figura 13.

Aquí, el agua acumulada en el 4^o piso de las minas de "REDEM" del conjunto minero " SAAR " es bombeada al 2^o piso a través de dos bombas sumergibles y de ahí nuevamente bombeada por medio de equipos convencionales hacia la superficie.

Las ventajas del drenado en minas bajo tierra utilizando bombas sumergibles en lugar de sistemas horizontales convencionales, son las siguientes:

- a).- Ahorro considerable en cuanto al personal de servicio, ya que no se necesitan cuartos ni fundamentos especiales para las bombas.
- b).- Sumergencia completa garantizada.
- c).- No hay problemas de succión.
- d).- Un sistema 100% a prueba de explosión .

La figura 14, nos muestra una bomba sumergible que bombea 260 m³/h, de agua sucia y agresiva a 220 m. Su eficiencia es de 80% y la eficiencia del motor 88%. El voltaje es de 500 y su velocidad 2935 rpm.

4.3.- Bombas sumergibles para el manejo de aceite crudo, subproductos de éste y gas líquido.

El almacenamiento subterráneo de aceite crudo, derivados del petróleo y gas líquido, cobra cada vez más importancia ya que ofrece ventajas económicas notables al compararlas con el almacenamiento tradicional en tanques, además de sus ventajas propias por su alta seguridad ya que se minimizan los peligros de explosión y contaminación ambiental.

Este tipo de almacenamiento se prefiere para productos como petróleo, aceite diesel, aceites combustibles, gasolina y gas líquido (propano y butano). Este procedimiento es utilizado por refinerías, plantas eléctricas y la industria militar. Las cavernas pueden ser minas abandonadas ó cavidades grandes hechas en minas de sal. Aunque la mayoría de este tipo de almacenes se logra por la perforación directa en roca masiva.

Este procedimiento nuevo ha tenido éxito en los países escandinavos, ya que disponen ellos de un subsuelo rocoso.

En la figura 15, vemos un arreglo típico de 4 excavaciones en una mina de sal cerca de Rustringen Alemania, Federal.

En la figura 16, se muestra una excavación directa en roca.

La figura 17, muestra un acercamiento a las bombas en esta caverna.

El aceite por tener un peso específico menor que el agua, flota sobre ésta, que es la acumulación de derrames internos de la caverna y la cual se concentra en el fondo de la misma. El nivel del agua es controlado por medio de pequeñas bombas sumergibles evitándose así su inclusión en el bombeo del aceite almacenado.

4.4. Abastecimiento de agua

La aplicación que vemos en la figura 19, es una de las tantas que tienen las bombas sumergibles. Dos bombas sumergibles elevan agua desde un lago hasta la fábrica de papel " Alexander Forest " de la división de papel de la fábrica Mackenzie Pulp. Las bombas están colocadas horizontalmente en un fundamento incluido en el suministro del equipo, a una profundidad de 20 m bajo el nivel del agua.

La fábrica KSB suministró las unidades completas. La instalación de este equipo fué realizada por un grupo de buzos.

Los datos de estas bombas son : Gasto 1800 m³/h, Carga Dinámica 70 m., a una velocidad de 1770 rpm., y potencia de 650 HP.

4.5. Bombas sumergibles para prevención de incendios.

Las bombas sumergibles se usan con frecuencia como bombas contra incendio.

Se usan mucho en los puertos navales permanentemente sumergidas. Grandes instalaciones de este tipo se encuentran en Hamburgo y Rotterdam. Las ventajas de estas bombas en estos sitios son el que no se atascan por el hielo que se forma en la superficie del agua en invierno, lo cual las hace disponibles en todo tiempo.

4.6. Estaciones Booster

La demanda de este tipo de estaciones va en incremento. Nuestra casa matriz fabrica una diversidad de modelos de estaciones booster entre las cuales algunas van equipadas con bombas sumergibles. La figura 20 muestra 3 de estas estaciones. La presión de descarga se mantiene independiente de la presión de entrada. La ventaja de estas unidades, es que casi no necesitan mantenimiento y el nivel del ruido producido es muy bajo. Tampoco hay escurrimientos debido a juntas defectuosas ó fallas de sellos mecánicos, lo cual sucedería con una bomba común y corriente. En pocas palabras es un sistema listo para conectarse y trabajar, haciendo falta únicamente la instalación en la tubería.

5. Por qué usar bombas sumergibles ?

Vamos a resumir brevemente las ventajas de las motobombas sumergibles.

El problema que hemos querido resolver, es el de elevar agua evitándose las inconveniencias en la succión. Las bombas sumergibles nos solucionan este viejo problema de una manera óptima. Las bombas de pozo profundo han dominado el campo del bombeo desde grandes profundidades y con ello han almacenado gran experiencia en este tipo de operaciones, la cual se ha analizado para ser competitiva a la bomba sumergible. A continuación enlistamos las propiedades de la bomba sumergible que la hace elegible para la aplicación en pozos profundos :

Inversión inicial baja.

Definitivas ventajas económicas generales.

Operaciones de mantenimiento y reparación reducida.

Alto nivel de adaptabilidad.

Ahorrador de espacio en áreas muy pobladas.

Protégida contra elementos dañinos exteriores o vandalismo, etc.

Sin problemas en la succión o pérdida del cebado.

Adaptable aún en pozos fuera de la vertical.

Extremadamente silenciosos y libres de vibraciones.

Profundidad de instalación virtualmente sin límite, es decir el límite es la curva característica de la misma bomba.

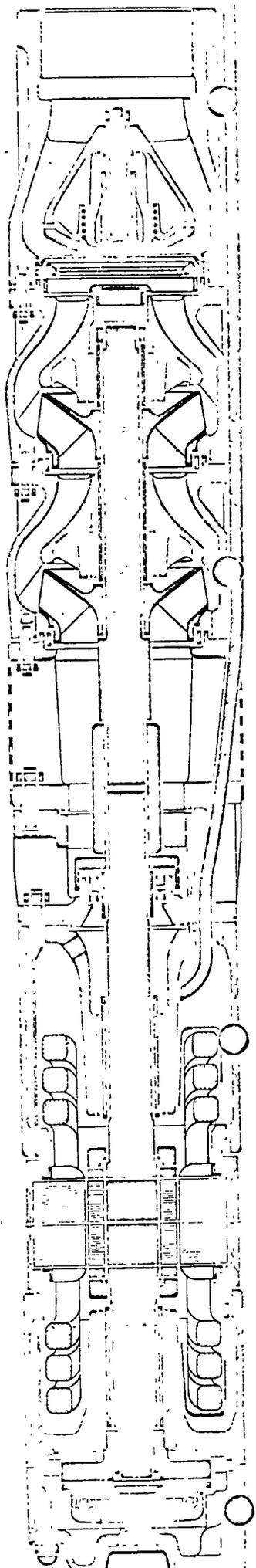


Fig. 1

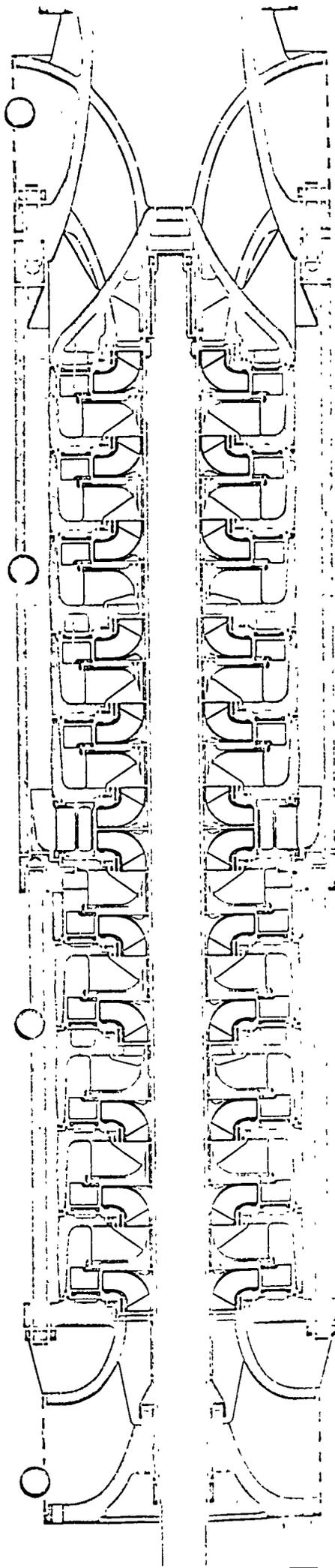


Fig. 2

Fig. 3

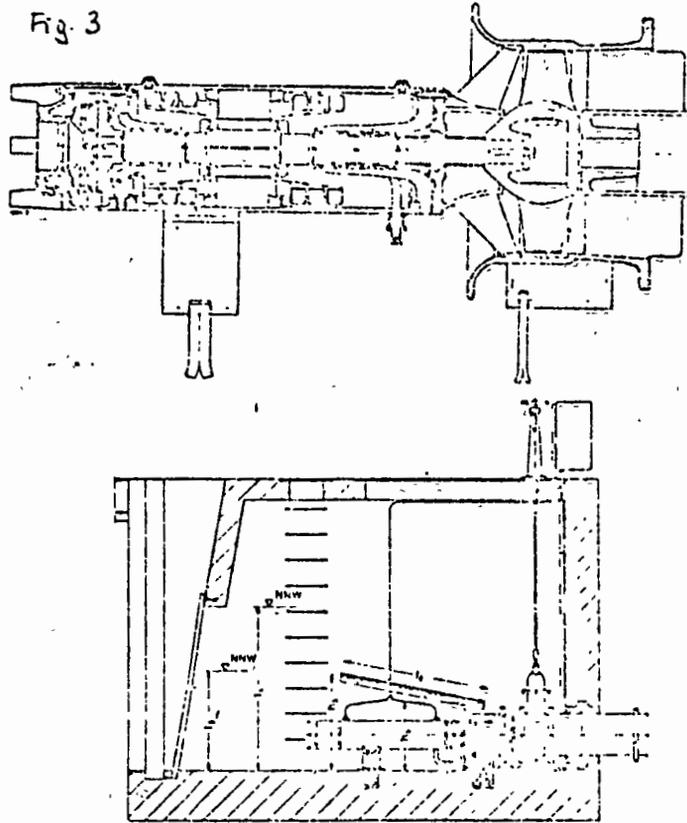
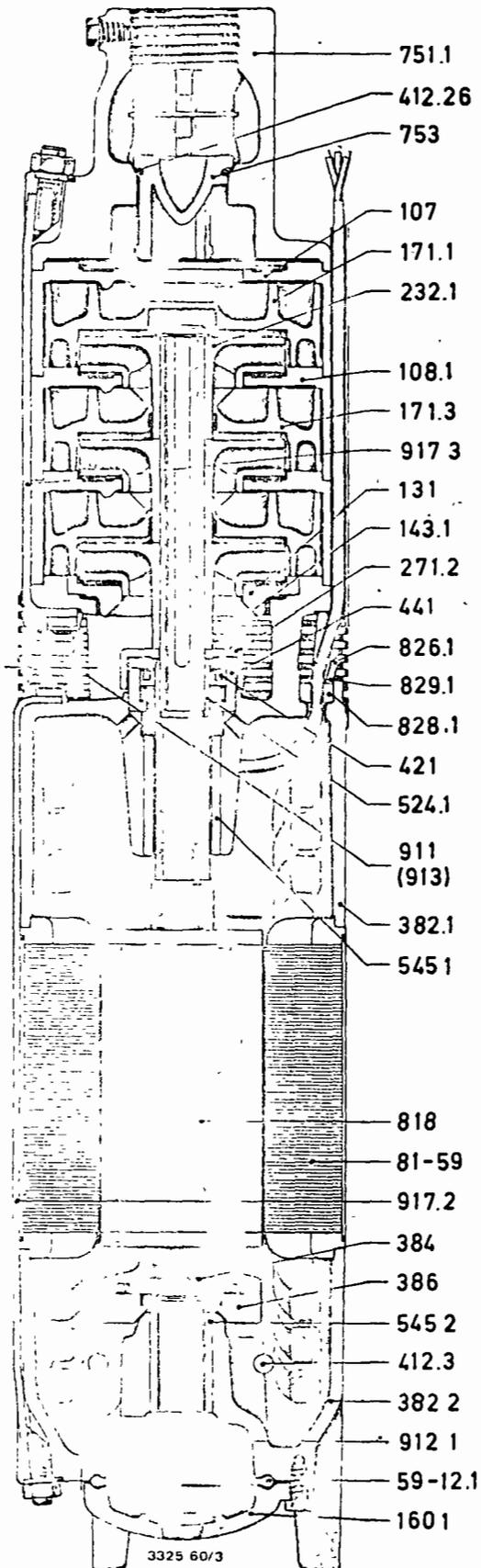


Fig. 3

Unterwassermotor-Pumpen

URD und 6 A

KSB



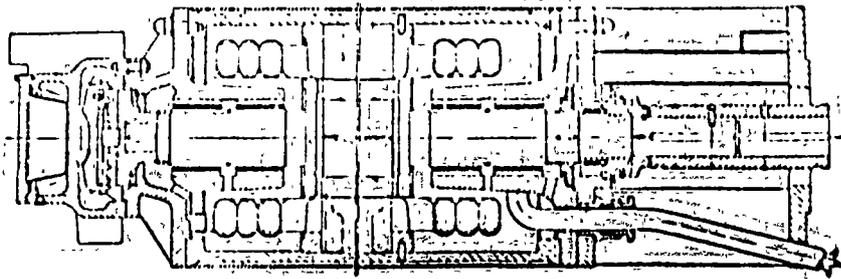
Teil Nr.	Benennung
59-12.1	Membrane
81-59	Stator
107	Druckgehäuse
108.1	Stufengehäuse
131	Einlauffring
143.1	Saugsieb
160.1	Deckel
171.1	Leitrad
171.3	Leitrad
232.1	Rechtslaufrad
271.2	Sandglocke
382.1	Lagerkörper
382.2	Lagerkörper
384	Axiallagerteller
386	Axiallagerring
412.26	Runddichtring
412.3	Runddichtring
421	Radialdichtring
441	Gehäuse für Wellendichtung
524.1	Wellenschutzhülse
545.1	Lagerbuchse
545.2	Lagerbuchse
751.1	Ventilgehäuse
753	Ventilkegel
818	Rotor
826.1	Kabelstopfbuchse
828.1	Kabelgummiring
829.1	Kabeldruckring
911	Füllschraube
912.1	Entleerungsstopfen
913	Entlüftungsschraube
917.2	Bandanker
917.3	Bandanker

Fig. 4

Abdichtung der Gehäuseteile gegeneinander durch Teroson.

Bei Verwendung des Aggregates in einer Hauswasseranlage mit automatischer Belüftung des Druckbehalters durch unser Belüftungsventil in der Steigrohrleitung muß der Ventilkegel (753) ausgebaut werden.

Bei Ersatzteilbestellungen sind unbedingt anzugeben: Pumpentyp, Motortyp, Werks-Nummer, Benennung der Teile, Teil Nummer, Stückzahl, Versandart.



Stromart: Drehstrom 50 Hz
 Nennspannung: 6 kV
 Drehzahl: 1475 U/min
 Nennstrom: 202 A
 Nennleistung: 1600 kW
 Wirkungsgrad: 92,5 %
 Max. Durchmesser: 680 mm
 Baulänge: 3985 mm
 Gewicht: 6450 kg
 Motor wassergefüllt, Wickeldraht kunststoffisoliert, Umlaukühlung mittels Kühllaufrod

Bild 4

Fig. 4

Unterwassermotor

L 9.13

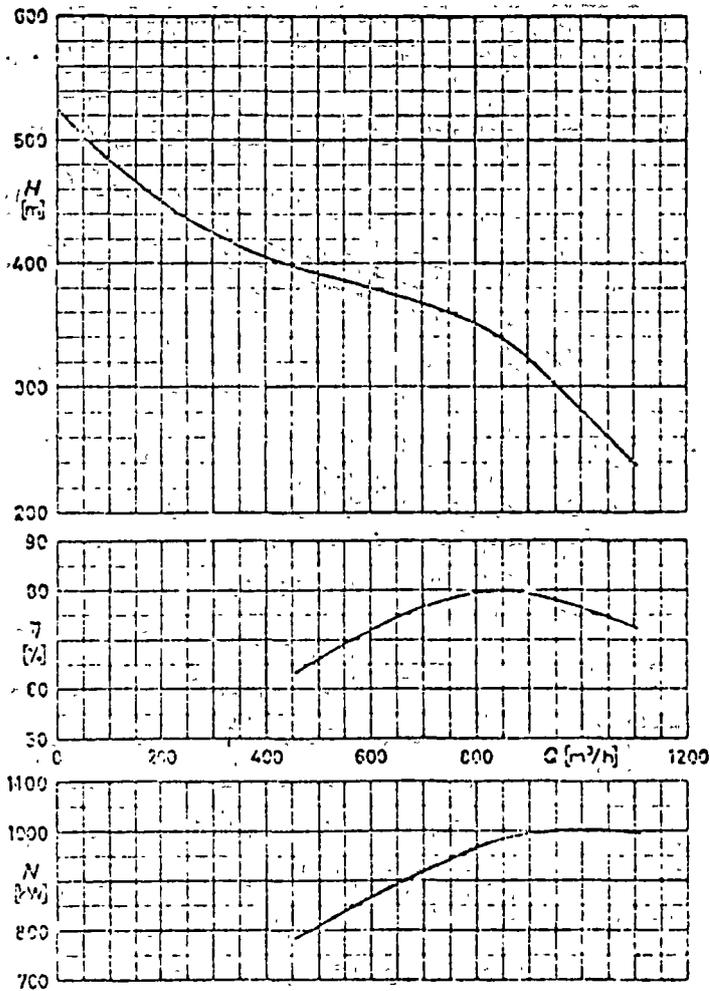


Fig. 5

MSB

Kennlinie der
 DPG 554/11 n=1480 U/min

M 9 05

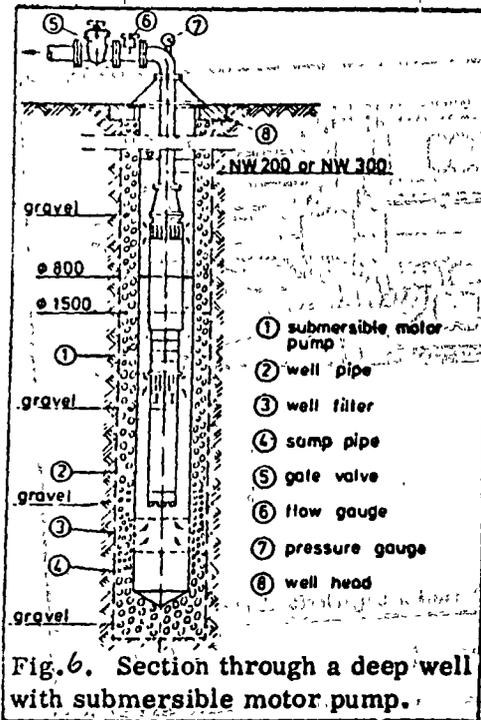


Fig. 6. Section through a deep well with submersible motor pump.

Fig. 6

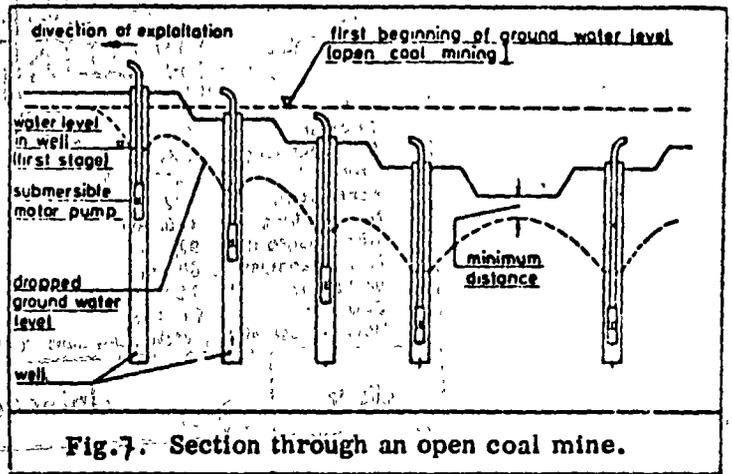


Fig. 7. Section through an open coal mine.

Fig. 7

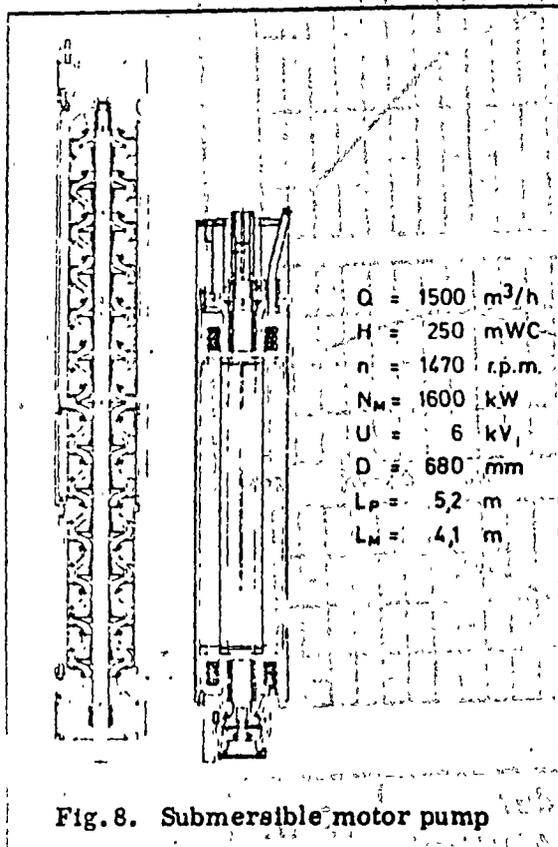


Fig. 8. Submersible motor pump

Fig. 8

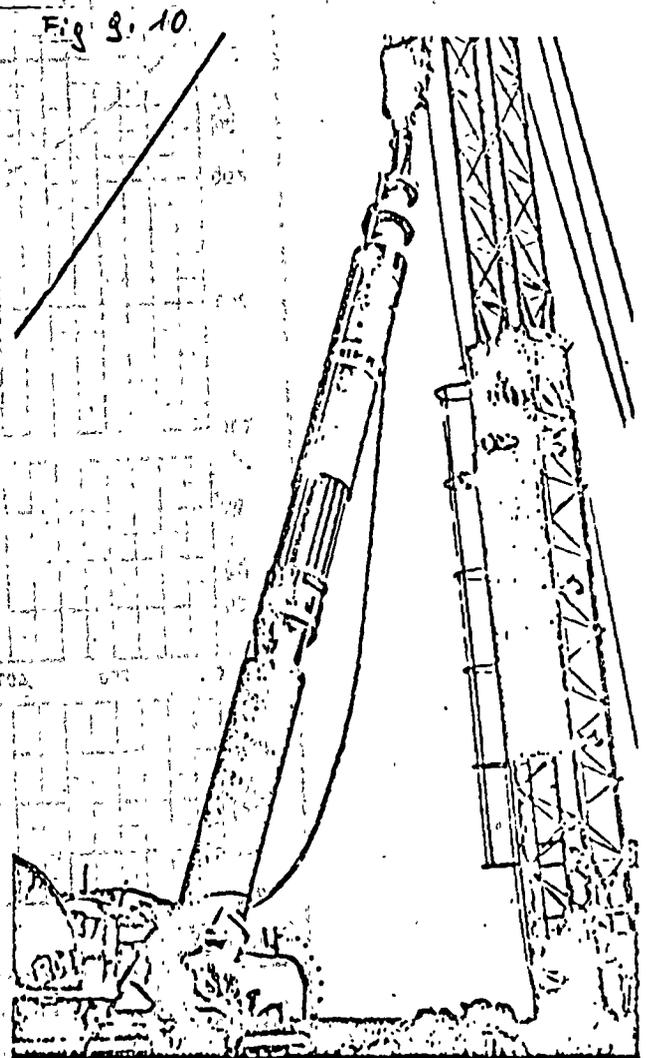


Fig. 9, 10

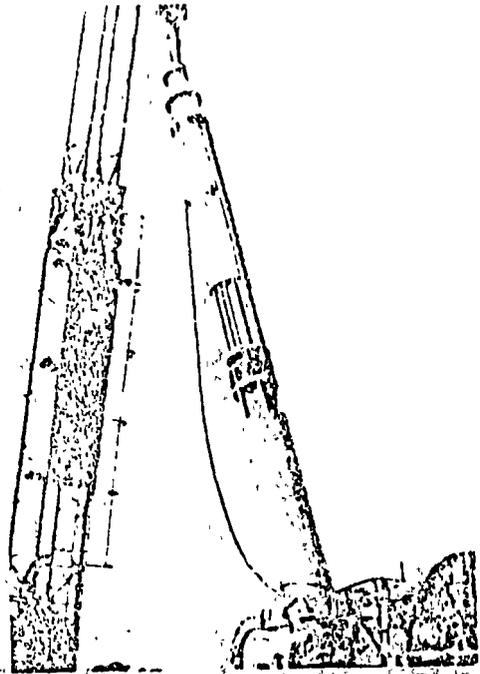


Fig. 11 a. 12

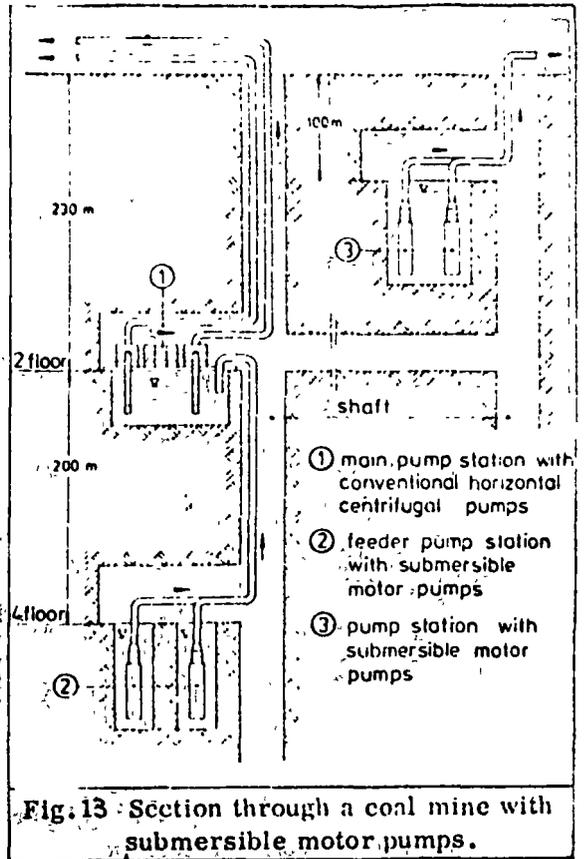


Fig. 13 Section through a coal mine with submersible motor pumps.

Fig. 13

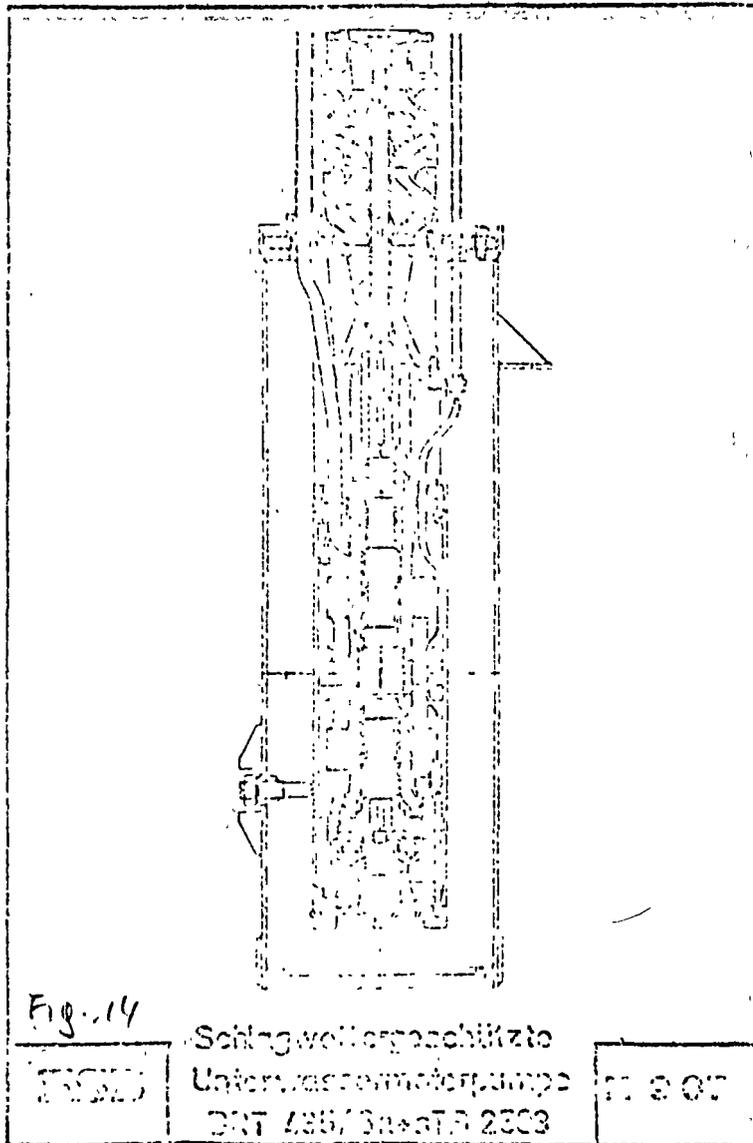


Fig. 14

Schlingwellergeschützte
Unterwassermotorpumpen
DNT 435/3 oder 2303

11 9 07

Fig. 14

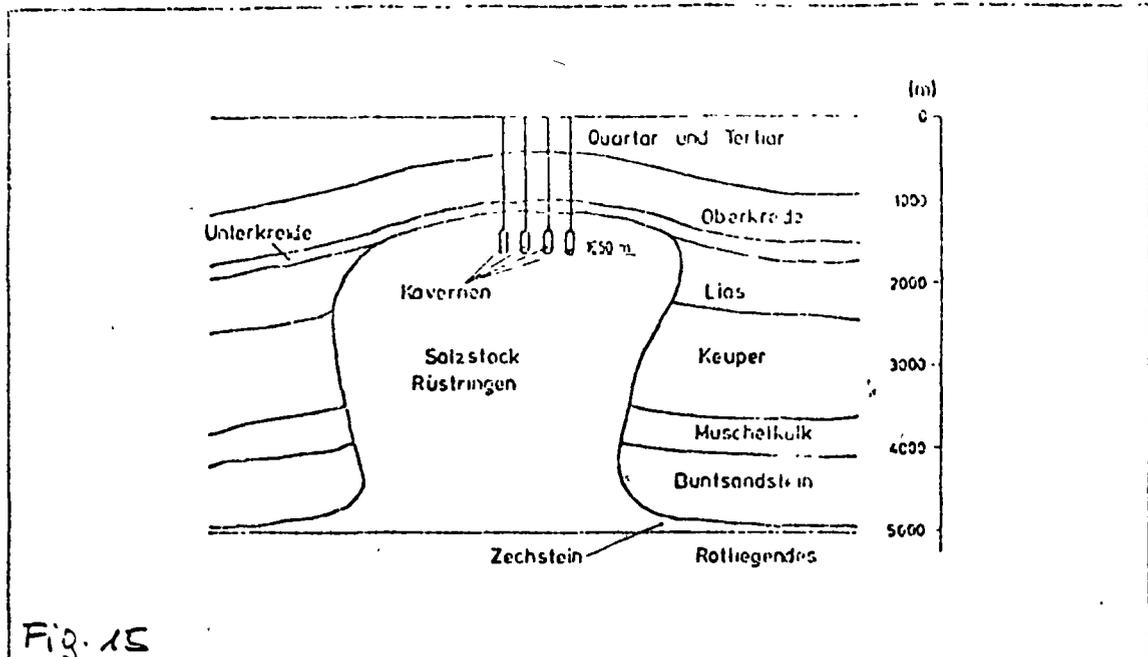


Fig. 15

KSB	Kavernenlager im Salzstock Rüstringen	M 9 11
-----	---------------------------------------	--------

Fig. 15

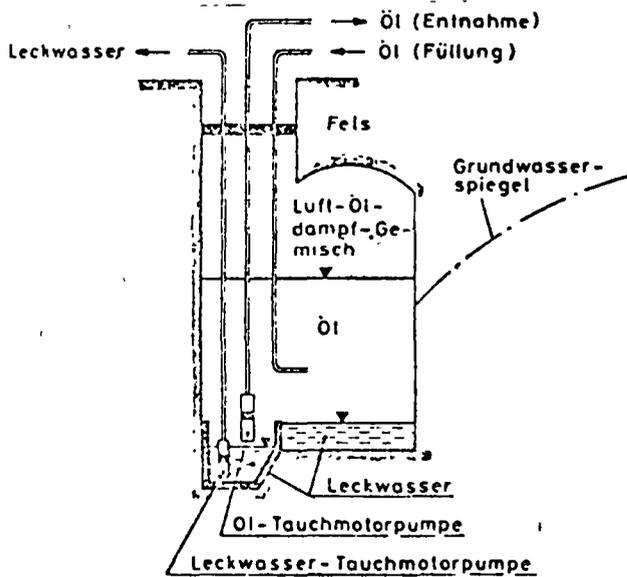


Fig. 16

KSB	Kavernenanlage mit festem Wasserbett	M 9 12
-----	--------------------------------------	--------

Fig. 16

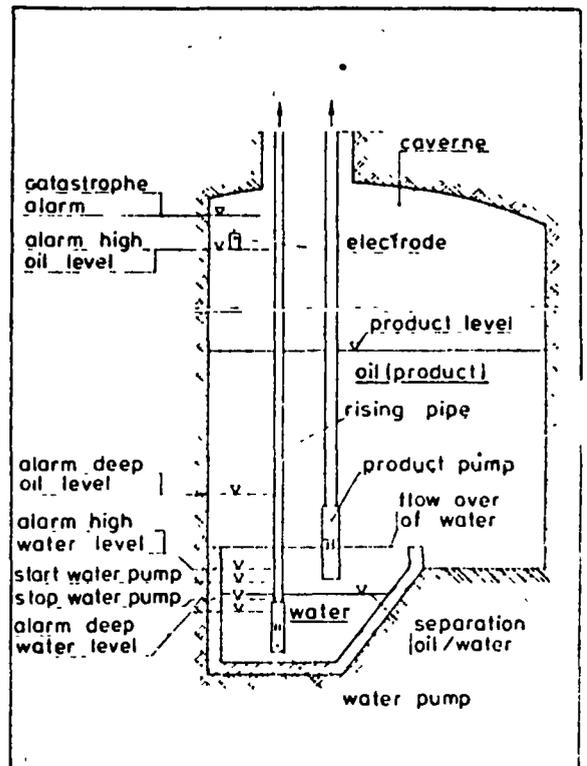


Fig. 17. Level control in a storage cavern.

Fig. 17

± 19.19

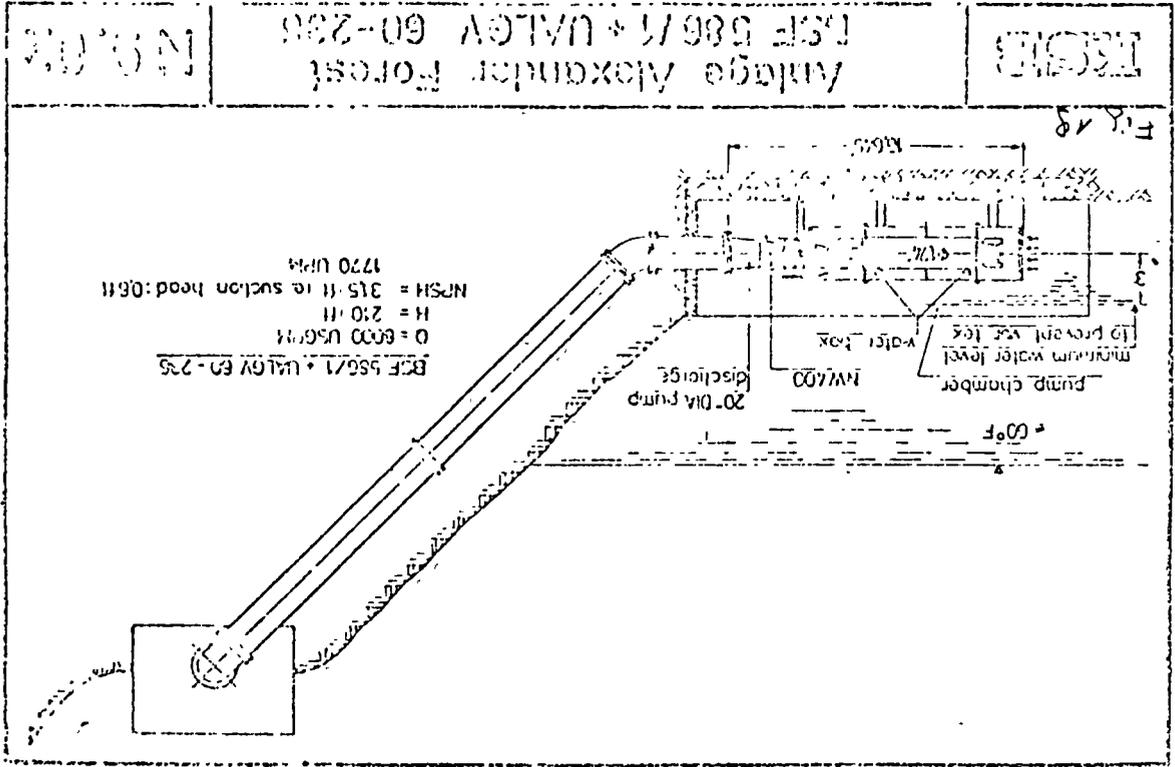


Fig. 20

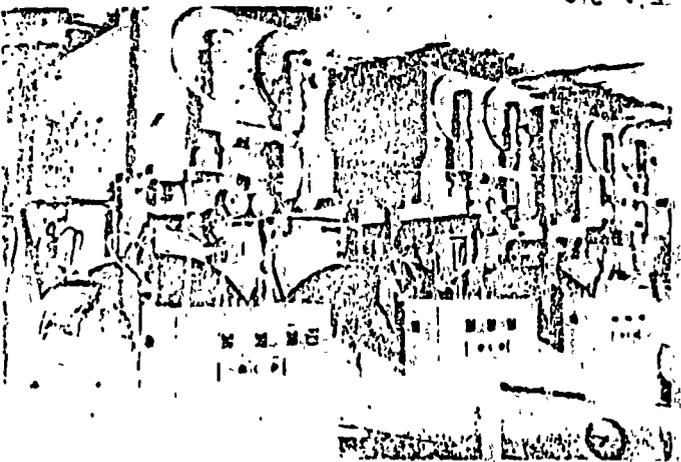
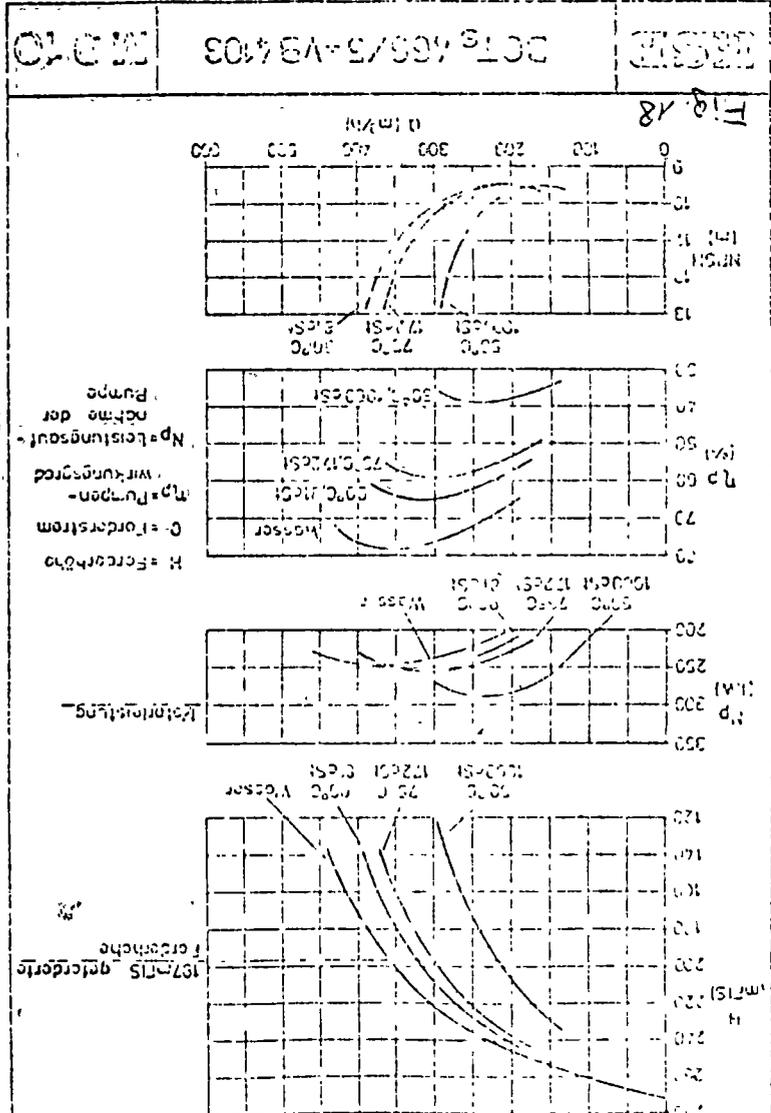
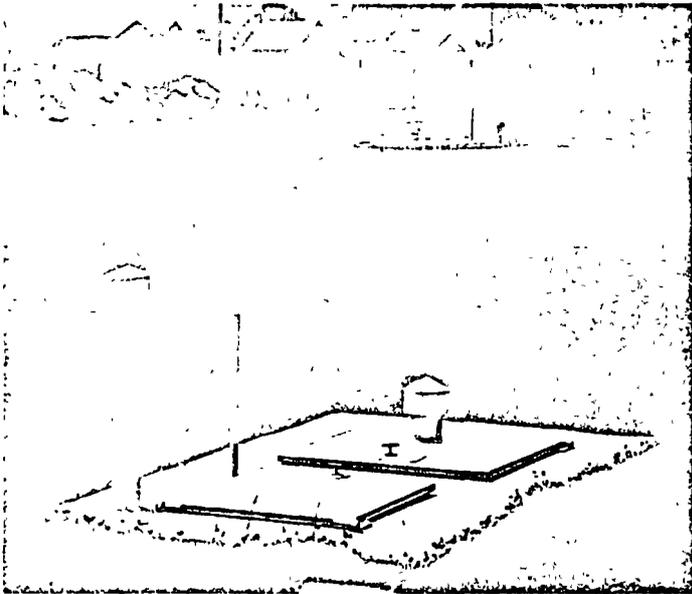


Fig. 20

Fig. 18





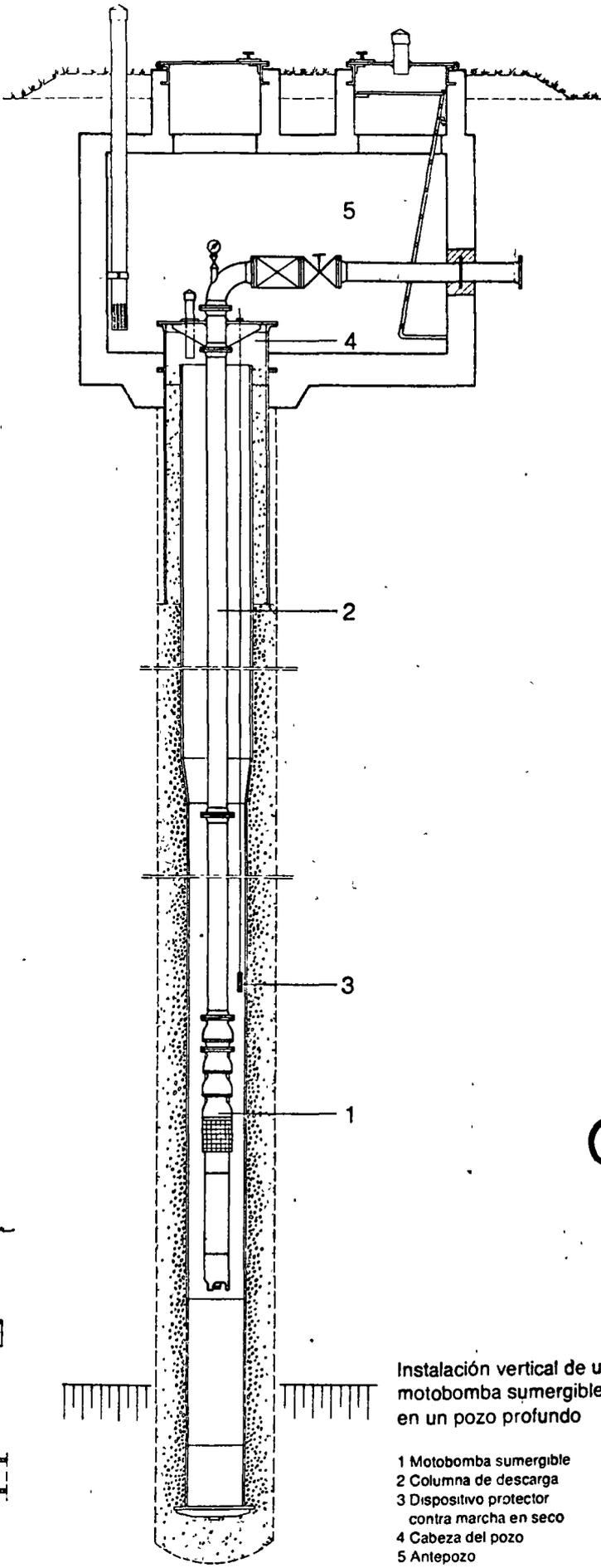
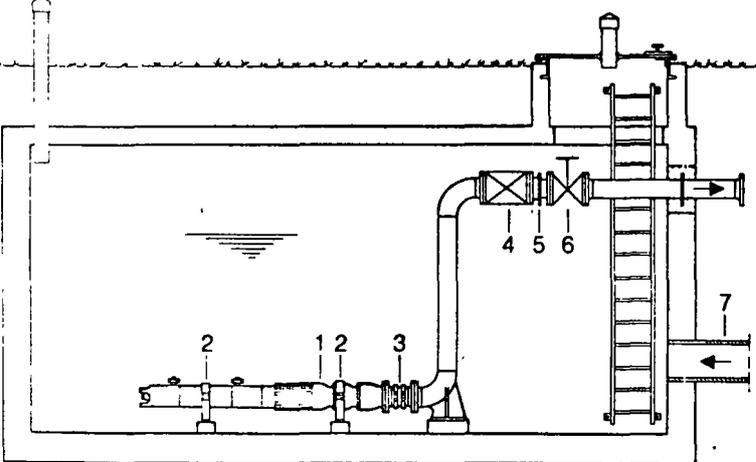
La obtención de agua es uno de los principales campos de empleo de las motobombas sumergibles. Según las características del suelo y de la veta de agua subterránea, el agua potable se bombea de diferentes profundidades:

- de pozos profundos perforados o normales,
- de pozos o depósitos rasos poco profundos.

Las motobombas sumergibles se instalan verticalmente y en casos especiales, según el motor y la bomba, también en posición horizontal o inclinada, e impulsan el agua bien a estaciones de tratamiento o directamente a depósitos elevados o estaciones de distribución.

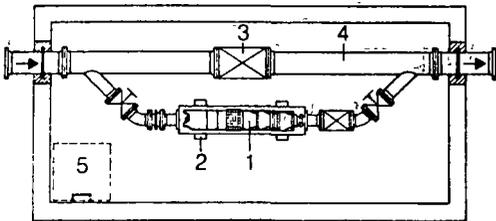
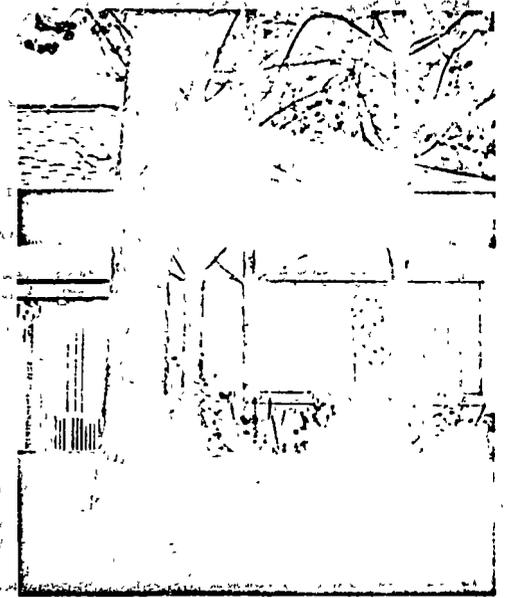
Instalación horizontal de una motobomba sumergible en un depósito raso.

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Soportes de la bomba
- 3 Pieza de compensación
- 4 Valvula de retención (hidrostop)
- 5 Pieza intermedia
- 6 Valvula de cierre
- 7 Carga



Instalación vertical de una motobomba sumergible en un pozo profundo

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Columna de descarga
- 3 Dispositivo protector contra marcha en seco
- 4 Cabeza del pozo
- 5 Antepozo



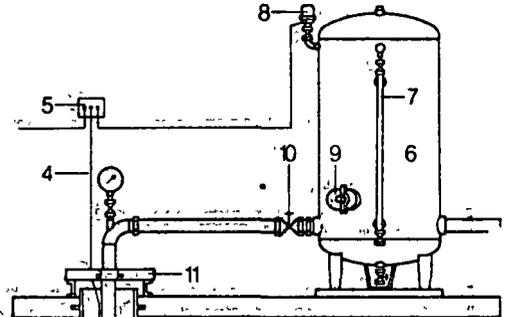
Además del empleo en pozos, las motobombas sumergibles se utilizan cada día con más frecuencia como bombas para la elevación de presión.

Sin grandes costos se pueden instalar horizontalmente en una camisa de presión directamente en la tubería de la red de abastecimiento o paralelamente a ella. Para la elevación de presión en edificios altos se emplean equipos compactos con motobombas sumergibles instaladas.

Si no se tiene conexión directa a la red central de abastecimiento de agua o si por motivos de economía se desea tener sistemas de abastecimiento de agua propios, entonces se emplean las motobombas sumergibles como bombas ideales para pozos profundos en conexión con un sistema automático de abastecimiento de agua. Con ellas se abastecen, por ejemplo, casas aisladas, fincas, casas de fin de semana o de cacería.

Motobomba sumergible con camisa de presión como bomba elevadora de presión paralelamente a la tubería principal de la red de distribución.

- 1 Motobomba sumergible con camisa de presión (en bypass)
- 2 Soportes de la bomba
- 3 Válvula de retención (hydrostop)
- 4 Tubería de la red
- 5 Abertura para visita o montaje

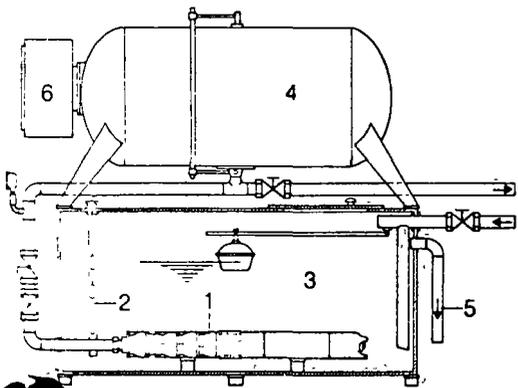


Equipo para el abastecimiento de agua en casas

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Columna de descarga
- 3 Válvula para carga de aire
- 4 Cable
- 5 Tablero de control
- 6 Tanque de presión
- 7 Nivel de agua
- 8 Presostato
- 9 Regulador de aire
- 10 Válvula de cierre
- 11 Abrazadera soporte

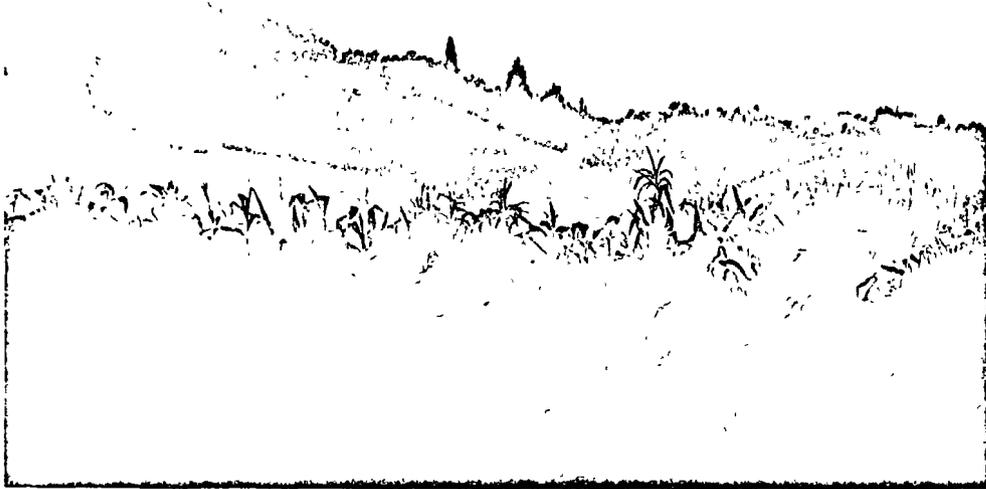
Motobombas sumergibles para la elevación de presión en equipo compacto HYAMAT UHS para conexión indirecta (según DVGW hoja W314)

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Mando por electrodos
- 3 Deposito de aspiración sin presión
- 4 Tanque especial de presión
- 5 Rebose
- 6 Tablero de mando



(b)

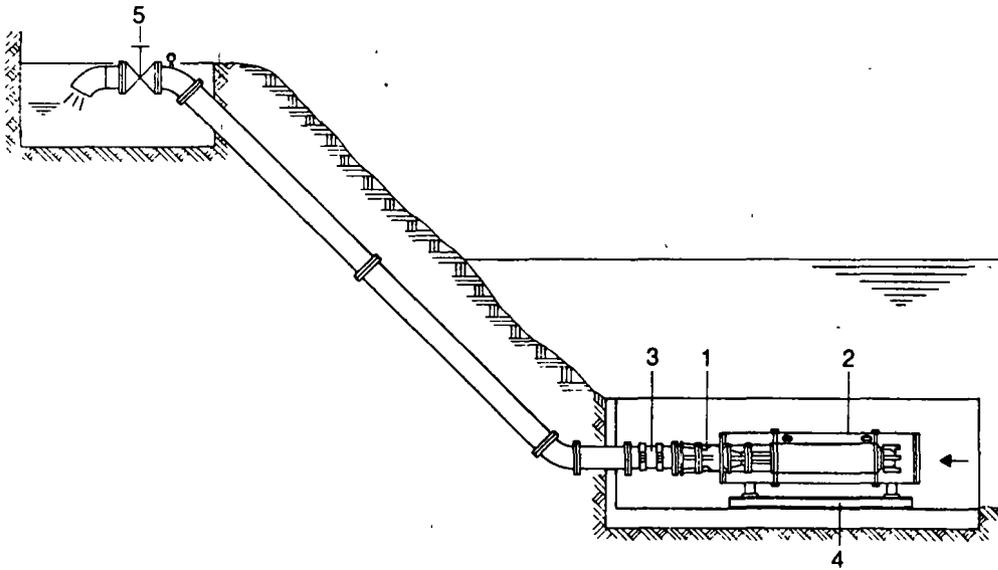
abastecimiento de aguas industriales



Si en la industria o en explotaciones agrícolas se necesitan continuamente grandes cantidades de agua como por ejemplo para el riego por aspersión o si se necesita cubrir temporalmente una necesidad punta, entonces, por razones económicas, se recomienda utilizar un sistema de abastecimiento de aguas. Las motobombas sumergibles impulsan agua de pozos, lagos o rios.

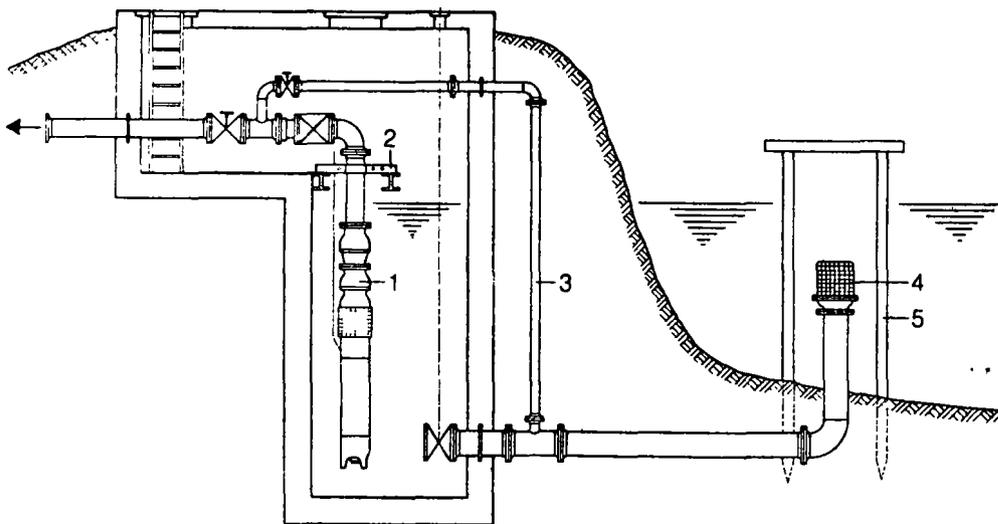
Si la presión existente en la red de abastecimiento de agua es insuficiente, entonces se utilizan equipos compactos para la elevación de presión con motobombas sumergibles instaladas como por ejemplo, para hidrantes, equipos contra incendios, equipos de pintura, equipos de lavado y equipos de acondicionamiento de aire.

También se utilizan motobombas sumergibles para surtidores y órganos de agua, ya que ellas permiten una ejecución sencilla y económica. También se utilizan con frecuencia en equipos de recirculación de agua de refrigeración.



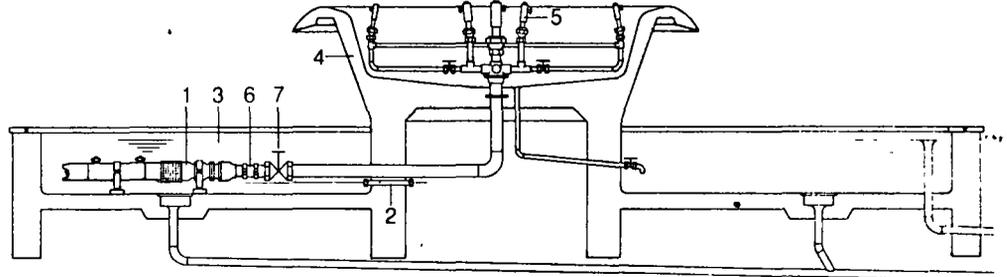
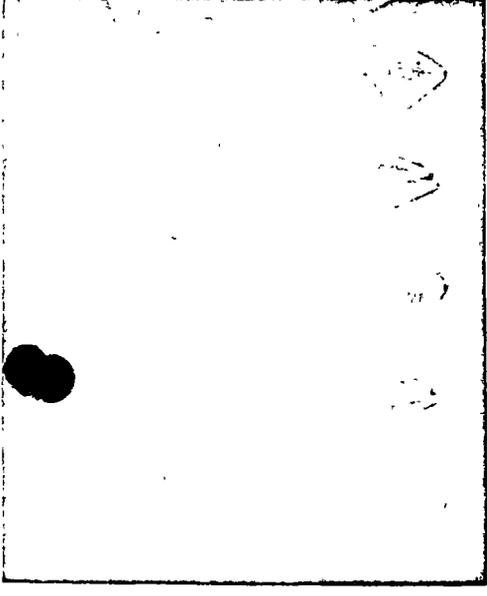
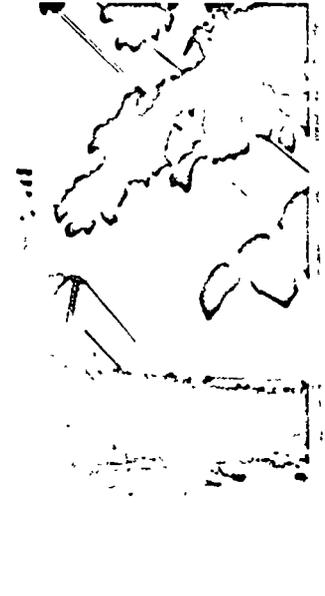
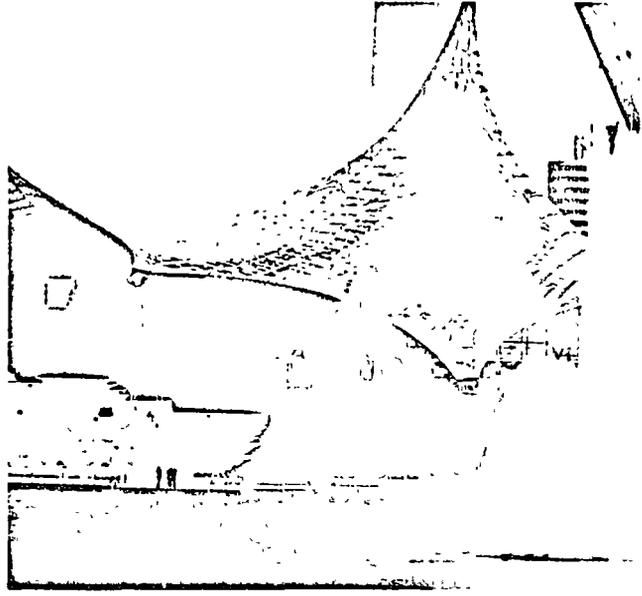
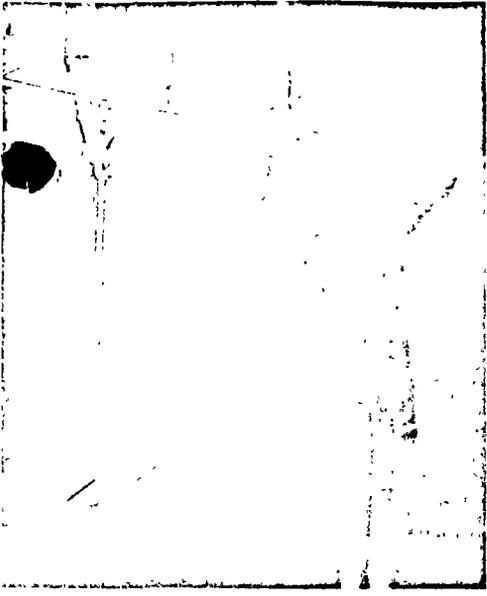
Motobombas sumergibles para la obtención de aguas superficiales de un lago.

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Camisa de aspiración
- 3 Pieza de compensación
- 4 Bastidor de fundamento
- 5 Valvula de cierre



Toma de agua de un río

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Abrazadera soporte
- 3 Agua a presión para el lavado
- 4 Canasta de entrada
- 5 Bocatoma

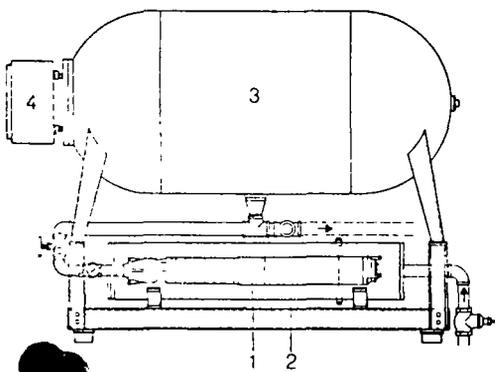
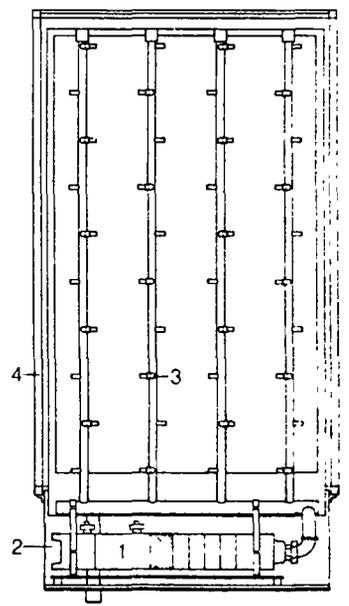


Motobomba sumergible en un surtidor

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Pasacables
- 3 Fuente rasa
- 4 Fuente del surtidor en forma de bandeja
- 5 Toberas del surtidor
- 6 Pieza de conexión
- 7 Válvula de cierre

Motobomba sumergible en un armario de acondicionamiento de aire

- 1 Motobomba sumergible
- 2 Deposito de agua
- 3 Toberas excéntricas
- 4 Carcasa

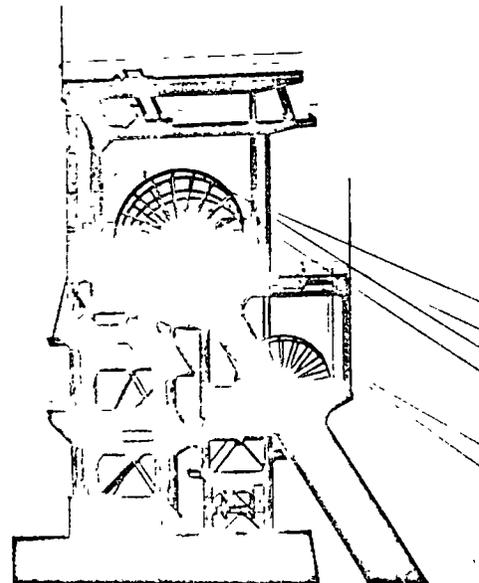
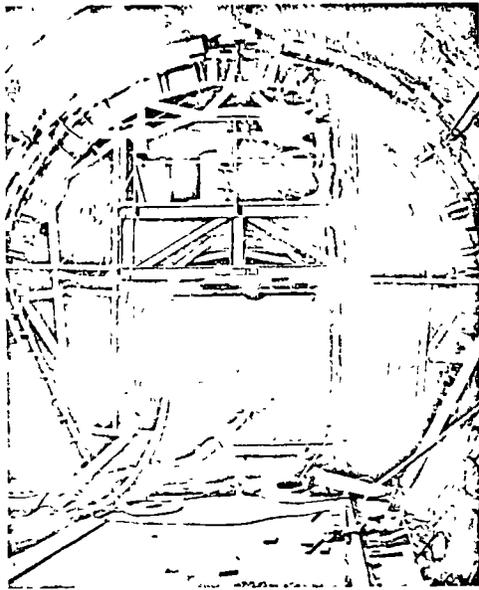


Motobombas sumergibles para la elevación de presión en un equipo compacto HYAMAT UHMS para conexión directa a la red (según DVGW hoja W314)

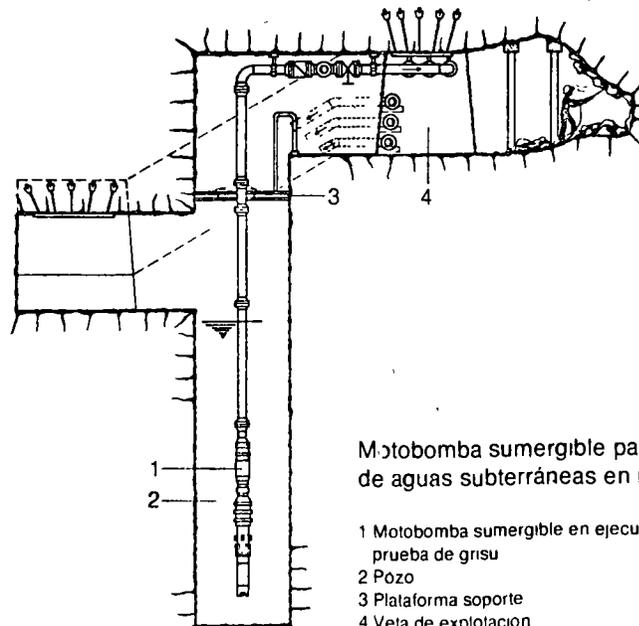
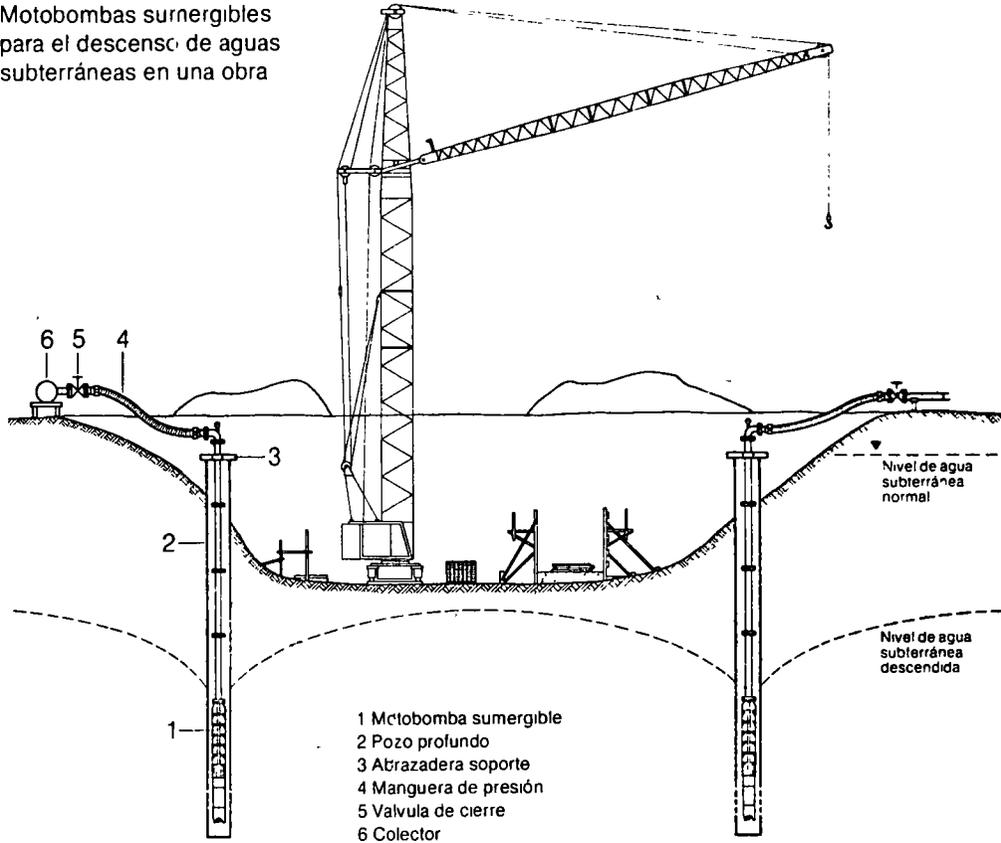
- 1 Motobombas sumergibles
- 2 Camisa de presión
- 3 Tanque especial de presión
- 4 Tablero de control

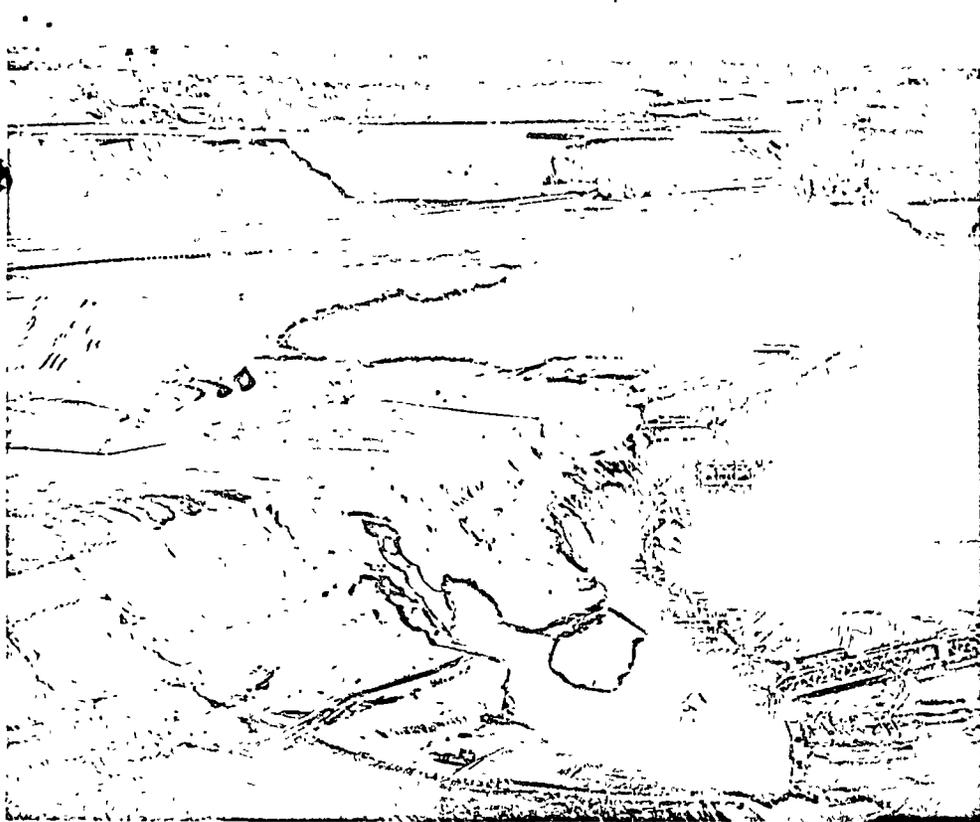


descenso y la eliminación de aguas subterráneas



Motobombas sumergibles para el descenso de aguas subterráneas en una obra





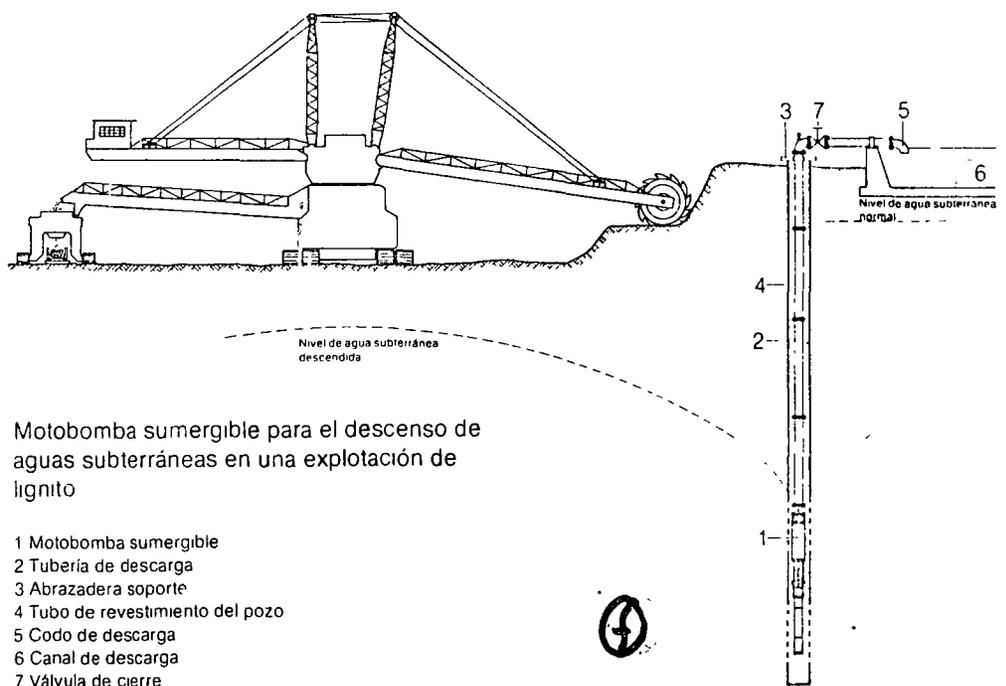
Sin motobombas sumergibles apenas se puede pensar en la posibilidad de descenso o eliminación de aguas subterráneas

En la construcción de túneles para trenes subterráneos, para esclusas, canales y otras construcciones subterráneas se desciende el nivel de las aguas subterráneas con ayuda de motobombas sumergibles por debajo del piso de la construcción

Las motobombas sumergibles trabajan aquí a veces bajo condiciones de servicio supremamente difíciles y con máxima seguridad de servicio y eficiencia

La obtención y explotación de lignito requiere que las aguas subterráneas desciendan hasta un determinado nivel mínimo de seguridad. Para ello se requieren, además de los diferentes pozos en el lugar de explotación, diferentes series de pozos por fuera de la explotación superficial, los cuales se juntan en las llamadas galerías de pozos

Gracias a su economía, debida a la exención de mantenimiento, y a la posibilidad de control automatico, se emplean las motobombas sumergibles en ejecución a prueba de grisú cada día mas en minas de explotación subterránea de carbón

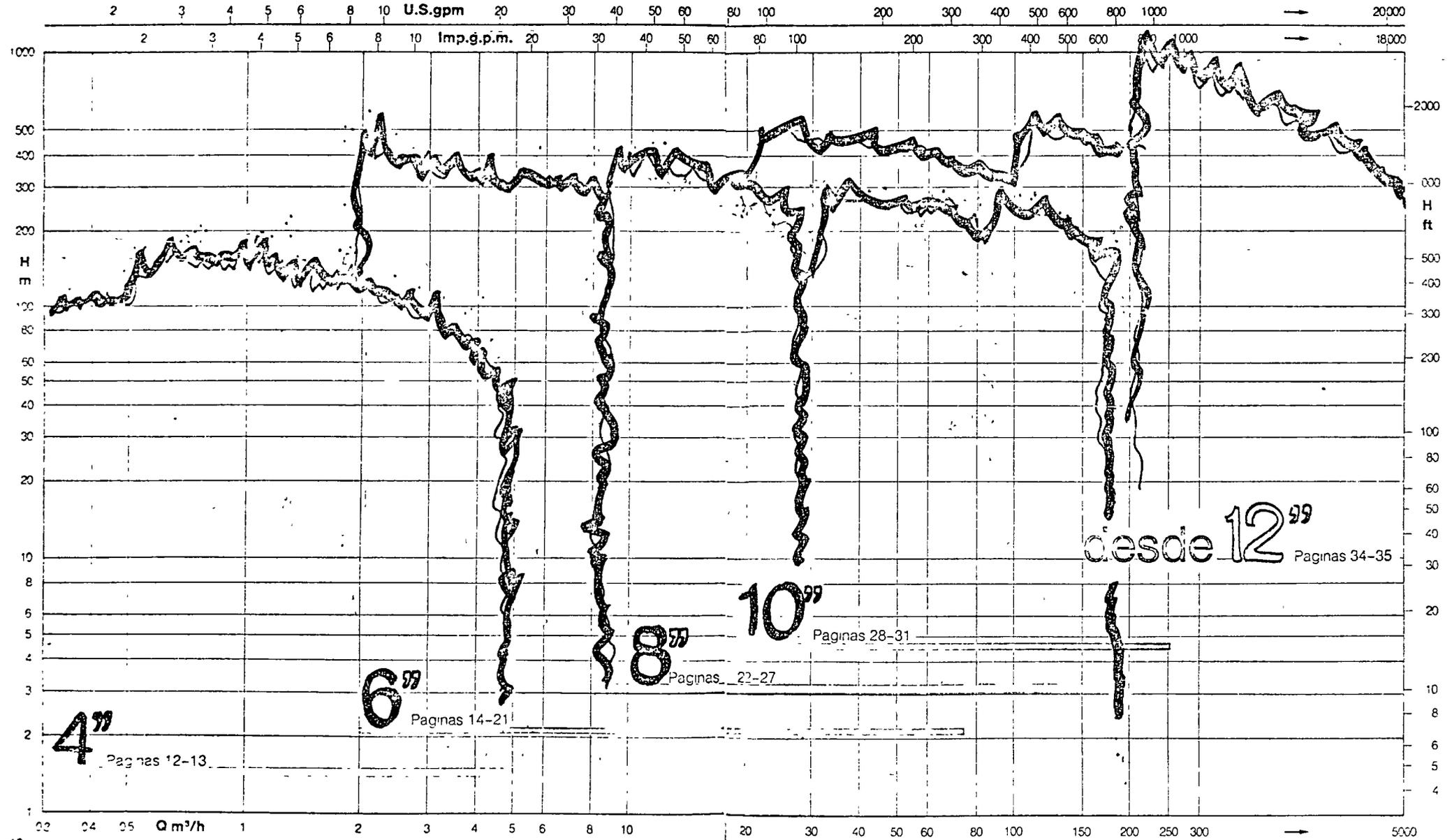


Motobomba sumergible para el descenso de aguas subterráneas en una explotación de lignito

Motobombas sumergibles para 50 Hz

presentación del programa de bombas

25

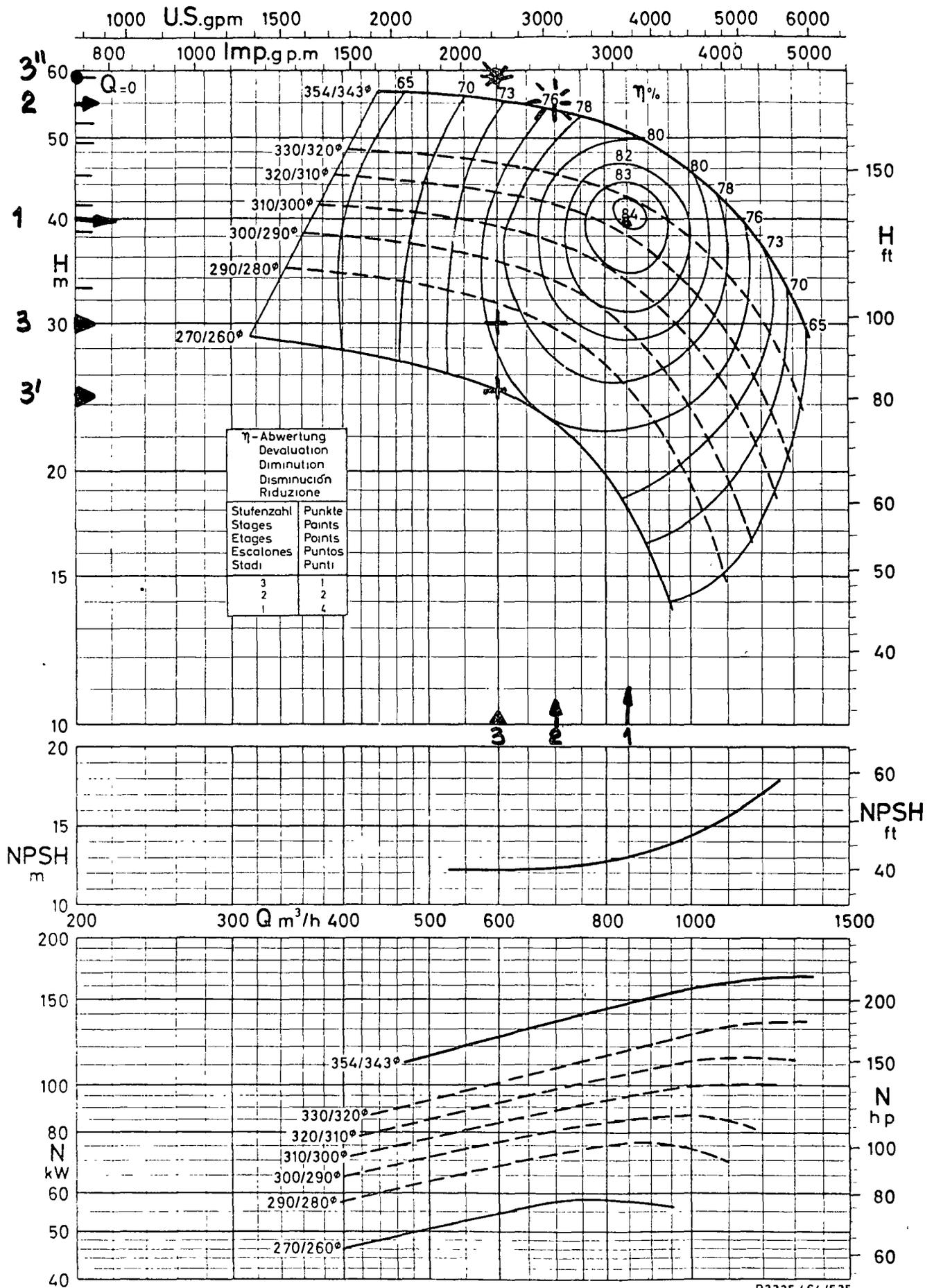


4 CRITERIOS DE EVALUACION AL ELEGIR UN EQUIPO DE
BOMBEO

- 1.- Adaptar el sistema a la bomba óptima.
- 2.- Adaptar el sistema a la bomba óptima con la elección de 2 diámetros diferentes.
- 3.- Sistema fijo, elección de bomba.
- 4.- Eliminación por el sistema fijo.

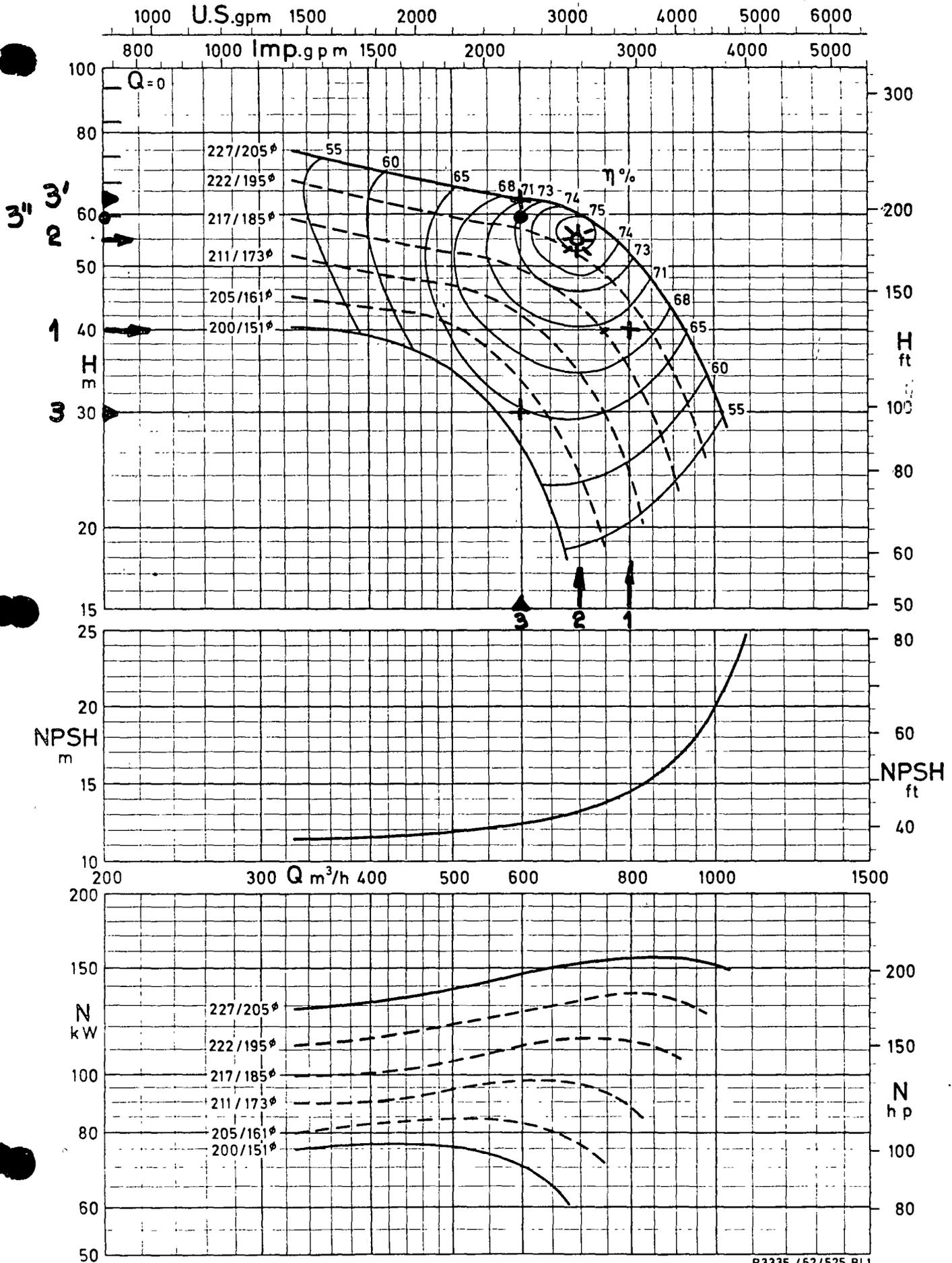
En las figuras A y B se muestran gráficamente los 4 criterios antes mencionados correspondiendo :

- 1.- Punto 1,1
- 2.- Punto 2,2
- 3.- Punto 3,3
- 4.- Punto 3,3' ; 3,3"



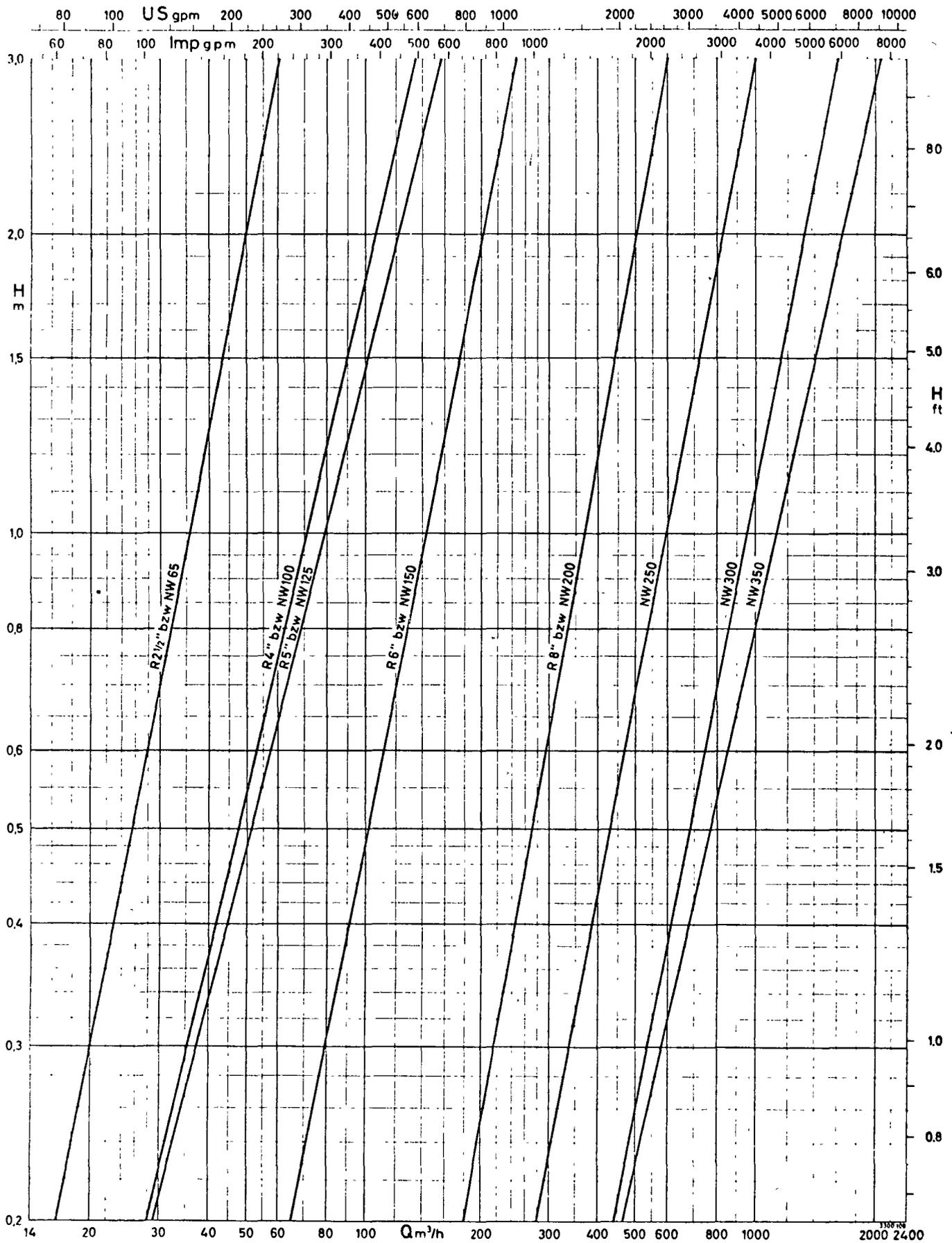
η - Abwertung Devaluation Diminution Disminución Riduzione	
Stufenzahl Stages Etages Escalones Stadi	Punkte Points Points Puntos Punti
3	1
2	2
1	4

Pump single-stage - Pompe à un étage - Bomba monoescalonada - Pompa con una girante



8. Widerstände in Rückschlagventilen

Resistances in the non-return valves — Pertes de charge dans les clapets de non-retour —
 Resistencias en válvulas de retención — Perdite di carico delle valvole di ritegno





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA VIII: EVALUACION

8.1 Pruebas de Bombeo

8.2 Transmisibilidad

8.3 Almacenamiento

8.4 Cuantificación

ING. RUBEN CHAVEZ GUILLEN

Marzo, 1978



HIDRAULICA DE POZOS

La Hidráulica de Pozos es una de las materias más importantes de la Hidrología Subterránea, ya que proporciona las bases teóricas para interpretar o prever las fluctuaciones de los niveles freáticos o piezométricos, provocados por la extracción de agua mediante pozos.

I.- PROBLEMAS COMUNES.

Los problemas que estudia la Hidráulica de Pozos son muy diversos; entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- a).- Identificación de sistemas de flujo y de terminación de sus características hidráulicas.

La identificación del sistema de flujo de que se trata (confinado, semiconfinado, con fronteras impermeables o de alimentación, etc.) y la de terminación de sus características hidráulicas (coeficientes de permeabilidad, transmisibilidad, almacenamiento, etc.), son esenciales para estudiar el comportamiento de un acuífero. Tal conocimiento es indispensable, en problemas de carácter local, para prever el comportamiento de los niveles de agua bajo diferentes regímenes de bombeo de uno o varios pozos; en problemas de carácter regional, como por ejemplo la cuantificación del volumen aprovechable de un acuífero, el conocimiento de las características hidráulicas es esencial para calcular los caudales de agua que circulan en el subsuelo y las variaciones del almacenamiento subterráneo, así como para desarrollar modelos de simulación de acuíferos.

- b).- Predicción del comportamiento de los niveles de agua.

Conocidas las características hidráulicas del acuífero, mediante las fórmulas de la Hidráulica de Pozos es posible predecir los abatimientos que se provocarían bajo ciertas condiciones de bombeo. Así, por ejemplo; si se trata del diseño de un pozo, pueden calcularse los abati-

mientos que se van a provocar en el propio pozo por la extracción del caudal requerido; así mismo, es posible conocer de antemano los abatimientos que se van a provocar en captaciones cercanas a la considerada, o en qué medida se van a provocar en captaciones cercanas a la considerada, o en qué medida se van a interferir varios pozos entre sí.

c).- Diseño de campos de pozos.

El problema consiste en definir el número, distribución (espaciamiento y arreglo) y régimen de operación (caudal y tiempo de bombeo) convenientes, de los pozos necesarios para la extracción de un caudal total.

d).- Definición del régimen de operación de pozos, dada una restricción en el abatimiento de los niveles.

Específicamente, en un acuífero costero el problema puede ser la definición de un régimen de bombeo de uno o varios pozos, tal que los niveles freáticos o piezométricos no desciendan abajo de un nivel crítico, impuesto por el riesgo de contaminación salina.

e).- Drenaje vertical.

En terrenos agrícolas los niveles freáticos someros constituyen un problema por afectar los sistemas radiculares de los cultivos o propiciar la salinización del suelo; en áreas urbanas, dicha condición obstaculiza la construcción de cimentaciones. En ocasiones, la geología subterránea es tal que los drenes verticales (pozos) resultan más eficientes que los horizontales. En ese caso, la Hidráulica de Pozos aporta las herramientas teóricas para diseñar el sistema de drenaje.

f).- Recarga artificial.

Uno de los métodos utilizados para recargar un acuífero consiste en la inyección de agua a través de pozos. Conocidas las características del sistema acuífero, puede deducirse la capacidad de absorción de uno o varios pozos y predecirse la respuesta de los niveles a la recarga.

II.- PRUEBAS DE BOMBEO.

2.1.- GENERALIDADES.

El conocimiento de las características físicas e hidráulicas del sistema acuífero es básico para el estudio de los problemas señalados.

Generalmente, un buen corte geológico derivado de la clasificación de las muestras de los materiales atravesados durante la perforación, proporciona una idea del tipo de sistema de que se trata. De la correlación de la litología de los materiales con los rangos de permeabilidad correspondientes, puede deducirse la transmisibilidad del acuífero; lógicamente, el valor así obtenido es sólo aproximado, ya que durante la perforación y el muestreo se alteran las condiciones que tiene el material in situ, especialmente por lo que se refiere al acomodo y grado de compactación, factores que tienen gran influencia en la permeabilidad.

2.2.- OBJETIVOS DE LA PRUEBA.

Sin embargo, la transmisibilidad deducida en esta forma es prácticamente puntual, y la respuesta de los niveles al bombeo depende más bien de la transmisibilidad media de la porción de acuífero afectada por el mismo. Por otra parte, dicha respuesta no sólo es función de la transmisibilidad, sino también de otras propiedades hidráulicas y de las condiciones de frontera particulares del sistema de que se trata. Es necesario, pues, efectuar una prueba que dé una idea del tipo de sistema, y proporcione valores de las características hidráulicas del acuífero en el área de influencia del bombeo. Tales son los objetivos de la llamada "prueba de bombeo".

La prueba consiste en observar los efectos provocados en la superficie freática o piezométrica de un acuifero por la extracción de un caudal conocido. Los efectos (abattimientos) son registrados en el pozo de bombeo y en pozos próximos a él.

2.3.- SELECCION DEL SITIO DE PRUEBA.

En ocasiones, el sitio de la prueba está obligado; por ejemplo, cuando se trata de un problema de carácter local o interesa conocer las características hidráulicas del acuífero en un sitio específico.

En estudios geohidrológicos de carácter regional, generalmente hay cierta flexibilidad para elegir el sitio de prueba. --Habiendo disponibilidad presupuestal para construir pozos con este fin, la prueba puede llevarse a cabo en el sitio que más convenga; aunque lo más frecuente es que tengan que utilizarse pozos ya existentes. Si en el área de interés hay varios pozos utilizables para el propósito de que se trata, en la elección del más adecuado deben considerarse los aspectos siguientes:

- que el equipo de bombeo se encuentre en condiciones apropiadas para sostener un caudal constante durante la prueba.
- que la profundidad al nivel del agua sea fácilmente medible.
- que el caudal de extracción pueda ser fácilmente aforado.
- que el agua bombeada no se infiltre hasta el acuífero en las proximidades del pozo.
- que las características constructivas y el corte geológico del pozo sean conocidos, y
- que los pozos próximos no operen durante la prueba.

Puesto que no es fácil que se cumplan simultáneamente todos estos requisitos, en cada caso deberá juzgarse con cierto criterio, si el incumplimiento de uno o varios de ellos obstaculiza significativamente o no, el buen desarrollo y la interpretación de la prueba.

2.4.- POZOS DE OBSERVACION.

Para la interpretación completa de una prueba, lo ideal es contar con uno o varios pozos de observación -- dispuestos a diferentes distancias del pozo de bombeo. Cuando esto es posible las características deducidas son más confiables y representativas de un área mayor. Por ello, es muy recomendable disponer al menos de un pozo de observación.

Ubicación de los Pozos de Observación.

De gran importancia es la adecuada ubicación de los pozos de observación con respecto al de bombeo. No hay una regla fija que indique la distancia a que deben situarse, ya que ésta depende de las condiciones locales particulares de cada caso. En términos generales, el emplazamiento de los pozos de observación a distancias entre 30 y 100 m del pozo de bombeo, es adecuado en la mayoría de los casos; aunque para una ubicación más cuidadosa deben contemplarse los aspectos siguientes: el tipo y la transmisibilidad del acuífero, el caudal de descarga, la ubicación y longitud del cedazo del pozo de bombeo.

En acuíferos confinados la propagación de los efectos del bombeo es muy rápida y, por tanto, los abatimientos pueden ser medibles a distancias hasta de varios cientos de metros, incluso para tiempos cortos de bombeo. Por esta razón, en este tipo de acuíferos los pozos de observación pueden situarse bastante alejados del pozo de prueba. En cambio, en los acuíferos freáticos la propagación de los abatimientos es mucho más lenta; por consiguiente, los pozos de observación deben situarse más próximos al de bombeo, a fin de que los abatimientos sean medibles sin prolongar demasiado la prueba.

Mientras mayor es la transmisibilidad de un acuífero más extenso es el cono de abatimientos. Entonces, en un acuífero de alta transmisibilidad los pozos de observación pueden situarse más alejados del pozo de bombeo, que en un acuífero de transmisibilidad baja.

La magnitud de los abatimientos es directamente proporcional al caudal bombeado. Si éste es pequeño, los abatimientos provocados en pozos de observación relativamente alejados pueden no ser medibles, aun cuando la influencia del bombeo ya se haya extendido hasta ellos. Por tanto, mientras más bajo sea el caudal extraído, más próximos deben situarse los pozos de observación.

Cuando el cedazo del pozo de bombeo capta la mayor parte del espesor del acuífero, el flujo es predominantemente lateral. En este caso, los pozos de observación registran el mismo abatimiento independientemente de la posición y de la ubicación de su cedazo. Por el contrario, si el cedazo

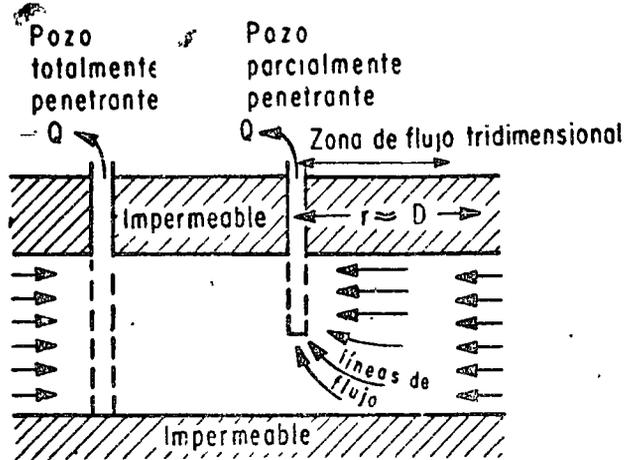


FIGURA No. 1.- ESQUEMA DEL FLUJO HACIA POZOS TOTAL Y PARCIALMENTE PENETRANTES.

Ubicación de los Pozos de Observación.

De gran importancia es la adecuada ubicación de los pozos de observación con respecto al de bombeo. No hay una regla fija que indique la distancia a que deben situarse, ya que ésta depende de las condiciones locales particulares de cada caso. En términos generales, el emplazamiento de los pozos de observación a distancias entre 30 y 100 m del pozo de bombeo, es adecuado en la mayoría de los casos; aunque para una ubicación más cuidadosa deben contemplarse los aspectos siguientes: el tipo y la transmisibilidad del acuífero, el caudal de descarga, la ubicación y longitud del cedazo del pozo de bombeo.

En acuíferos confinados la propagación de los efectos del bombeo es muy rápida y, por tanto, los abatimientos pueden ser medibles a distancias hasta de varios cientos de metros, incluso para tiempos cortos de bombeo. Por esta razón, en este tipo de acuíferos los pozos de observación pueden situarse bastante alejados del pozo de prueba. En cambio, en los acuíferos freáticos la propagación de los abatimientos es mucho más lenta; por consiguiente, los pozos de observación deben situarse más próximos al de bombeo, a fin de que los abatimientos sean medibles sin prolongar demasiado la prueba.

Mientras mayor es la transmisibilidad de un acuífero más extenso es el cono de abatimientos. Entonces, en un acuífero de alta transmisibilidad los pozos de observación pueden situarse más alejados del pozo de bombeo, que en un acuífero de transmisibilidad baja.

La magnitud de los abatimientos es directamente proporcional al caudal bombeado. Si éste es pequeño, los abatimientos provocados en pozos de observación relativamente alejados pueden no ser medibles, aun cuando la influencia del bombeo ya se haya extendido hasta ellos. Por tanto, mientras más bajo sea el caudal extraído, más próximos deben situarse los pozos de observación.

Cuando el cedazo del pozo de bombeo capta la mayor parte del espesor del acuífero, el flujo es predominantemente lateral. En este caso, los pozos de observación registran el mismo abatimiento independientemente de la posición y de la ubicación de su cedazo. Por el contrario, si el cedazo

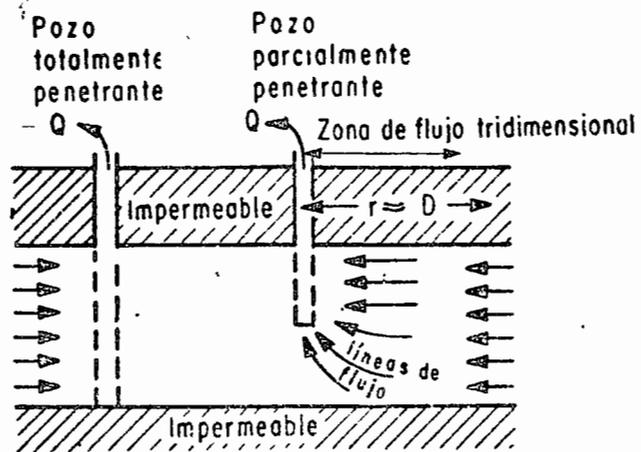
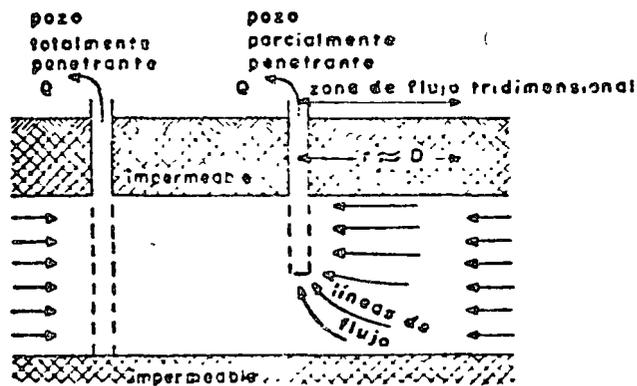


FIGURA No. 1.- ESQUEMA DEL FLUJO HACIA POZOS TOTAL Y PARCIALMENTE PENETRANTES.

del pozo bombeado capta sólo una parte del espesor del acuífero, la distribución vertical de los abatimientos no es uniforme, debido a que el flujo es tridimensional en las proximidades del pozo; como consecuencia, los abatimientos registrados en un pozo de observación dependen de la ubicación y longitud de su cedazo, y la interpretación de la prueba resulta bastante más complicada. Por esta razón, en tal caso es preferible emplazar los pozos de observación a distancias mayores de 1.5 veces el espesor del acuífero, para las cuales el flujo es prácticamente horizontal.



Profundidad de los Pozos de Observación.-

Tan importante como su ubicación con respecto al pozo de bombeo, es la adecuada profundidad de los pozos de observación. Naturalmente, debe cuidarse que estos capturen el mismo acuífero que está siendo bombeado. Cuando el pozo de bombeo capta la mayor parte del espesor del acuífero, y éste es más o menos homogéneo, no es necesario que los pozos de observación penetren totalmente al acuífero, siendo suficiente un cedazo de longitud reducida, de preferencia ubicado a la profundidad en que se encuentra la parte media del cedazo del pozo de bombeo.

Sin embargo, si el acuífero tiene intercalaciones de materiales arcillosos, es conveniente que el cedazo de los pozos de observación sea de mayor longitud o, todavía mejor, que se construyan pozos de observación que capturen cada estrato permeable, con el propósito de definir la intercon-

xi6n entre ellos. As6 mismo, cuando se trata de acuíferos se miconfinados, es conveniente instalar también pozos de observaci6n en el estrato semiconfinante, con el objeto de registrar los abatimientos provocados en 6l, lo que permite un conocimiento m6s preciso de su permeabilidad vertical.

Limitaciones.-

Obviamente, el empleo de pozos de observaci6n enfrenta una gran dificultad: su construcci6n en la mayor6a de los casos no es viable por limitaciones econ6micas. Por otra parte, aun cuando dichas limitaciones no sean muy serias, es frecuente que no se aprecie lo suficiente la utilidad de una prueba confiable, y que la construcci6n de los pozos "testigo" se considere un gasto im6til.

Al respecto, cabe aclarar que el costo de tales pozos no es muy significativo, ya que su di6metro puede ser muy reducido y, por lo general, no se requiere que penetren totalmente al acuífero; por el otro lado, el mejor conocimiento del tipo de sistema y de sus caracter6sticas hidr6ulicas, que se logra cuando se dispone de ellos, es invaluable en el estudio de diversos problemas de agua subterr6nea.

Cuando no se dispone de medios econ6micos para construirlos, pero se tiene cierta libertad para elegir el emplazamiento del pozo de bombeo, 6ste puede ubicarse en las proximidades de pozos existentes para utilizarlos en la prueba, siempre y cuando las caracter6sticas de ellos sean adecuadas para tal fin. Lo m6s com6n, sin embargo, es que no se disponga de pozos de observaci6n, y que la prueba se limite a observar los abatimientos en el pozo de bombeo. Debido a que en su interior y en su vecindad inmediata se presentan efectos locales complejos, dif6ciles de tomar en cuenta en las soluciones te6ricas (concentraciones de flujo; influencia del filtro de grava; p6rdidas por entrada, fluctuaciones, cambios de direcci6n; turbulencias . . .), la interpretaci6n de las pruebas en este caso es a6n muy dudosa y, por lo mismo, los resultados de ella deben tomarse con ciertas reservas.

2.5.- DURACION DE LA PRUEBA.

La duraci6n recomendable de una prueba de bombeo depende de las caracter6sticas del sistema acuífero estudiado y de la precisi6n con que se desea conocer sus caracter6sticas hidr6ulicas; desde luego, en la pr6ctica est6 sujeta a la

disponibilidad de los pozos (cuando se utilizan pozos particulares) y a limitaciones económicas. Una prueba de larga duración tiene varias ventajas: las características deducidas de su interpretación son representativas de una área mayor, ya que los efectos del bombeo se propagan a mayor distancia; en ocasiones, revela la presencia de fronteras laterales; en algunos casos, se alcanza la estabilización del cono de abatimiento, facilitando la interpretación de la prueba.

La duración recomendable varía entre varias - - horas y varios días, siendo conveniente prolongarla tanto como sea posible, sobre todo cuando se cuenta con pozos de observación; en caso contrario, no se justifica realizar pruebas largas y, en general, son suficientes unas cuantas horas de bombeo. En todo caso, el graficado en el sitio de prueba, del comportamiento de los niveles del agua proporciona elementos de juicio para continuar o suspender la prueba, como se indica más adelante.

Para verificar los resultados deducidos mediante la llamada "etapa de bombeo" ó "etapa de abatimiento", se lleva a cabo la llamada "etapa de recuperación", que consiste en observar el comportamiento de los niveles al suspender el bombeo durante un cierto tiempo; la duración de esta etapa es, generalmente, semejante a la de la etapa anterior.

2.6.- EJECUCION DE LA PRUEBA.

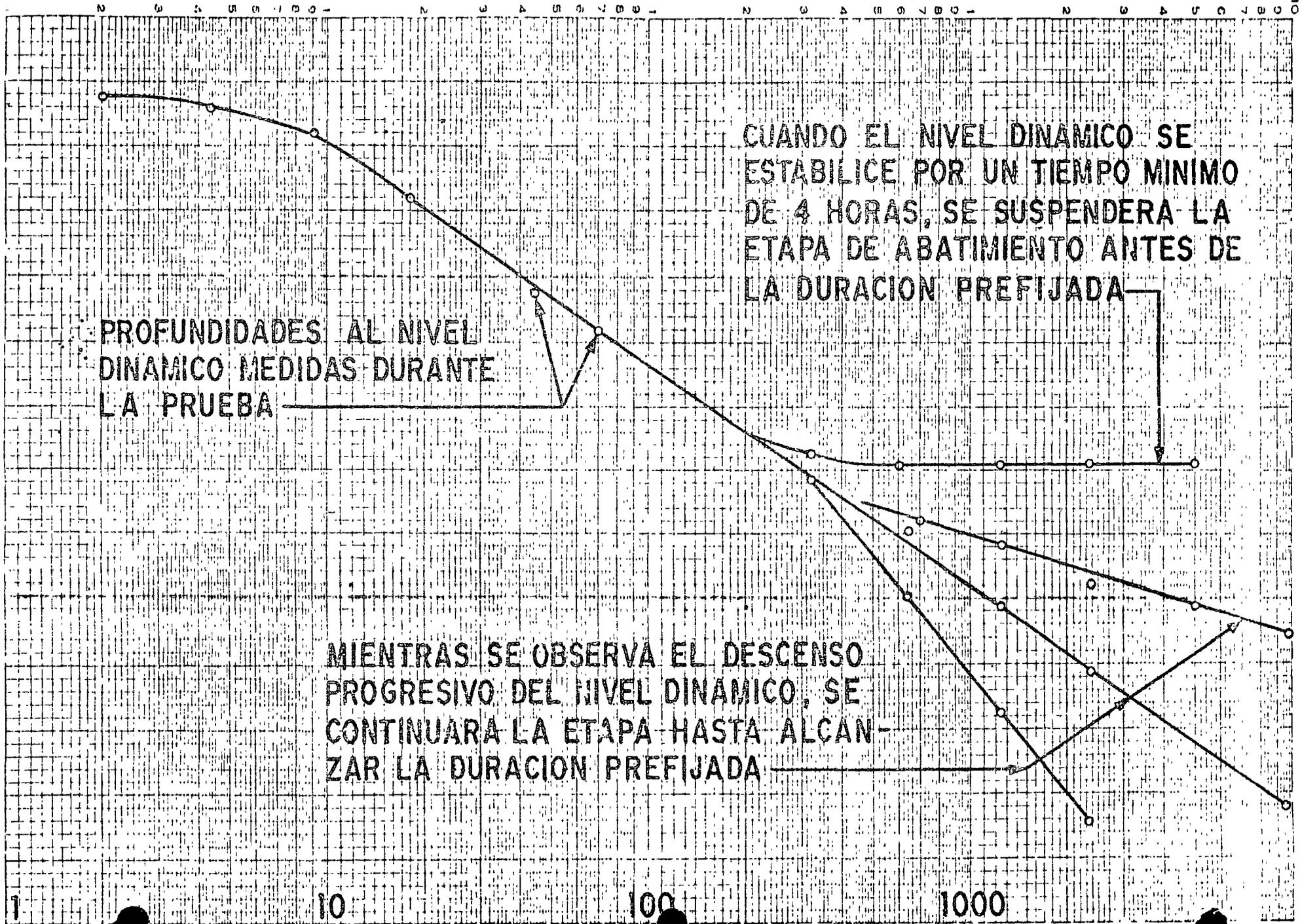
Antes de iniciar la prueba, se revisará el equipo a utilizar (cronómetros, sondas, cintas métricas, escuadra para aforo, etc.), para verificar su correcto funcionamiento. El cable de las sondas deberá ser previamente calibrado. Cuando se cuente con varias sondas, se procurará, en lo posible, que todas las observaciones en un pozo se efectúen con la misma sonda.

Seguidamente, se llevarán a cabo las actividades siguientes:

a).- Inmediatamente antes de iniciar el bombeo, se medirá la profundidad al nivel estático en el pozo de bombeo y en el (o los) de observación. Se anotará la hora de iniciación de la prueba y las lecturas iniciales con el nombre de los pozos a que corresponden.

TIEMPO DE BOMBEO, EN MIN TOS

PROFUNDIDAD AL NIVEL DINAMICO, EN METROS



b).- Se iniciará el bombeo, procurando mantener un caudal constante, y se procederá a medir la profundidad al nivel del agua en el pozo de bombeo y en el (o los) de observación, con la secuela de tiempos que se indica a continuación:

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA INICIACION DEL BOMBEO
1	Inmediatamente antes de iniciar el bombeo.
2	15 Segundos
3	30 Segundos
4	1 Minuto
5	2 Minutos
6	4 Minutos
7	8 Minutos
8	15 Minutos
9	30 Minutos
10	1 Hora
11	2 Horas
12	4 Horas
13	8 Horas
14	16 Horas
15	24 Horas
16	32 Horas
17	40 Horas
18	48 Horas

c).- A intervalos de tiempo seleccionados, se harán las observaciones o lecturas necesarias para cuantificar el caudal de bombeo.

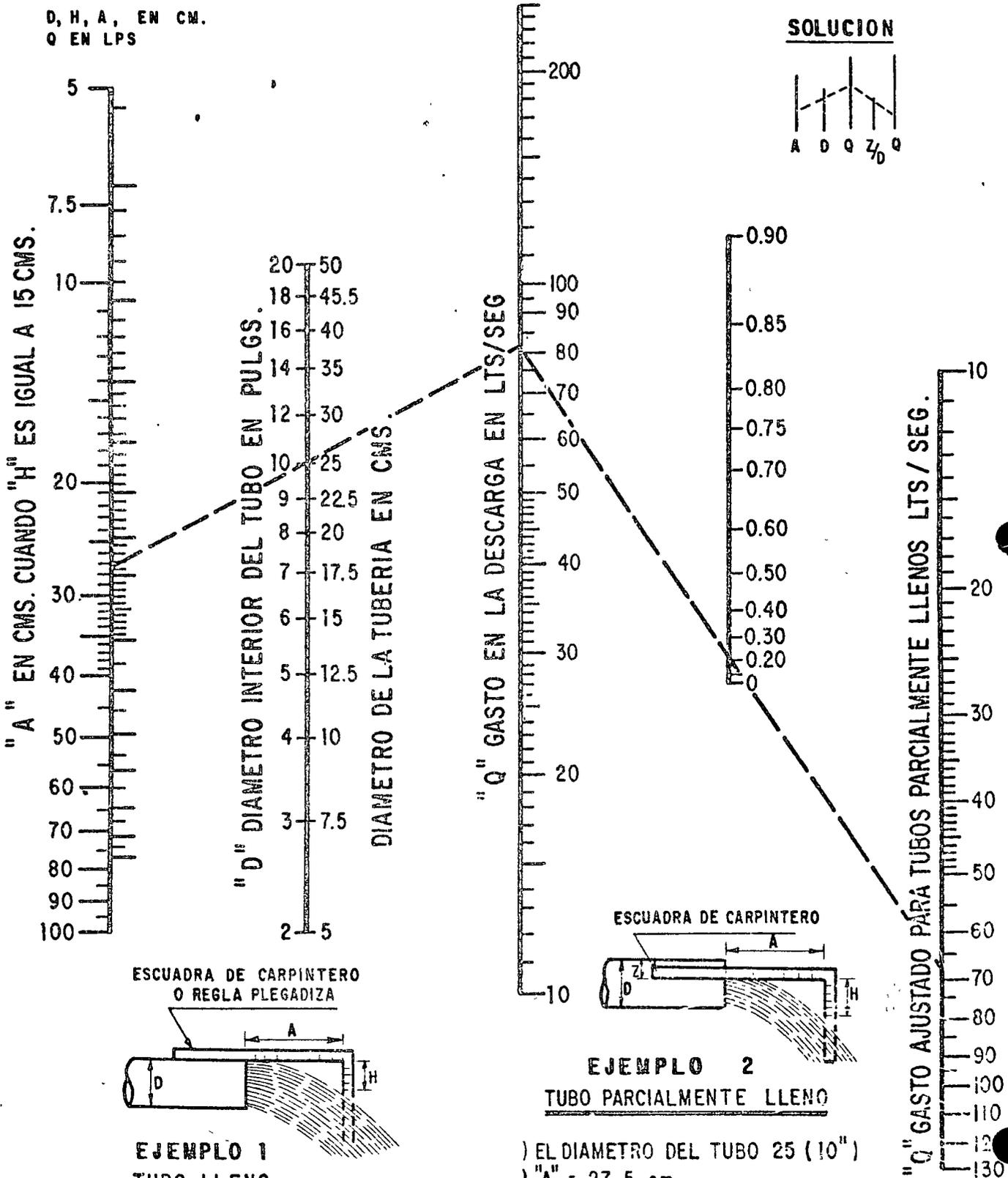
d).- Con las observaciones realizadas, se - - construirá, en el sitio de prueba, la gráfica de variación del nivel dinámico en el tiempo, para el pozo de bombeo y - para cada uno de los pozos de observación. En la gráfica-- ción podrá utilizarse papel con trazado aritmético o semilogarítmico (los tiempos se llevarán en la escala logarítmica). Estas gráficas son útiles para juzgar el correcto desarrollo de la prueba: permiten detectar errores de medición, variaciones sensibles de caudal y otras anomalías causadas por factores externos, y constituyen un elemento de - juicio para continuar o suspender una prueba.

NOMOGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO A TRAVES DE UN TUBO

FORMULA RESUELTA

$$Q = 0.0174 \frac{A D^2}{\sqrt{H}}$$

D, H, A, EN CM.
Q EN LPS



"A" EN CMS. CUANDO "H" ES IGUAL A 15 CMS.

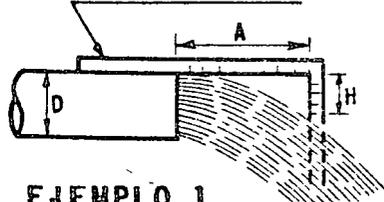
"D" DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO EN PULGOS.

DIAMETRO DE LA TUBERIA EN CMS.

"Q" GASTO EN LA DESCARGA EN LIS/SEG

"Q" GASTO AJUSTADO PARA TUBOS PARCIALMENTE LLENOS LIS/ SEG.

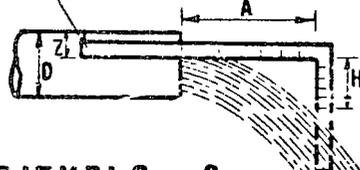
ESCUADRA DE CARPINTERO O REGLA PLEGADIZA



EJEMPLO 1
TUBO LLENO

-) EL DIAMETRO DEL TUBO 25 (10")
-) "A" = 27.5 cm.
-) "H" = 15 cm.
-) "Q" = 81 LIS / SEG

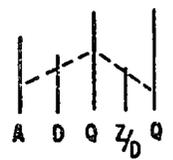
ESCUADRA DE CARPINTERO



EJEMPLO 2
TUBO PARCIALMENTE LLENO

-) EL DIAMETRO DEL TUBO 25 (10")
-) "A" = 27.5 cm.
-) "H" = 15 cm.
-) "Z" = 5 cm.
- $Z/D = \frac{\text{FALTANTE}}{\text{DIAMETRO}} = \frac{5}{25} = \frac{1}{5} = 0.20$

SOLUCION



VALORES DEL COEFICIENTE
DE
DESCARGA K' EN TUBERIAS

DIAMETRO DE ORIFICIO (")	DIAMETRO DE DESCARGA EN PULGADAS							
	3	4	5	6	7	8	10	12
2	0.639	0.453	0.552	0.553				
2 1/4	0.892	0.950	0.716	0.706	0.697			
2 1/2	1.243	0.973	0.901	0.881	0.870	0.859		
2 3/4		1.256	1.117	1.074	1.057	1.048		
3		1.862	1.365	1.293	1.276	1.253	1.231	
3 1/4		2.406	1.666	1.553	1.503	1.482	1.461	
3 1/2			2.014	1.845	1.767	1.736	1.706	
3 3/4			2.306	2.165	2.061	2.005	1.963	1.939
4			3.097	2.546	2.387	2.308	2.246	2.220
4 1/4				2.979	2.759	2.643	2.553	2.513
4 1/2				3.575	3.172	3.021	2.890	2.830
4 3/4				4.206	3.615	3.420	3.240	3.162
5				4.973	4.177	3.954	3.706	3.531
5 1/4					4.862	4.350	4.024	3.904
5 1/2					5.259	4.689	4.176	4.310
5 3/4					6.572	5.546	4.954	4.749
6						6.356	5.479	5.192
6 1/4						7.260	6.019	5.691
6 1/2						8.299	6.650	6.213
6 3/4							7.303	6.794
7							8.042	7.396
7 1/4							8.833	8.003
7 1/2							9.931	8.636
7 3/4							11.047	9.405
8							12.334	10.185
8 1/4							13.533	10.996
8 1/2								11.930
8 3/4								13.015
9								14.301
9 1/4								15.523
9 1/2								17.454
9 3/4								18.667
10								19.893

$$Q = K' \sqrt{h}$$

Q en lps

h en cm.

e).- La duración de la etapa de bombeo, fijada inicialmente como se indicó en (2.5) podrá modificarse con el criterio siguiente:

- Si el caudal de bombeo varía apreciablemente, en forma continua e incontrolable, se suspenderá la prueba.
- Cuando en la gráfica nivel dinámico-tiempo, - del pozo bombeado (en trazado semilogarítmico o aritmético) se observe una estabilización del nivel dinámico por un tiempo mínimo de 4 hs, podrá suspenderse la etapa de bombeo antes de alcanzar la duración prefijada, (ver gráfica anexa).

f).- Una vez concluída la etapa de bombeo, se iniciará la de recuperación, en la que se efectuarán observaciones en los tiempos indicados a continuación:

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA SUSPENSION DEL BOMBEO
1	Inmediatamente antes de suspender el bombeo.
2	15 Segundos
3	30 Segundos
4	1 Minuto
5	2 Minutos
6	4 Minutos
7	8 Minutos
8	15 Minutos
9	30 Minutos
10	1 Hora
11	2 Horas
12	4 Horas
13	8 Horas
14	16 Horas
15	24 Horas
16	32 Horas
17	40 Horas
18	48 Horas

g).- Los tiempos indicados en los incisos b) y f) son una guía de la frecuencia con la que deben realizarse las observaciones. Si, por cualquier causa, no puede hacer-

se contacto con el nivel dinámico en el tiempo señalado, se hará la medición y se indicará el tiempo real a que corresponde.

2.7.- COMENTARIOS GENERALES.

De todo lo expuesto se desprende que una prueba de bombeo requiere una cuidadosa programación e implica - un cierto gasto más o menos significativo. Desde luego, la duración del bombeo y el número de pozos de observación recomendables en cada caso particular, depende del tipo de problema de que se trate. En muchos casos no se justifica una prueba larga, ni la construcción de pozos "testigo"; por ejemplo, cuando se trata de problemas de carácter muy local. En cambio, cuando se trata de problemas más complejos o de carácter regional, como el cálculo de la disponibilidad de agua subterránea de una zona, o el diseño de un campo de pozos o de un sistema de drenaje agrícola, se justifica plenamente el gasto - que implica la ejecución de una prueba completa, ya que un conocimiento insuficiente o equivocado de las características - del sistema, se puede traducir en graves perjuicios económicos.

III.- ANALISIS DE LAS PRUEBAS.

La interpretación de las pruebas de bombeo en acuíferos granulares, se basa en soluciones teóricas deducidas resolviendo la ecuación diferencial de flujo, para las condiciones de frontera representativas de diversos sistemas. Dichas soluciones expresan matemáticamente el comportamiento de los niveles piezométricos en el área estudiada por el bombeo.

Al realizar una prueba, la gráfica de las observaciones sugiere el tipo de sistema de que se trata. Mediante consideraciones geológicas, hidrológicas y topográficas, basadas en la información complementaria disponible (cortes geológicos, registros eléctricos, geología superficial, presencia de canales o ríos, pendiente topográfica, etc.), se confirma, modifica o descarta la suposición hecha inicialmente. Una vez identificado el sistema, a partir de las ecuaciones correspondientes pueden deducirse las características hidráulicas buscadas.

Naturalmente, para que el problema sea atacable analíticamente, es necesario simplificar los sistemas conside

rados, introduciendo algunas hipótesis. Las más comunes son:

- el acuífero tiene extensión lateral infinita.
- el acuífero es homogéneo, isótropo y de espesor uniforme en el área afectada por el bombeo.
- la superficie piezométrica o la superficie freática, según el caso, es aproximadamente horizontal en el área de influencia del bombeo, antes de iniciarse la prueba.
- el caudal de descarga es constante.
- el pozo capta totalmente el espesor del acuífero.

Aparentemente, estas hipótesis limitan seriamente la aplicabilidad de las soluciones a casos reales; sin embargo, no deben considerarse en forma rigurosa sino con un enfoque práctico. Es claro que las condiciones naturales siempre diferirán en cierta medida de las condiciones teóricas; pero en muchos casos tales desviaciones no son significativas desde el punto de vista práctico.

Conviene aclarar, sobre todo, que las hipótesis señaladas deben cumplirse, exclusivamente, en el área afectada por el bombeo, la cual no es de extensión muy considerable. Este hecho hace a las hipótesis más "razonables". En efecto, las características hidráulicas y el espesor medio de un acuífero, generalmente no presentan variaciones importantes en el área comprendida por el cono de abatimientos; en condiciones naturales la superficie freática o la superficie piezométrica tienen gradientes muy pequeños, por lo que pueden suponerse prácticamente horizontales; en cuanto a la homogeneidad, la presencia de intercalaciones de materiales de litología y permeabilidad diferentes a las del acuífero, sólo afectan localmente la distribución de abatimientos, pero no influyen significativamente en el comportamiento de conjunto del acuífero.

Obviamente, cuando las condiciones reales se apartan notablemente de las establecidas en las hipótesis, las soluciones basadas en éstas dejan de ser aplicables, y es ne-

cesario utilizar otras soluciones cuyas hipótesis se ajusten razonablemente a la situación real.

3.1.- MECANISMO DEL FLUJO HACIA UN POZO.

Quando un pozo es bombeado, la superficie freática (o piezométrica) del acuífero es abatida en sus alrededores. El abatimiento provocado es máximo en el pozo de bombeo y decrece conforme aumenta la distancia al pozo, hasta ser prácticamente nulo. Como el abatimiento a cierta distancia del pozo es el mismo en todas direcciones, el área de influencia del bombeo es un círculo (si el acuífero es relativamente homogéneo e isótropo) cuyo radio depende de las características hidráulicas y del tiempo de bombeo, entre otros factores.

Dado que la presión mínima se tiene en el pozo de bombeo, el agua fluye hacia él desde todas direcciones. Si el flujo es horizontal, conforme el agua se acerca al pozo, se mueve a través de superficies cilíndricas de área cada vez menor; como consecuencia, la velocidad del agua va incrementando conforme ésta se acerca al pozo. Puesto que la velocidad es proporcional al gradiente hidráulico, de acuerdo con la ley de Darcy, la pendiente de la superficie piezométrica incrementa gradualmente hacia el pozo, lo que da a dicha superficie una forma aproximadamente cónica. Por ello, a la depresión piezométrica provocada por el bombeo, se le acostumbra llamar "cono de depresión".

El agua bombeada por el pozo es tomada del almacenamiento del acuífero. Si no hay recarga vertical en el área afectada por el bombeo, la depresión piezométrica se va expandiendo afectando un área cada vez mayor. Al crecer el área afectada, los abatimientos necesarios para mantener la extracción del pozo son cada vez menores, alcanzándose un momento en el que la superficie piezométrica se estabiliza en las proximidades del pozo. En estas condiciones se dice que el flujo está establecido.

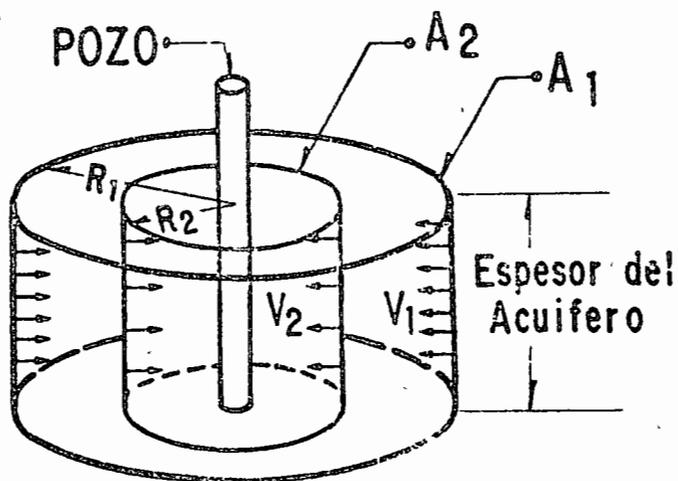
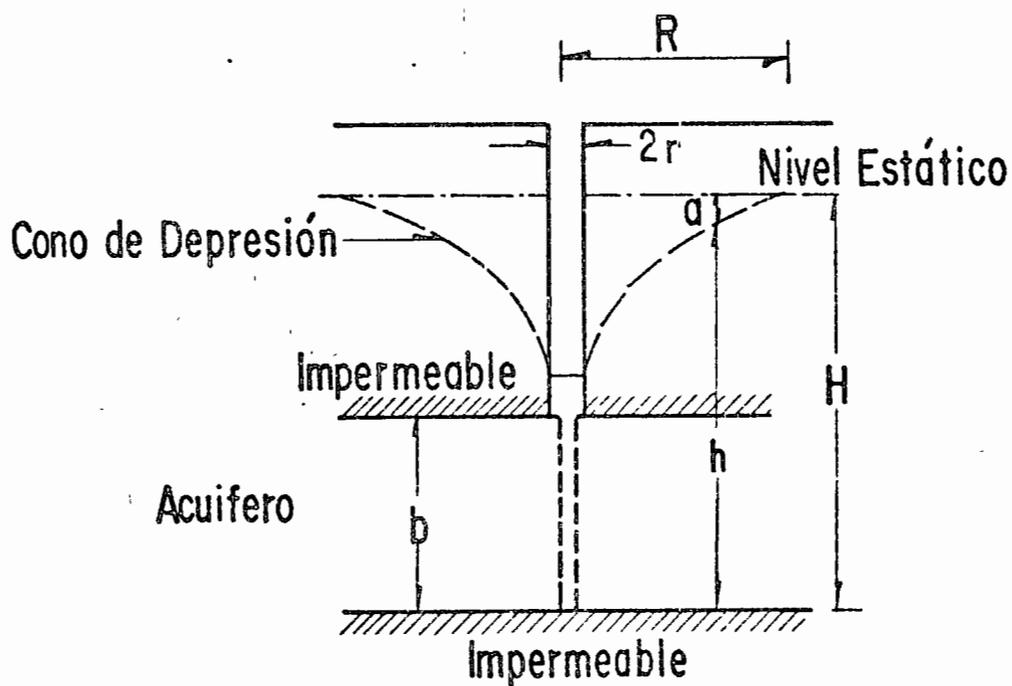
3.2.- POZOS EN ACUIFEROS CONFINADOS.

Pruebas en régimen de flujo establecido.-

Puede demostrarse que la solución de la ecuación diferencial

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} = 0 \quad (1)$$

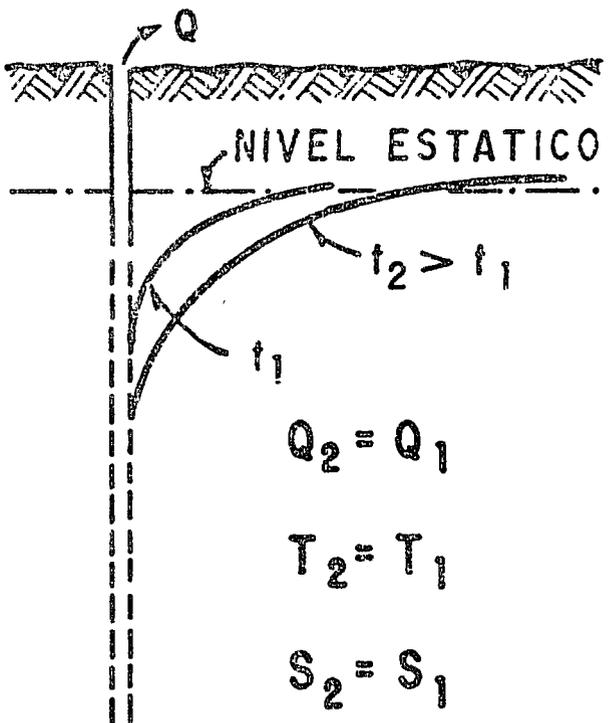
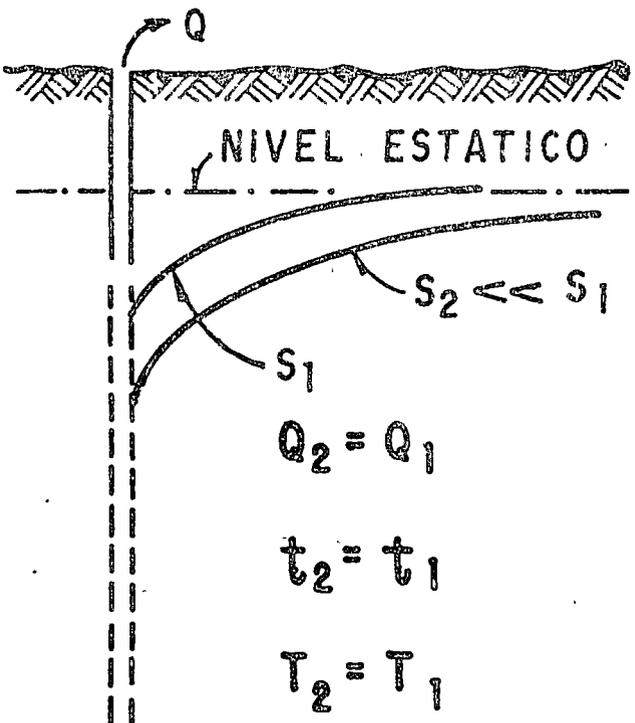
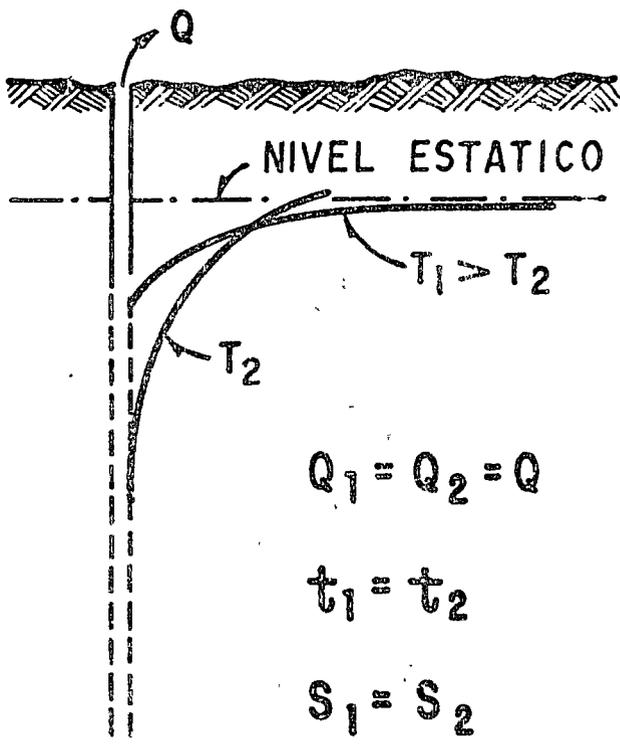
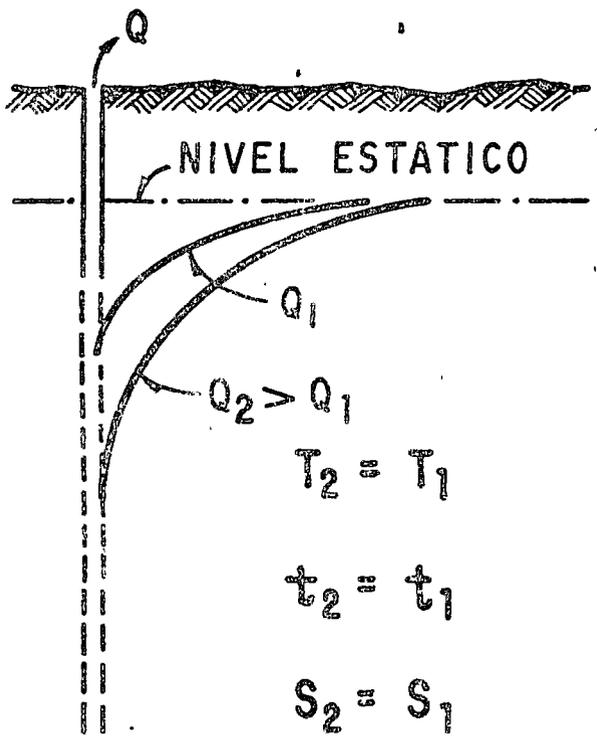
MECANISMO DEL FLUJO HACIA UN POZO



$$R_1 = 2 R_2 \quad A_1 = 2 A_2$$

$$V_2 = 2 V_1$$

FIG. C.— INFLUENCIA DEL CAUDAL (Q) TIEMPO DE BOMBEO (t), TRANSMISIBILIDAD (T), ALMACENAMIENTO (S), EN LA FORMA Y DIMENSIONES DEL CONO DE DEPRESION



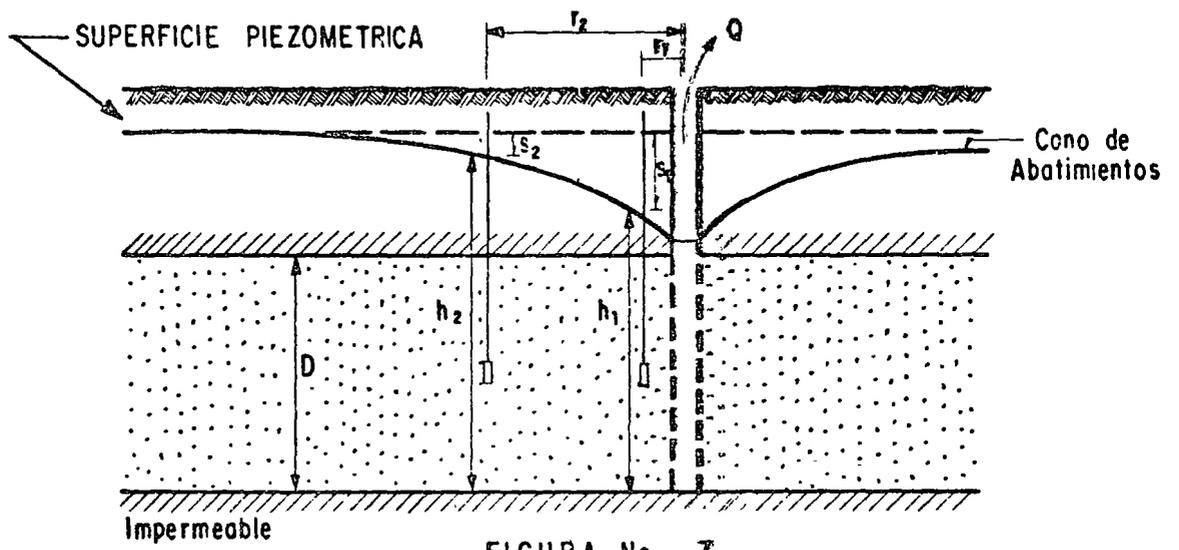
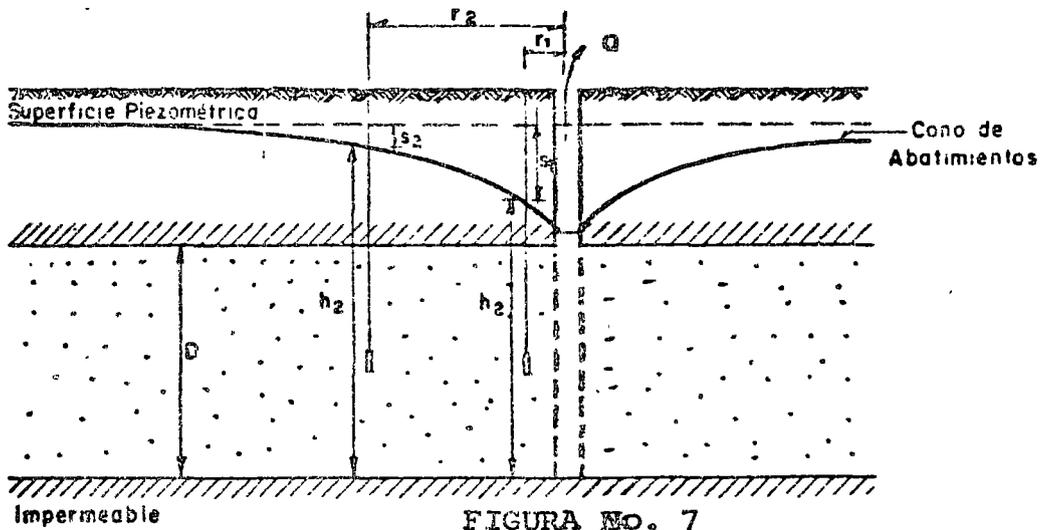


FIGURA No. 7

sujeta a las condiciones de frontera correspondientes al sistema ilustrado en la figura, es:

$$h_1 - h_2 = \frac{Q}{2\pi Kb} L \frac{r_1}{r_2} \quad (2)$$

en la que: h_1 y h_2 son las elevaciones del nivel del agua a las distancias r_1 y r_2 del pozo de bombeo, respectivamente; Q , el caudal bombeado; K , la permeabilidad del acuífero, y b , su espesor saturado. Esta solución se basa en la hipótesis de que el flujo hacia el pozo se encuentra establecido, y en todas las -- antes señaladas.



La expresión anterior, llamada "Fórmula de Thiern", permite calcular la permeabilidad cuando se conoce la posición del nivel del agua en dos pozos de observación:

$$K = \frac{Q}{2\pi b (a_2 - a_1)} L \frac{r_1}{r_2} \quad (3)$$

Cuando sólo se dispone de un pozo de observación, la permeabilidad se deduce mediante la ecuación:

$$K = \frac{Q}{2\pi b (a_p - a_1)} L \frac{r_1}{r_p} \quad (4)$$

HIPOTESIS BASICAS DE LA ECUACION DE THIEM

- a). - ACUIFERO HOMOGENEO E ISOTROPO EN EL AREA AFECTADA POR EL BOMBEO.
- b). - EL ESPESOR DEL ACUIFERO ES CONSTANTE (ACUIFERO - CONFINADO) O EL ESPESOR SATURADO INICIAL ES CONS - TANTE ANTES DE INICIAR EL BOMBEO (ACUIFERO LIBRE).
- c). - EL POZO ES TOTALMENTE PENETRANTE.
- d). - LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA O FREATICA ES HORIZON - TAL ANTES DE INICIARSE EL BOMBEO.
- e). - EL ABATIMIENTO EN LAS PROXIMIDADES DEL POZO NO VA - RIA EN EL TIEMPO.

en la que r_p es el radio del pozo de bombeo, y a_p es el abatimiento registrado en el mismo. Esta expresión debe utilizarse con reservas, porque el abatimiento medido en el pozo está influenciado por las pérdidas locales en el pozo de bombeo.

Aun cuando las fórmulas anteriores son aplicables a algunos casos prácticos, tienen dos limitaciones principales: no proporcionan información respecto al coeficiente de almacenamiento, ni permiten calcular los abatimientos en función del tiempo.

Pruebas de bombeo en régimen transitorio.-

En 1935, C. V. Theis inició el estudio de la hidráulica de pozos en régimen transitorio, al desarrollar la fórmula que lleva su nombre. Mediante ella pueden deducirse los valores de los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento, a partir de los abatimientos registrados en uno o varios pozos de observación para diferentes tiempos de bombeo, con la ventaja de que no es necesario esperar la estabilización del cono de abatimientos, como en el caso anterior.

La solución desarrollada por Theis, es:

$$a = \frac{Q}{4Tt} W(u) \quad (5)$$

donde: a es el abatimiento registrado a la distancia r del pozo de bombeo; Q , es el caudal; T , la transmisibilidad; $W(u)$, la función de pozo, y

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (6)$$

Con base en las expresiones (5) y (6), Theis desarrolló el método gráfico-numérico de solución para determinar los parámetros T y S , que a continuación se describe:

- a).- Trazar la curva tipo $W(u) - 1/u$ en papel con trazado doble logarítmico.
- b).- Construir la gráfica abatimiento-tiempo del pozo de observación en papel idéntico al utilizado en el inciso a).
- c).- Superponer las gráficas manteniendo los ejes paralelos, y buscar la coincidencia de la

HIPOTESIS BÁSICAS DE LA ECUACION DE THEIS

- a).- EL ACUIFERO ES HOMOGENEO E ISOTROPO.
- b).- EL ESPESOR SATURADO DEL ACUIFERO ES CONSTANTE.
- c).- EL ACUIFERO TIENE EXTENSION LATERAL INFINITA.
- d).- EL CAUDAL BOMBEADO PROCEDE DEL ALMACENAMIENTO DEL ACUIFERO.
- e).- EL POZO ES TOTALMENTE PENETRANTE.
- f).- EL ACUIFERO LIBERA EL AGUA INSTANTANEAMENTE AL ABATIRSE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA.

curva de campo y curva tipo.

- d).- Seleccionar un punto de ajuste y obtener sus coordenadas en los cuatro ejes.
- e).- Substituir los valores de las coordenadas en las ecuaciones (5) y (6), despejando los valores de T y S.

En la figura se muestra la curva tipo; la figura ilustra la interpretación de una prueba de bombeo.

En general, debe darse menor peso a los puntos correspondientes a los tiempos más cortos, pues en esta parte de la prueba pueden tenerse las mayores discrepancias entre las condiciones reales y las hipótesis establecidas para obtener la fórmula: hay cierto retraso entre el abatimiento de la superficie piezométrica y la liberación del agua, retraso que puede ser mayor en esta parte de la prueba, en la que los niveles se abaten rápidamente; el caudal puede variar apreciablemente por el incremento brusco de la carga de bombeo, etc. Para tiempos mayores de bombeo, estas discrepancias se van minimizando y se tiene un mejor ajuste entre la teoría y las condiciones reales.

Un método más sencillo para la interpretación de las pruebas, fué desarrollado por Jacob, quien observó -- que para tiempos largos ($t > 5Sr^2/T$), la ecuación (5) puede expresarse:

$$a = \frac{2.30Q}{4\pi T} \log \frac{2.25 Tt}{r^2S}$$

A partir de esta fórmula, desarrolló el método gráfico de interpretación que lleva su nombre, y que consiste en lo siguiente:

- a).- Construir la gráfica abatimiento (en escala aritmética) contra tiempo (en escala logarítmica).
- b).- Pasar una recta por los puntos que se alinean, y determinar su pendiente. Los puntos correspondientes a los primeros minutos de la prueba se apartan generalmente

CURVA TIPO PARA INTERPRETACION DE PRUEBAS DE BOMBEO EN POZOS TOTALMENTE PENETRANTES EN ACUIFEROS CONFINANTES

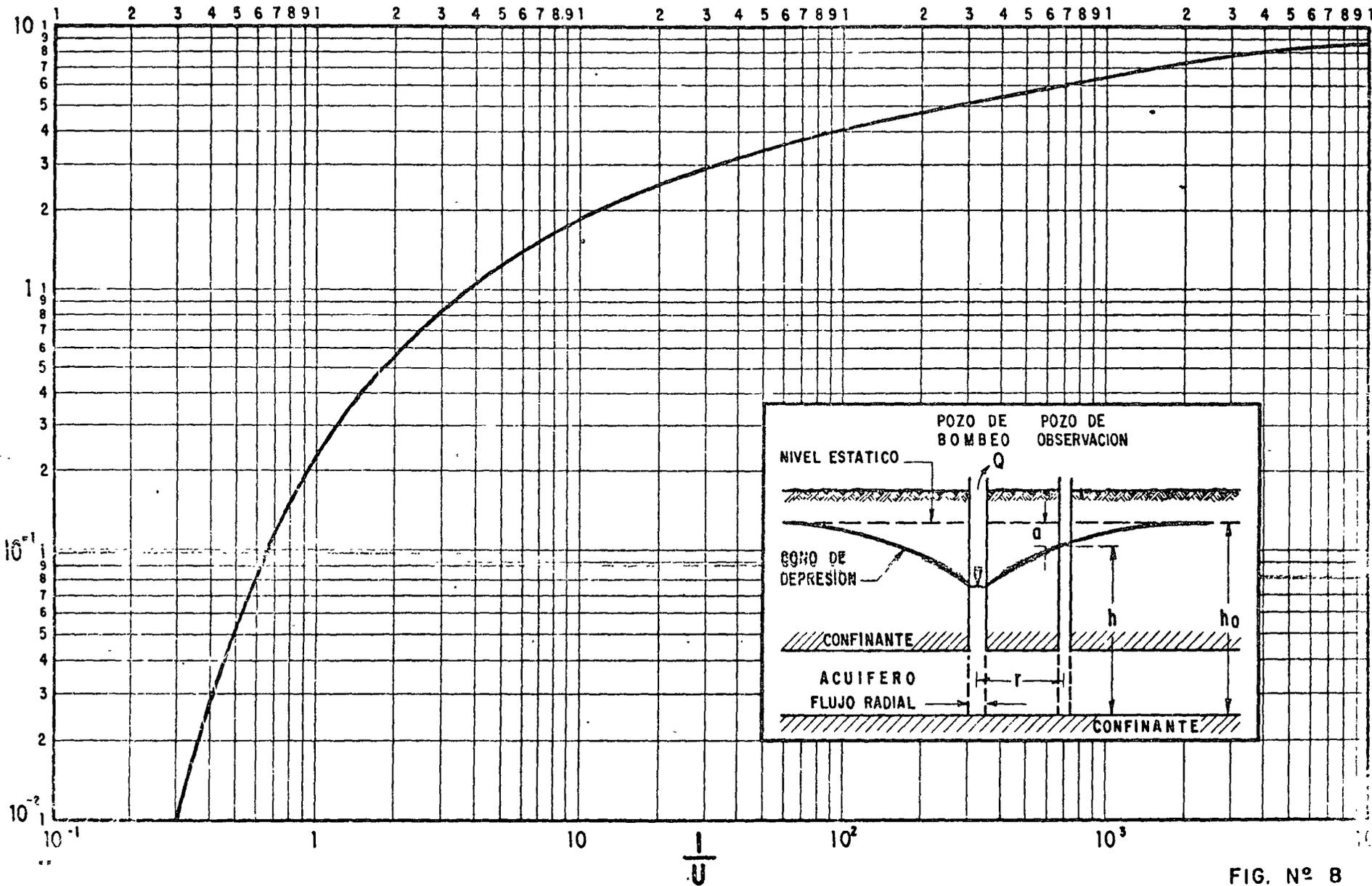


FIG. N° 8

de la recta, debido a que corresponden a -
tiempos cortos ($t < 5r^2S/T$) para los cuales
no es válida la fórmula de Jacob.

- c).- Si la pendiente de la recta de ajuste es $\frac{Q}{b}$
la transmisibilidad puede obtenerse de la
expresión:

$$T = \frac{0.183 Q}{b}$$

- d).- Determinar el valor de t , t_0 , para el cual
la prolongación de la recta de ajuste in--
tersecta la línea de abatimiento nulo.

- e).- Calcular el coeficiente de almacenamiento
mediante la expresión:

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

El mismo método puede seguirse cuando se cono--
cen los abatimientos en varios pozos de observación para un -
tiempo dado. En este caso se grafica el abatimiento contra la
distancia (en escala logarítmica). Los coeficientes buscados
se obtienen mediante las fórmulas:

$$T = \frac{0.366 Q}{b}$$

$$S = \frac{2.25 T t}{r_0^2}$$

en que r_0 es el valor de r para el cual la prolongación de la
recta de ajuste interseca la línea de abatimiento nulo.

La forma más general del método se aplica cuando
se tienen observaciones en varios pozos de observación para di-
ferentes tiempos. En este caso, se llevan en el eje logarítmico
los valores de la relación t/r^2 , y se sigue la secuela descrita
anteriormente.

En la figura se compara la curva tipo de Theis
con la aproximación de Jacob, en trazado semilogarítmico; en la
figura se ejemplifica la aplicación del método.

INTERPRETACION DE UNA PRUEBA DE BOMBEO

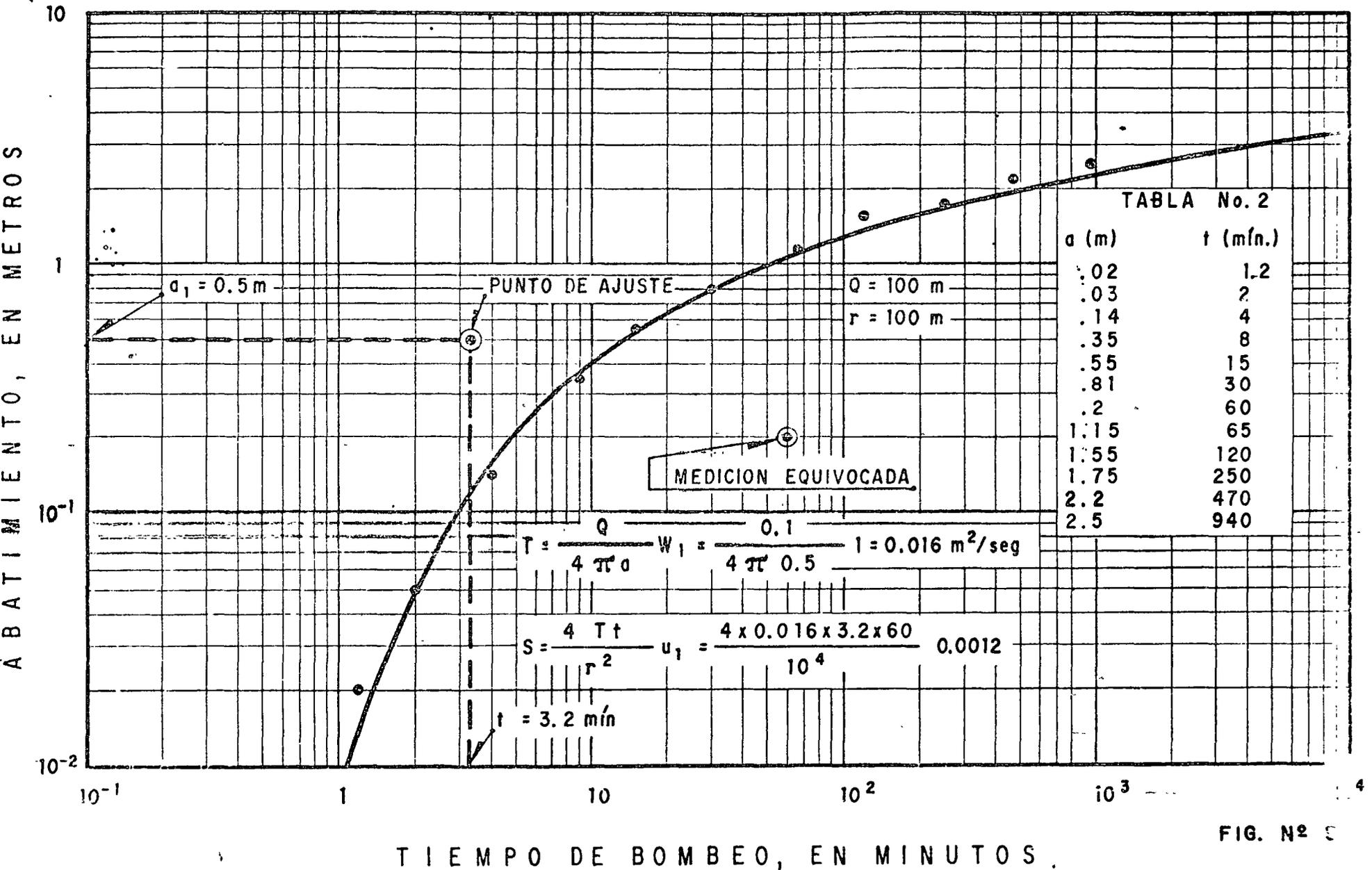
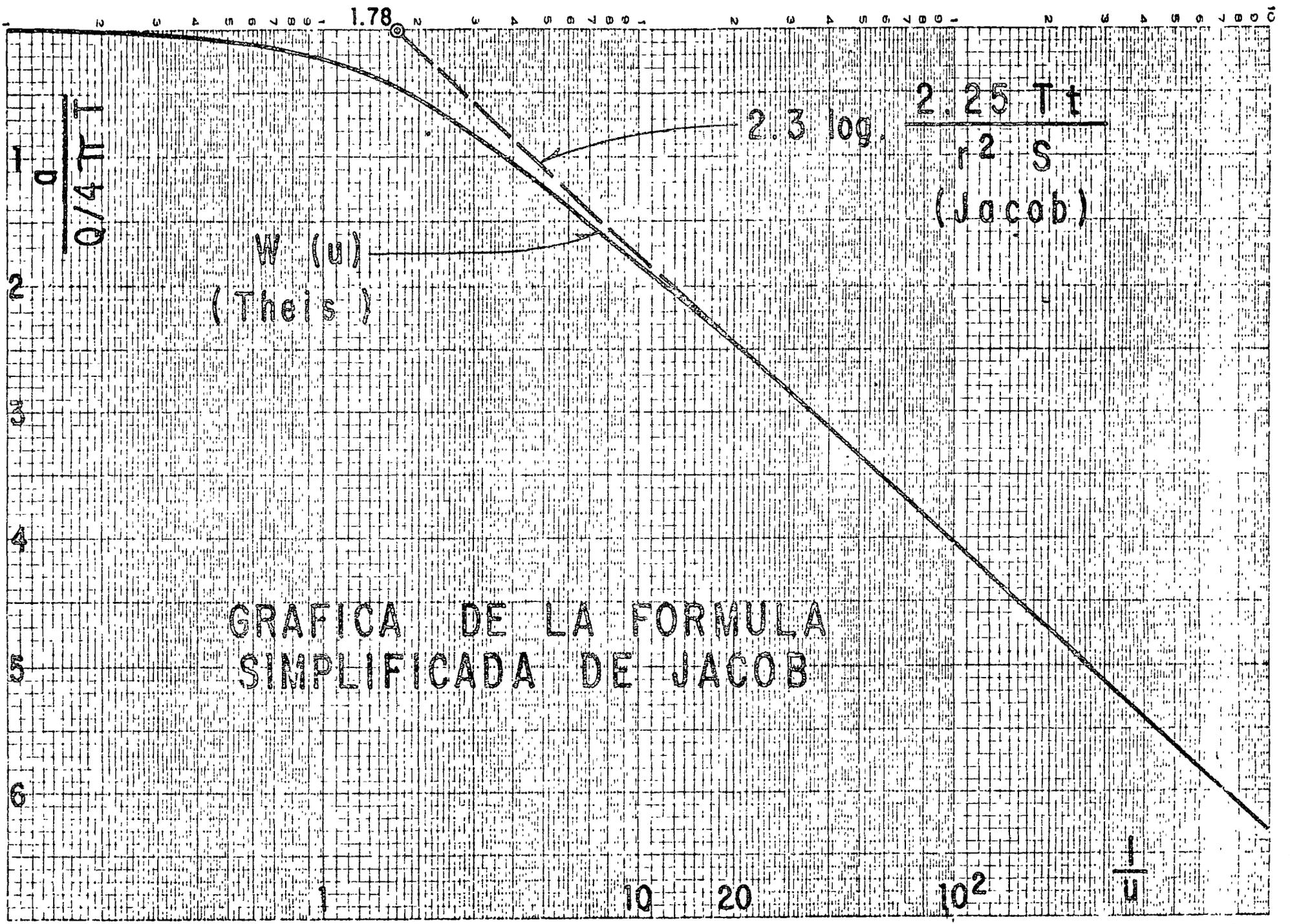


FIG. N° 3



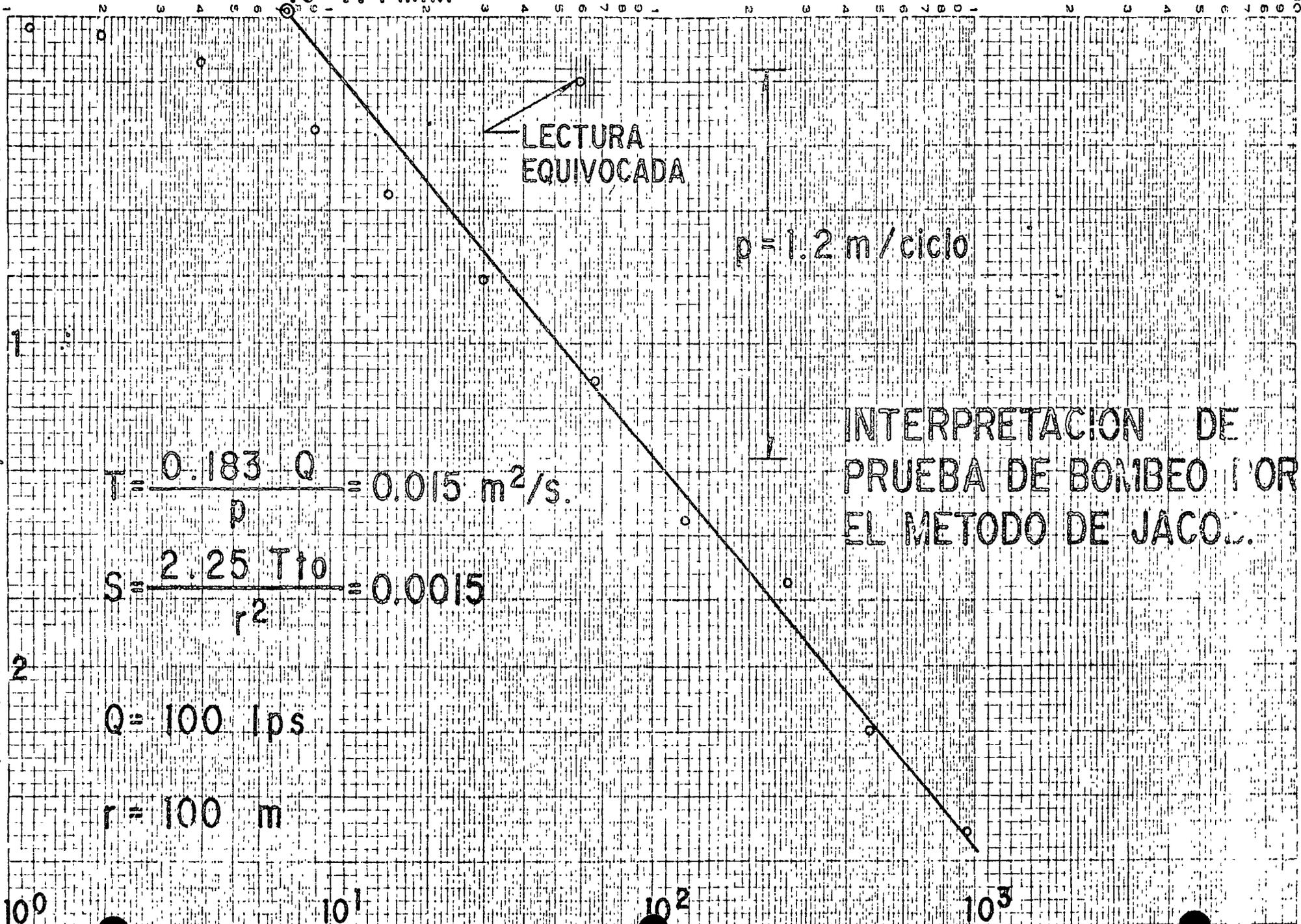
GRAFICA DE LA FORMULA
SIMPLIFICADA DE JACOB

FIG. N° 10

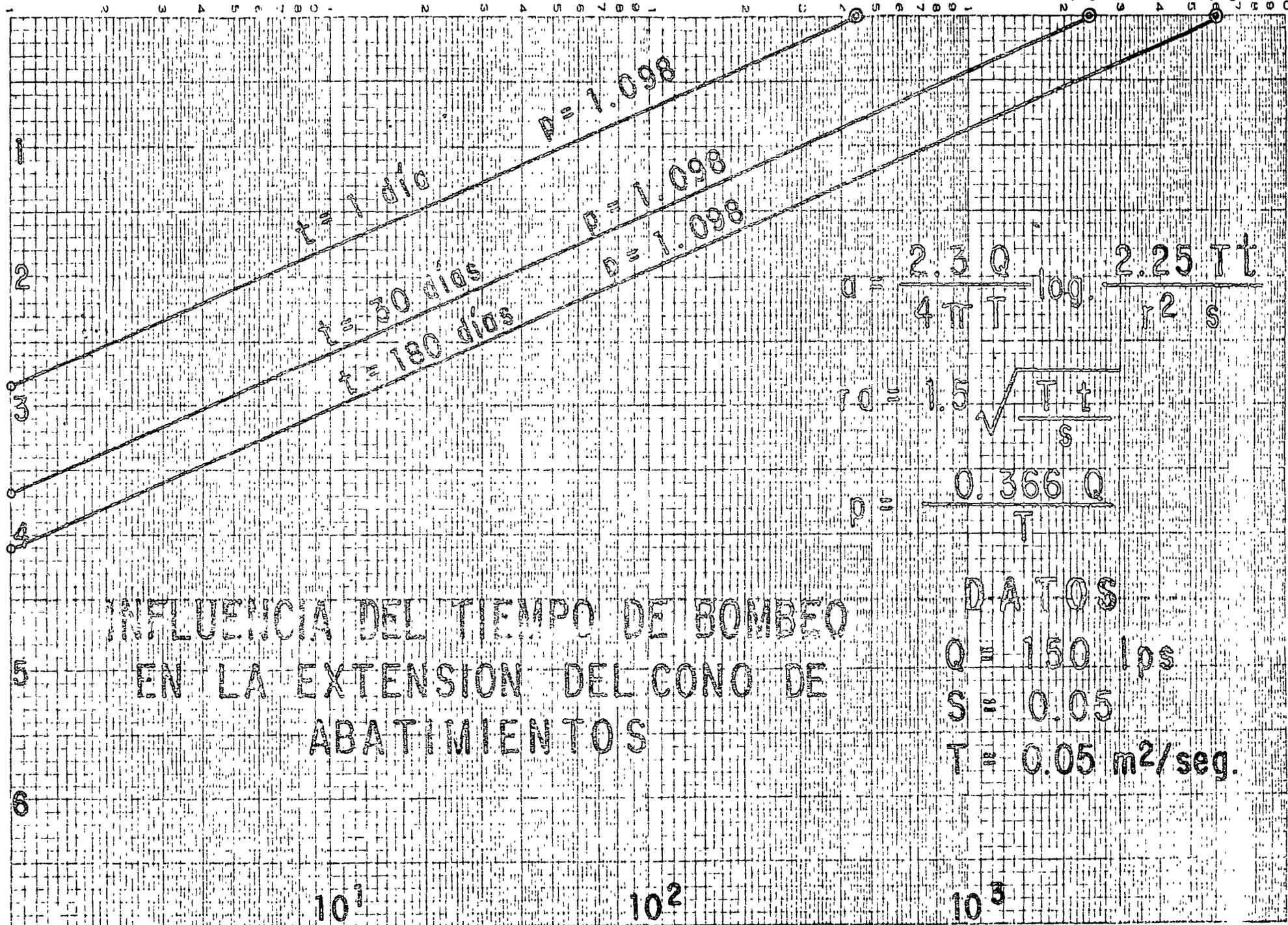
TIEMPO DE BOMBEO, EN MINUTOS

$t_0 = 7.4$ min.

ABATIMIENTO, EN METROS



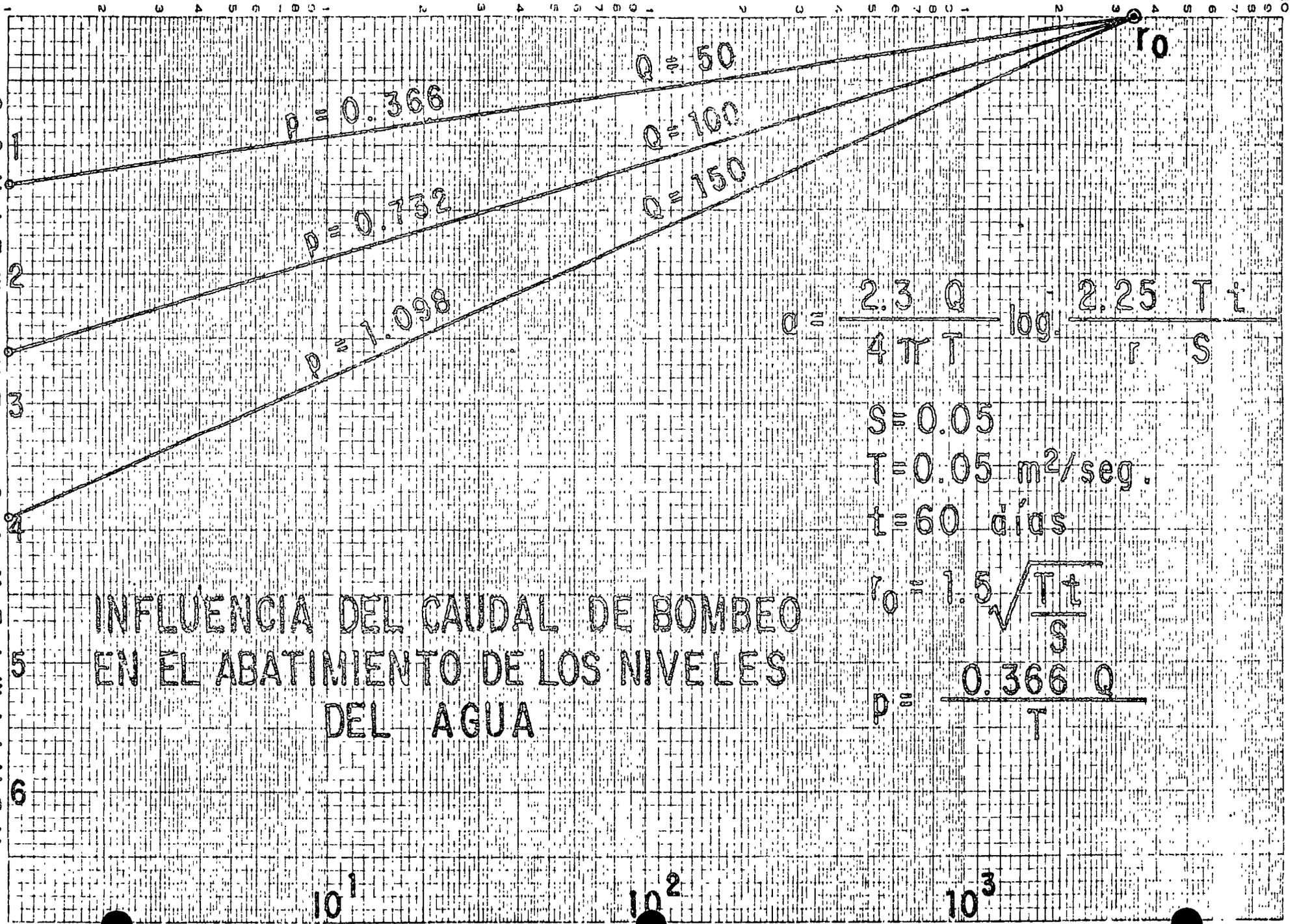
DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO EN METROS



INFLUENCIA DEL TIEMPO DE BOMBEO
 EN LA EXTENSION DEL CONO DE
 ABATIMIENTOS

DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO L, METROS

ABATIMIENTO EN METROS



INFLUENCIA DEL CAUDAL DE BOMBEO
EN EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES
DEL AGUA

$$p = \frac{2.3 Q}{4\pi T} \log \frac{2.25 T t}{r^2 S}$$

$S = 0.05$

$T = 0.05 \text{ m}^2/\text{seg.}$

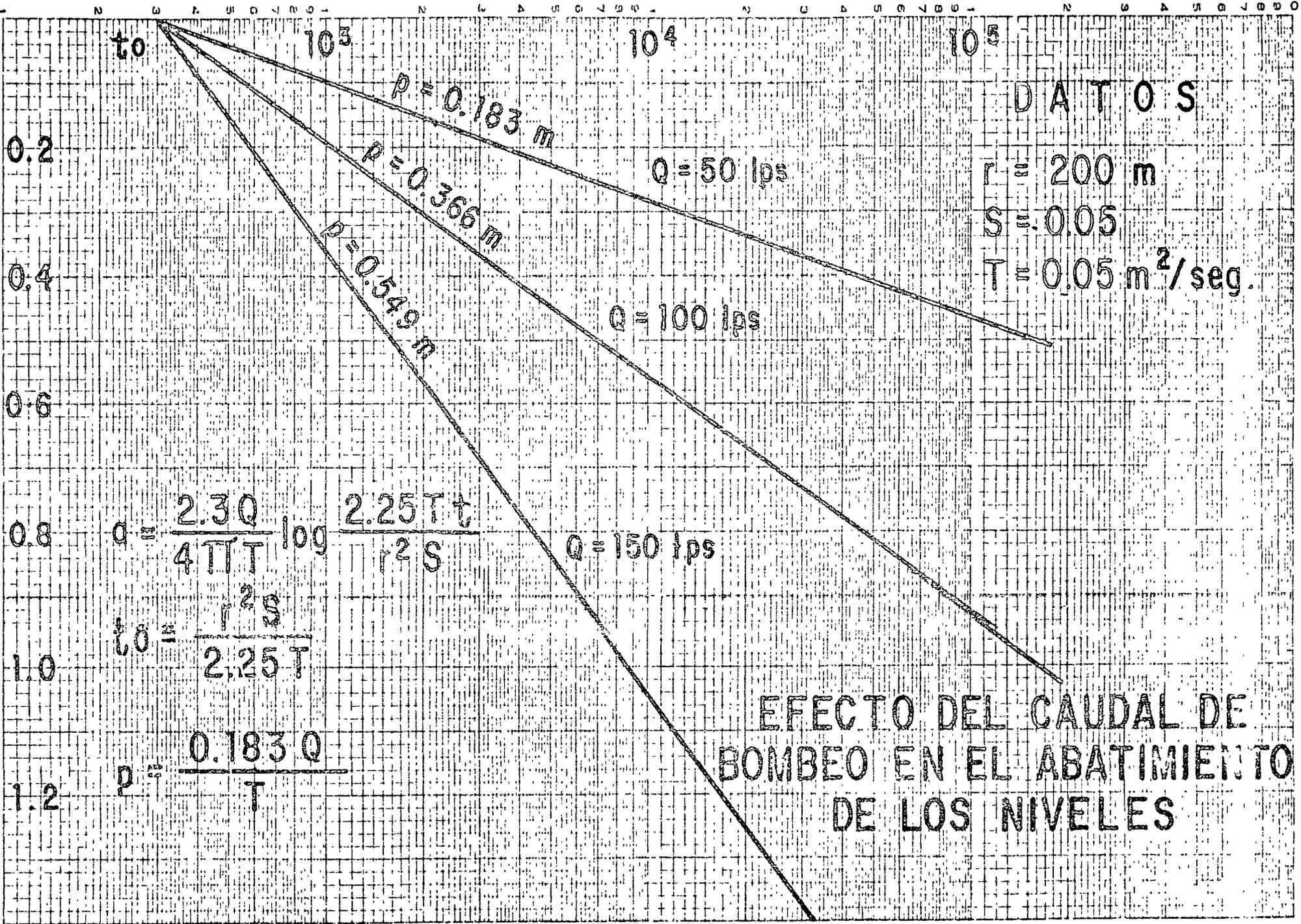
$t = 60 \text{ días}$

$$r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

$$p = \frac{0.366 Q}{T}$$

TIEMPO DL BOMBEO, EN MINUTOS

ABATIMIENTO, EN METROS



EFECTO DEL CAUDAL DE BOMBEO EN EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES

FIG. N° 14

DISTANCIA / POZO DE BOMBEO EN METROS

ABATIMIENTO EN METROS



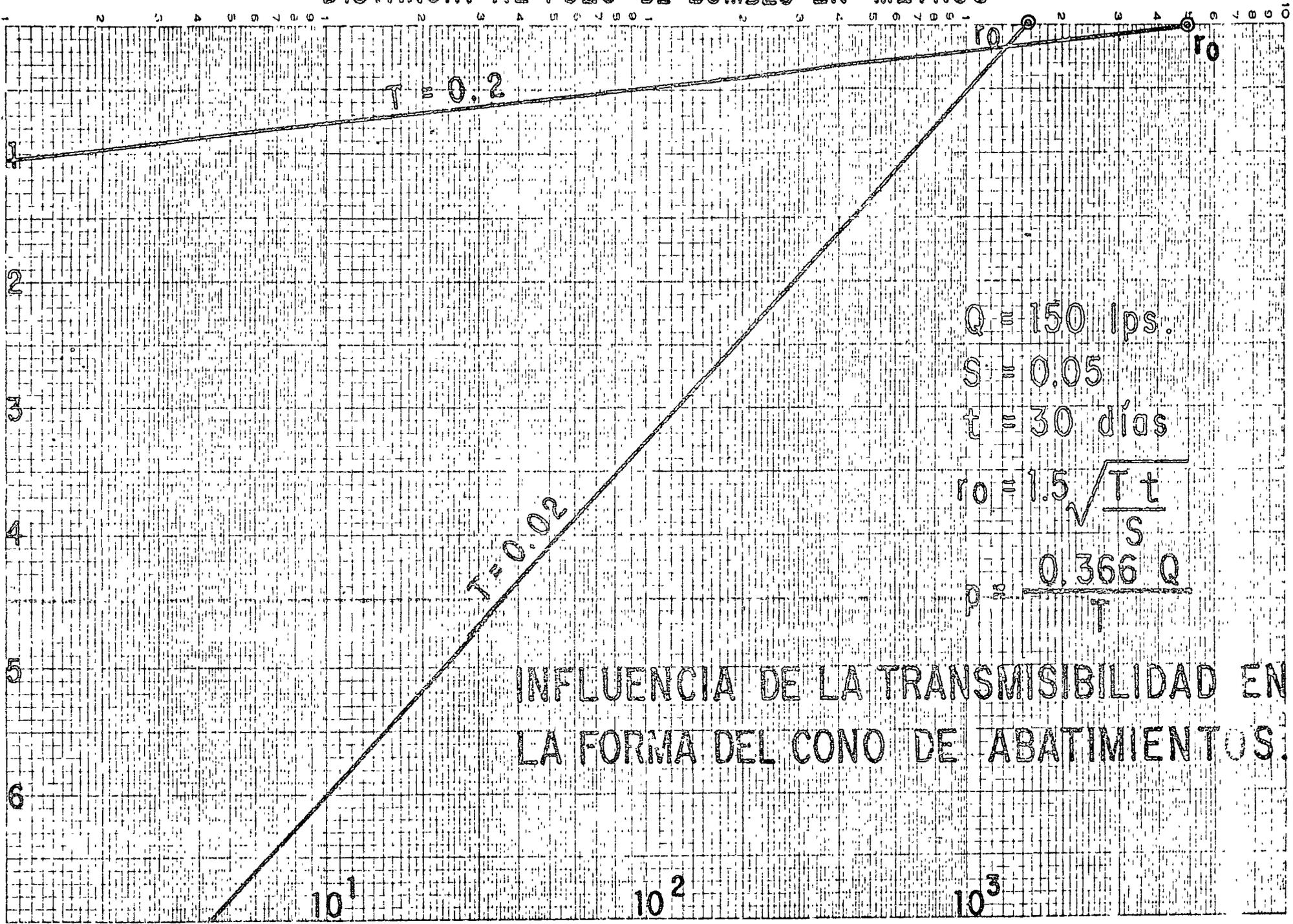
$Q = 100 \text{ lps.}$
 $T = 0.05 \text{ m}^2/\text{seg.}$
 $t = 30 \text{ días}$
 $r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$
 $p = \frac{0.366 Q}{T}$

INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE
 ALMACENAMIENTO EN LA FORMA
 DEL CONO DE ABATIMIENTO.

10¹ 10² 10³ 10⁴

DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO EN METROS

ABATIMIENTO EN METROS



INFLUENCIA DE LA TRANSMISIBILIDAD EN LA FORMA DEL CONO DE ABATIMIENTOS.

Penetración Parcial.-

Cuando un pozo capta sólo una parte del espesor saturado de un acuífero, se le denomina "parcialmente penetrante".

En la porción de acuífero no penetrado por el pozo de bombeo el agua recorre trayectorias de mayor longitud para entrar al cedazo; por consiguiente, las pérdidas de carga en la formación son mayores en este sistema que en el de penetración total. En otras palabras: los abatimientos en un pozo parcialmente penetrante son mayores que los provocados en uno totalmente penetrante, para un mismo caudal de extracción, aumentando el abatimiento conforme disminuye la penetración del pozo.

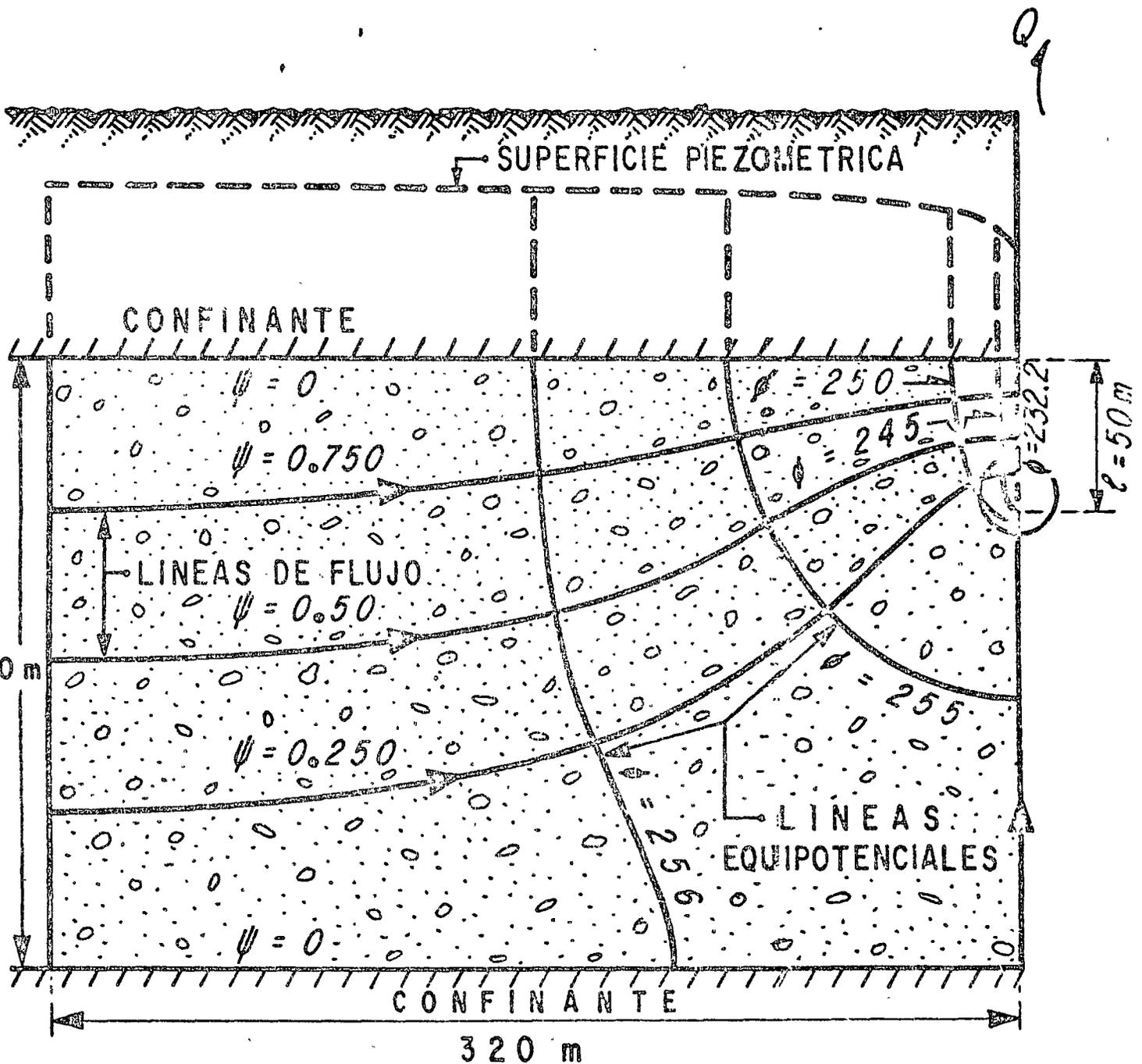
Para dar una idea aproximada de la disminución de la eficiencia hidráulica del pozo causada por la penetración parcial, considérese que si un pozo capta sólo la mitad del espesor saturado de un acuífero, el abatimiento provocado en él será algo menor que el doble del provocado en un pozo totalmente penetrante, para el mismo caudal de bombeo. Si se considera ahora un mismo abatimiento, el caudal que puede proporcionar un pozo es tanto menor cuanto menor es la penetración de su cedazo.

En las proximidades de estos pozos el flujo es tridimensional; por ello, el abatimiento registrado en el pozo de bombeo y en pozos de observación próximos a él, depende, -- entre otros factores, de la longitud y posición de los cedazos. Esto complica la interpretación de las pruebas de bombeo, ya que los abatimientos son función también de las características constructivas de los pozos. Para simplificar la interpretación es conveniente ubicar los pozos de observación a distancias equivalentes al espesor del acuífero, o mayores, para las cuales el efecto de penetración es mínimo o nulo.

El nivel del agua en un pozo de observación situado a tales distancias se comporta como si el pozo de bombeo fuera totalmente penetrante, y la prueba se interpreta en la forma ya indicada; lo mismo puede hacerse cuando el pozo de observación penetra totalmente al acuífero, independientemente de su ubicación con respecto al pozo de bombeo.

Fuera de estos dos casos, la interpretación es bastante laboriosa, pues hay que construir una curva tipo pa-

FLUJO HACIA UN POZO PARCIALMENTE PENETRANTE

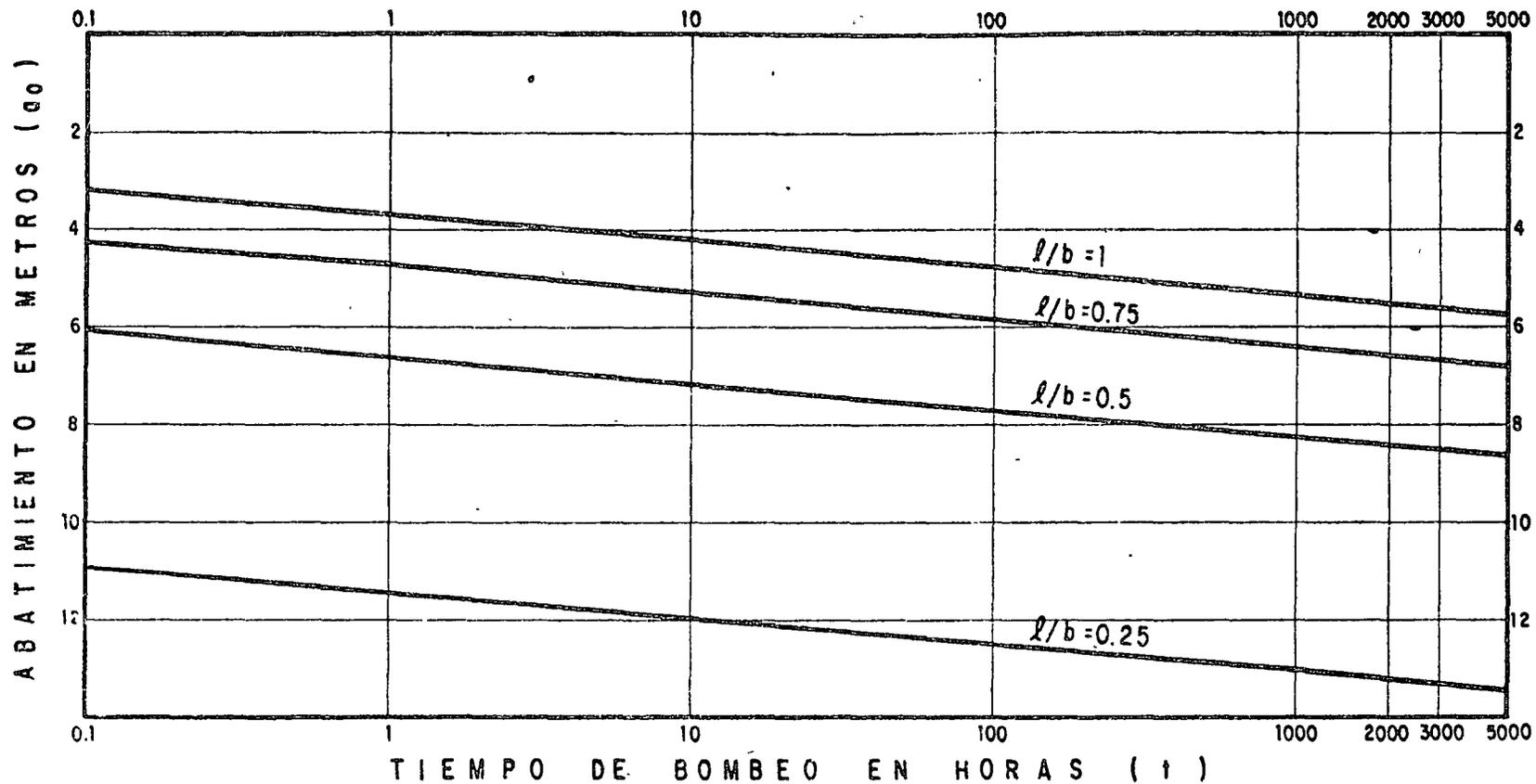


$$Q = 150 \text{ lps}$$

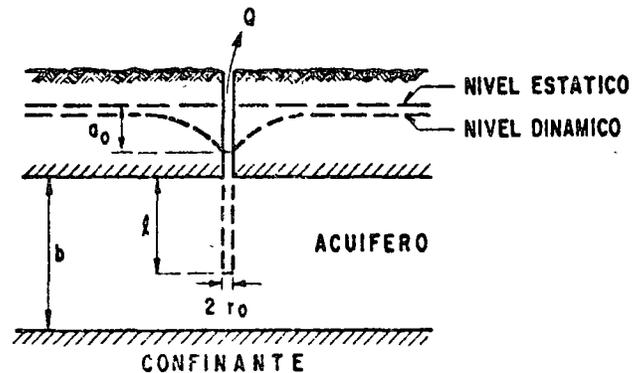
$$t = 2000 \text{ hrs}$$

$$T = 0.02 \text{ m}^2/\text{s}$$

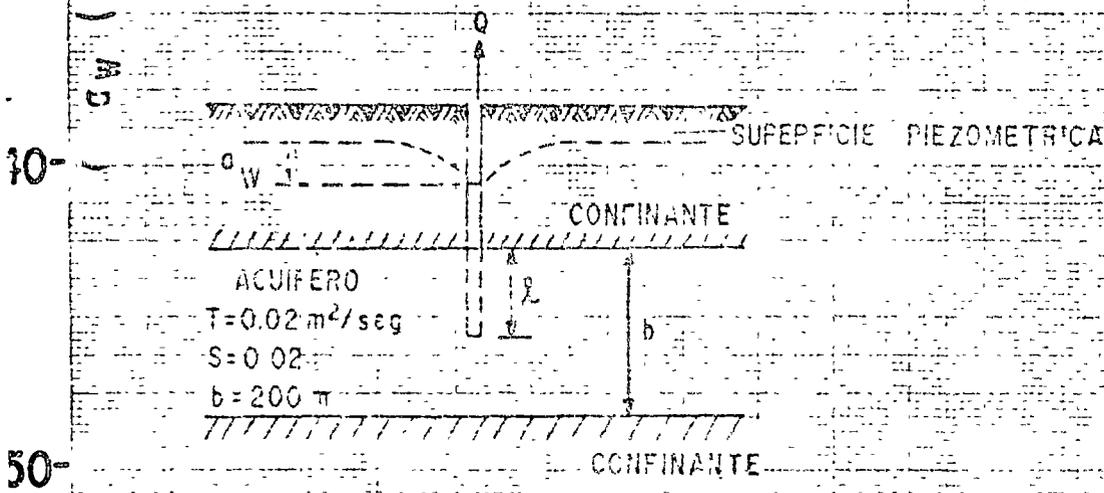
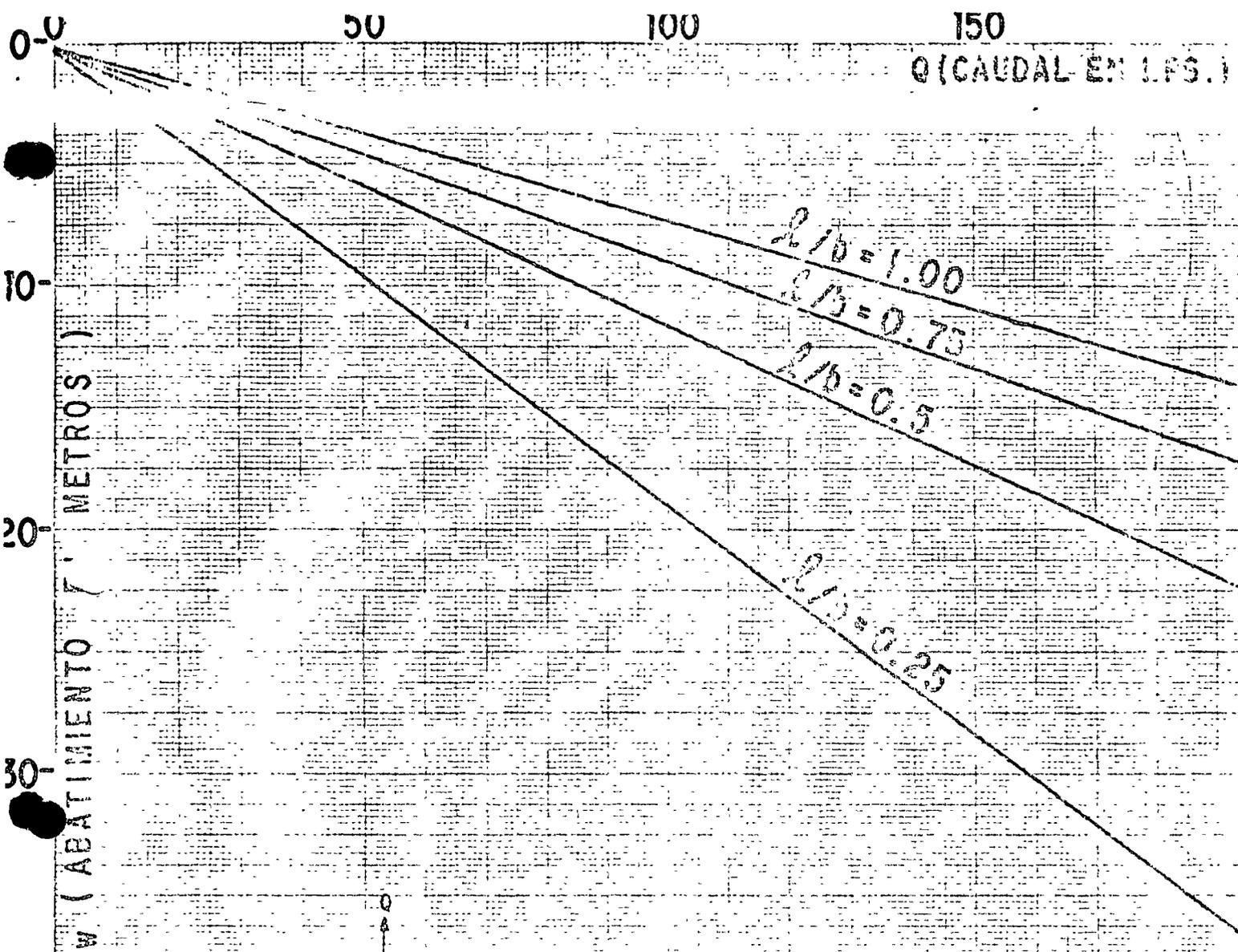
$$S = 0.02$$



$Q = 150$ Ips.
 $T = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$
 $S = 2 \times 10^{-3}$
 $b = 200$ m
 $r_0 = 0.2$ m



INFLUENCIA DE LA PENETRACION PARCIAL EN EL ABATIMIENTO DEL NIVEL DEL POZO DE BOMBEO
 FIGURA No 18



NOTA:
 ESTA RELACION CORRESPONDE A UN
 TIEMPO DE EQUILIBRIO DE 2000 HORAS.

RELACION - CAUDAL - ABATIMIENTO
 PENETRACION

Fig. 10

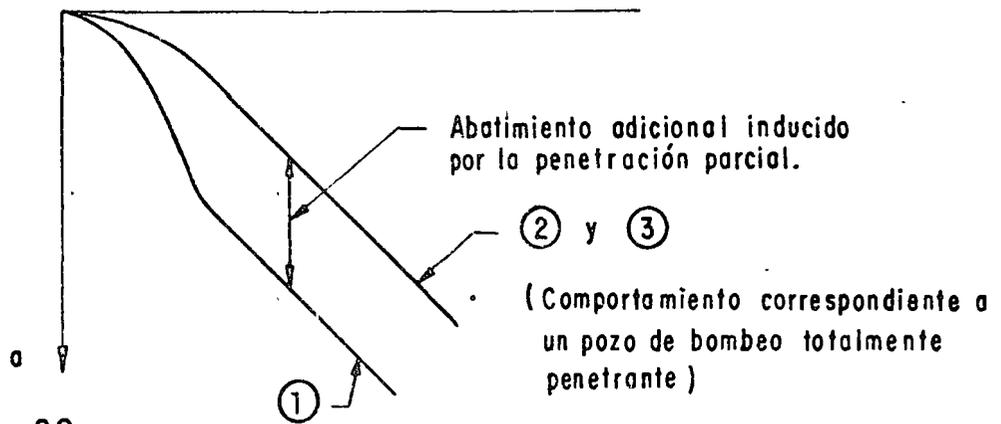
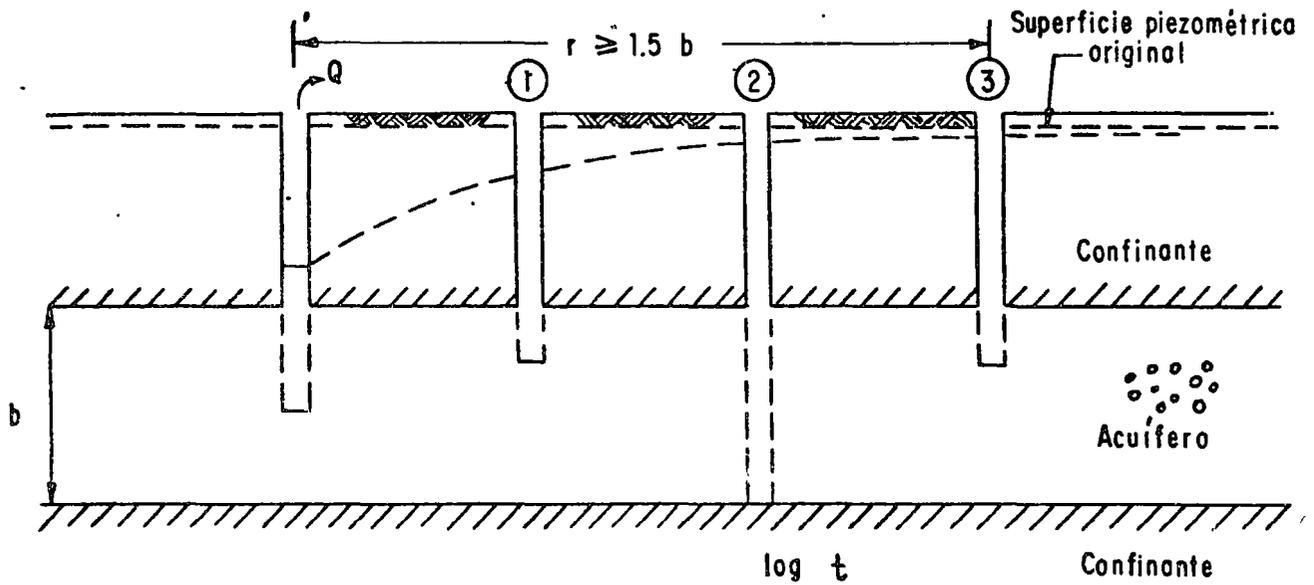


FIGURA No. 20

ra las características de los pozos utilizados en la prueba.

En la figura se ilustra el comportamiento del nivel del agua en pozos de observación a distancias y de características constructivas diferentes.

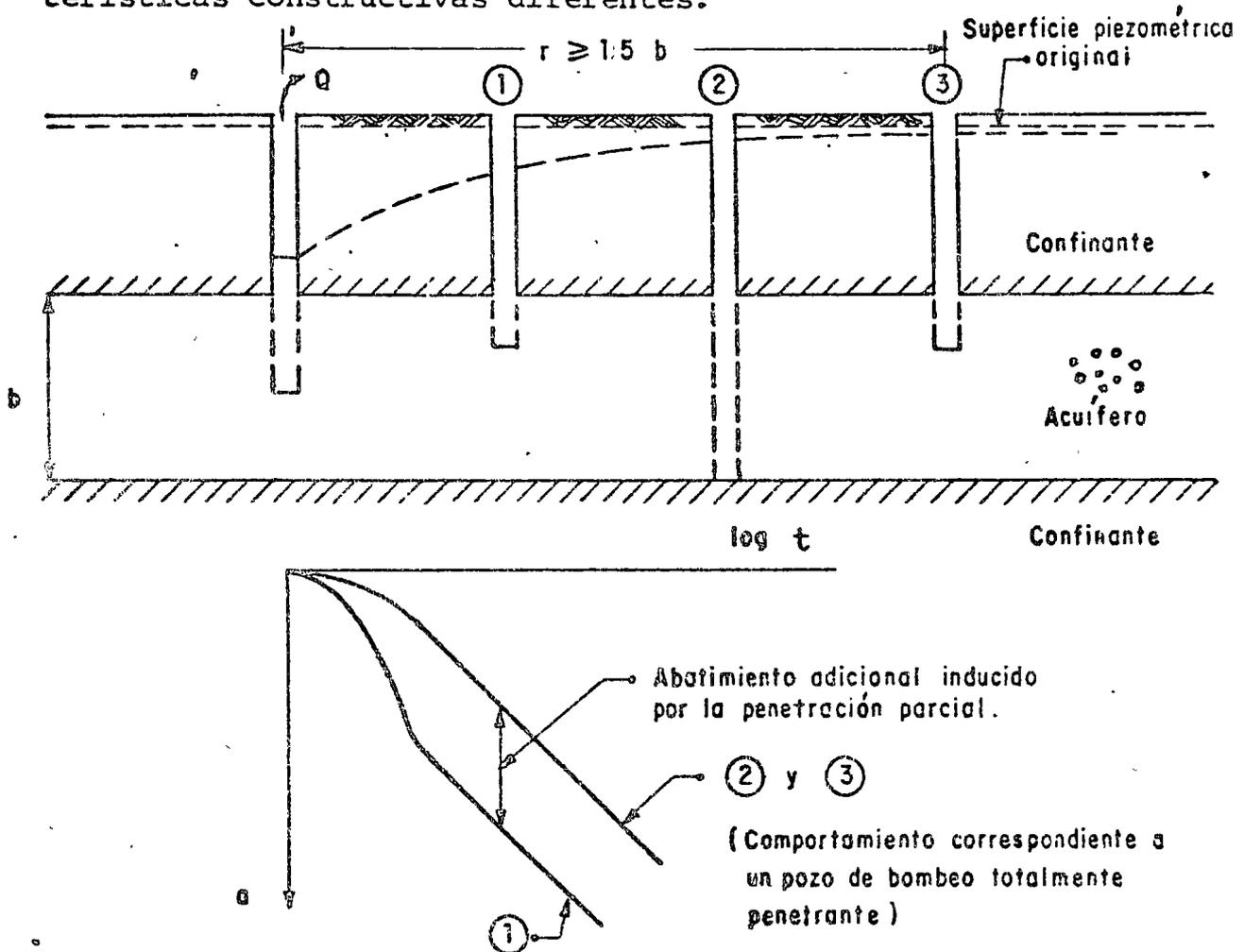


FIGURA No. 20

3.3.- POZOS EN ACUIFEROS SEMICONFINADOS.

Probablemente, el acuífero más común en la naturaleza es el de tipo semiconfinado: los rellenos siempre tienen cierta estratificación, alternándose estratos de granulometría variada. Cuando un estrato de material permeable queda limitado verticalmente por materiales, también saturados, de menor permeabilidad, se tiene un acuífero semiconfinado como el ilustrado en la figura

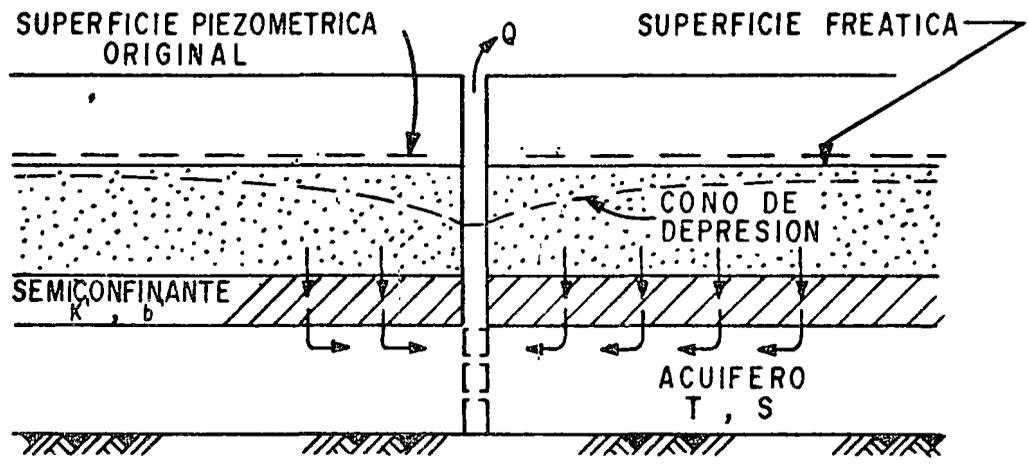
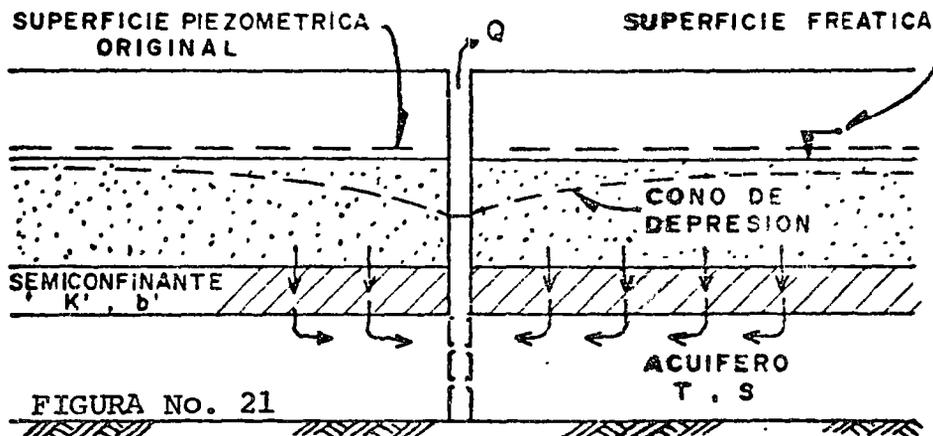


FIGURA No.21



Al bombearse un acuífero de este tipo se provocan abatimientos de sus niveles piezométricos, generándose una diferencia vertical de cargas, que induce el flujo descendente del agua a través del semiconfinante. La cantidad de agua que circula a través de éste es directamente proporcional a la diferencia de cargas entre las superficies freática y piezométrica, e inversamente proporcional a la resistencia hidráulica del mismo estrato.

Puesto que en este sistema sólo una parte del volumen bombeado procede del acuífero, y el resto es aportado por el estrato adyacente al semiconfinante, el abatimiento de los niveles piezométricos es menor que en el caso del acuífero confinado. Como la aportación vertical aumenta con el tiempo, el abatimiento de los niveles piezométricos va decreciendo, hasta que la aportación vertical equilibra el caudal de extracción; y en ese momento, los niveles piezométricos se estabilizan.

La solución correspondiente a este sistema es la siguiente:

$$q = \frac{Q}{4 \pi T} W(u, r/B)$$

donde:

$$B = \sqrt{T b' / K'}$$

siendo k' y b' la permeabilidad vertical y el espesor del estrato semiconfinante, respectivamente.

Las curvas tipo correspondientes a esta solución se presentan en la figura , en la cual puede apreciarse el comportamiento arriba descrito.

$W(u, r/B)$

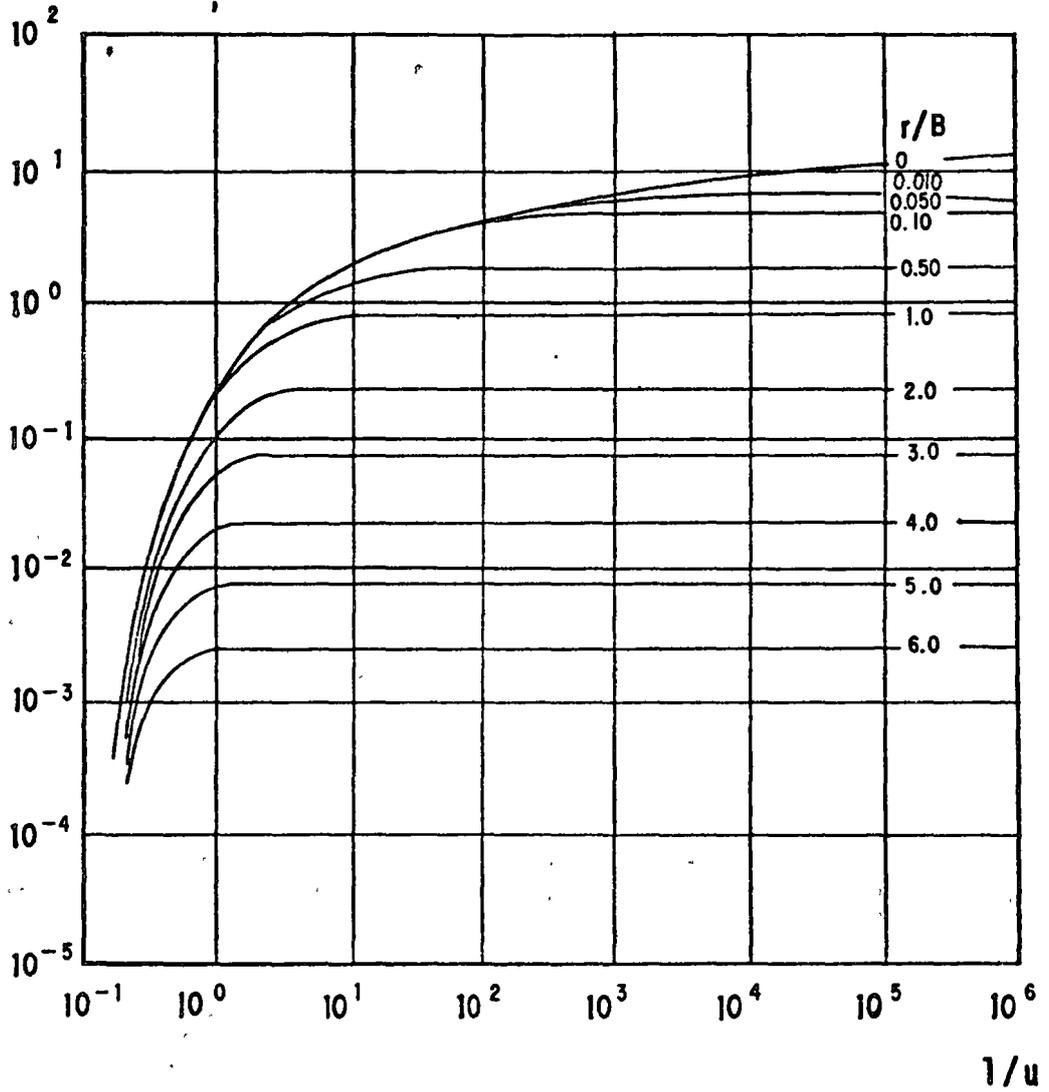


FIGURA N° 22

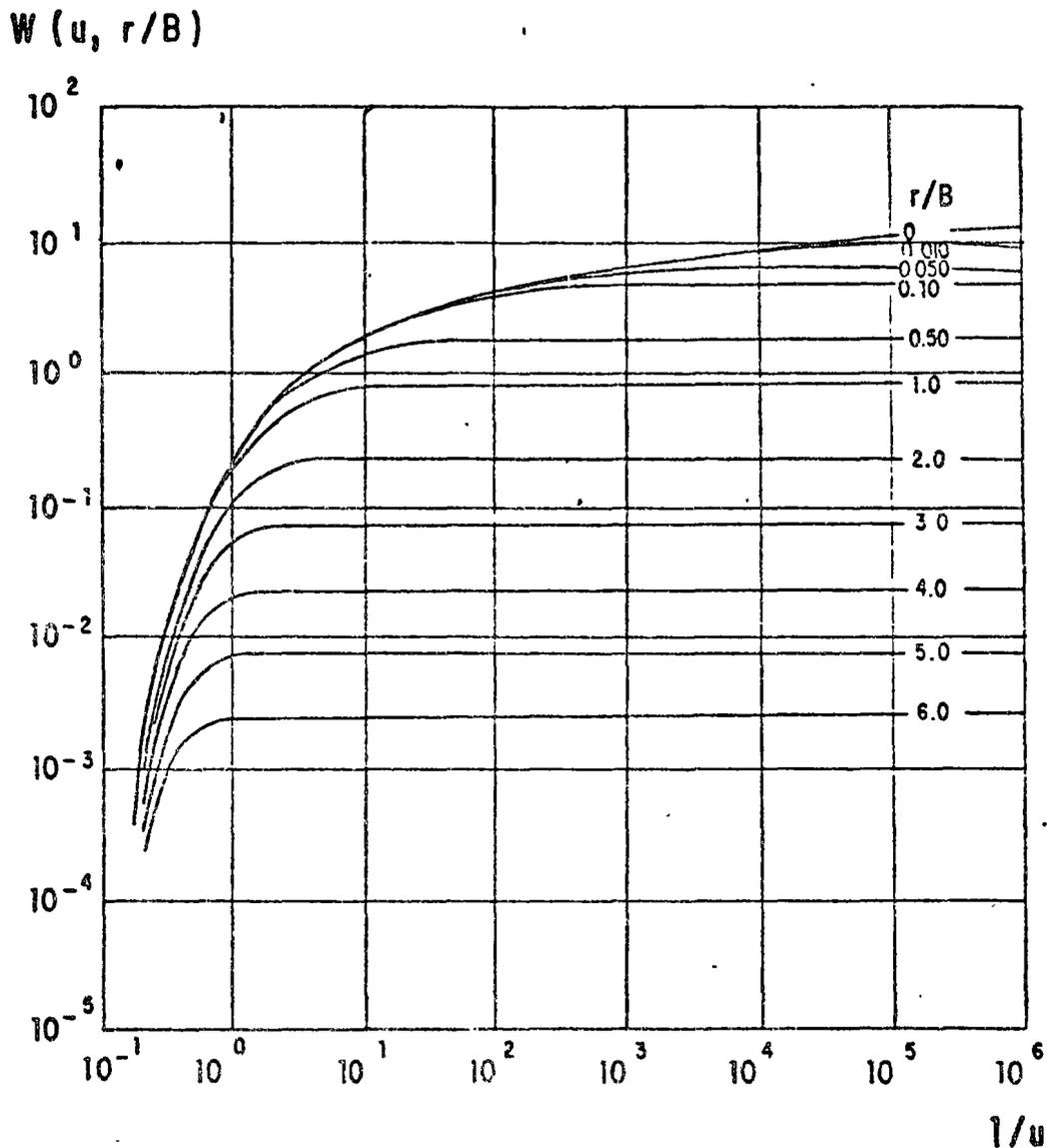


FIGURA No. 22

El procedimiento de interpretación de las pruebas en este caso es semejante al seguido en el caso de los -- acuíferos confinados, con la diferencia de que ahora debe buscarse la coincidencia entre la curva de campo y una de las curvas tipo. Lograda la coincidencia, se selecciona un punto de ajuste, y se substituyen los valores de sus coordenadas en las ecuaciones correspondientes, para deducir los parámetros buscados.

3.4.- POZOS EN ACUIFEROS LIBRES.

Los acuíferos libres se caracterizan por estar limitados superiormente por una superficie freática; puesto que el espesor saturado del acuífero varía con las fluctuaciones de esta superficie, la transmisibilidad del acuífero es también variable en el área y en el tiempo. Si las fluctuaciones de los niveles son poco significativas con respecto al espesor del acuífero, la transmisibilidad puede suponerse constante, y la interpretación de las pruebas se efectúa como si se tratara de un acuífero confinado. En cambio, si dichas fluctuaciones son importantes -específicamente, mayores del 20% del espesor saturado del acuífero-, los abatimientos medidos se corrigen en la forma siguiente:

$$a_c = a - \frac{a^2}{2b}$$

siendo a_c el abatimiento corregido, y b , el espesor saturado inicial del acuífero. Los abatimientos así corregidos, se interpretan como si se tratara de un acuífero confinado.

IV.- HIDRAULICA DEL POZO DE BOMBEO.

La hidráulica de los pozos de bombeo es sumamente compleja, debido a que en el interior de ellos y en su vecindad inmediata se presentan diversos efectos locales. Por una parte, dado que el gradiente hidráulico es máximo en las proximidades del pozo y que la permeabilidad es mayor por la presencia de un filtro artificial o desarrollado naturalmente, la velocidad del agua puede ser tal que el régimen de flujo adquiere carácter turbulento. Por otra parte, hay un incremento notable de la velocidad del agua al concentrarse el flujo a través de las ranuras; un cambio brusco de la dirección del agua al ser acelerada verticalmente por los impulsores, y fricciones en el cedazo y en la columna de succión. Todo esto se traduce en una repentina pérdida de carga en el pozo. Como resultado, el nivel del agua en su interior no se encuentra en la intersección del cono de depresión y la pared externa del ademe, sino más abajo, siendo la diferencia la pérdida local de carga.

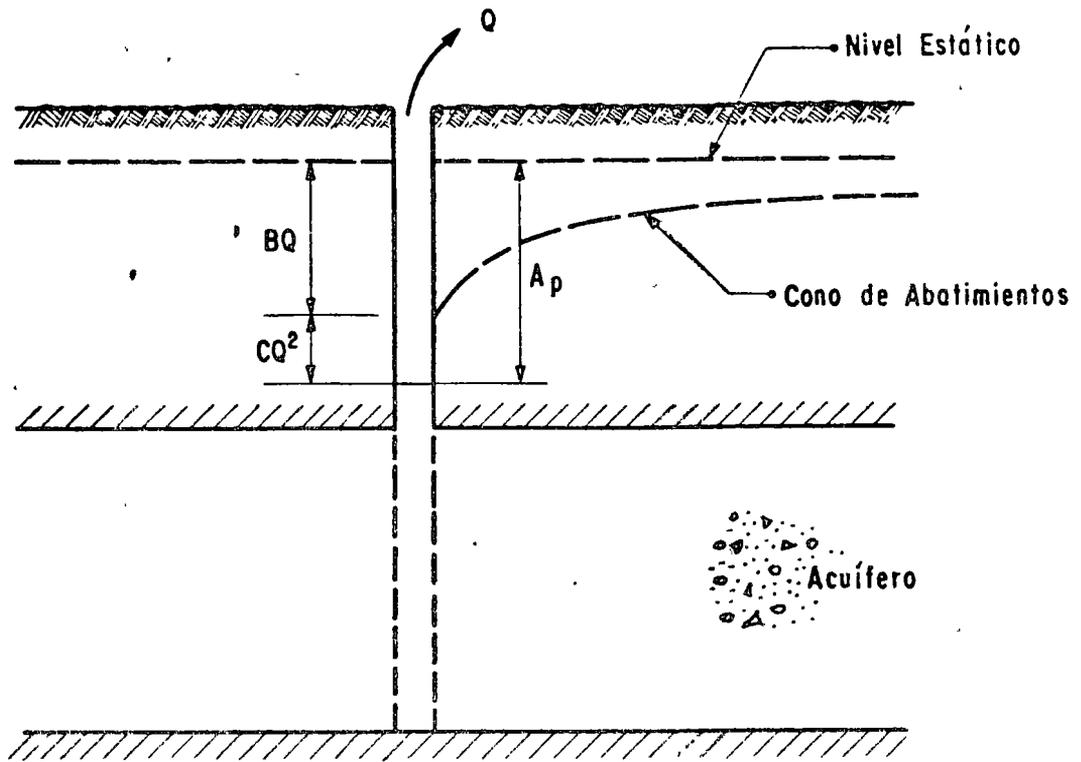


FIGURA No. 23

De acuerdo con lo anterior, el abatimiento total provocado en el pozo de bombeo tiene dos componentes principales: el abatimiento debido a la resistencia que opone la formación a la circulación del agua, el cual es directamente proporcional al caudal extraído; y el abatimiento provocado en el interior del propio pozo, que es directamente proporcional al caudal elevado a una cierta potencia próxima al cuadrado.

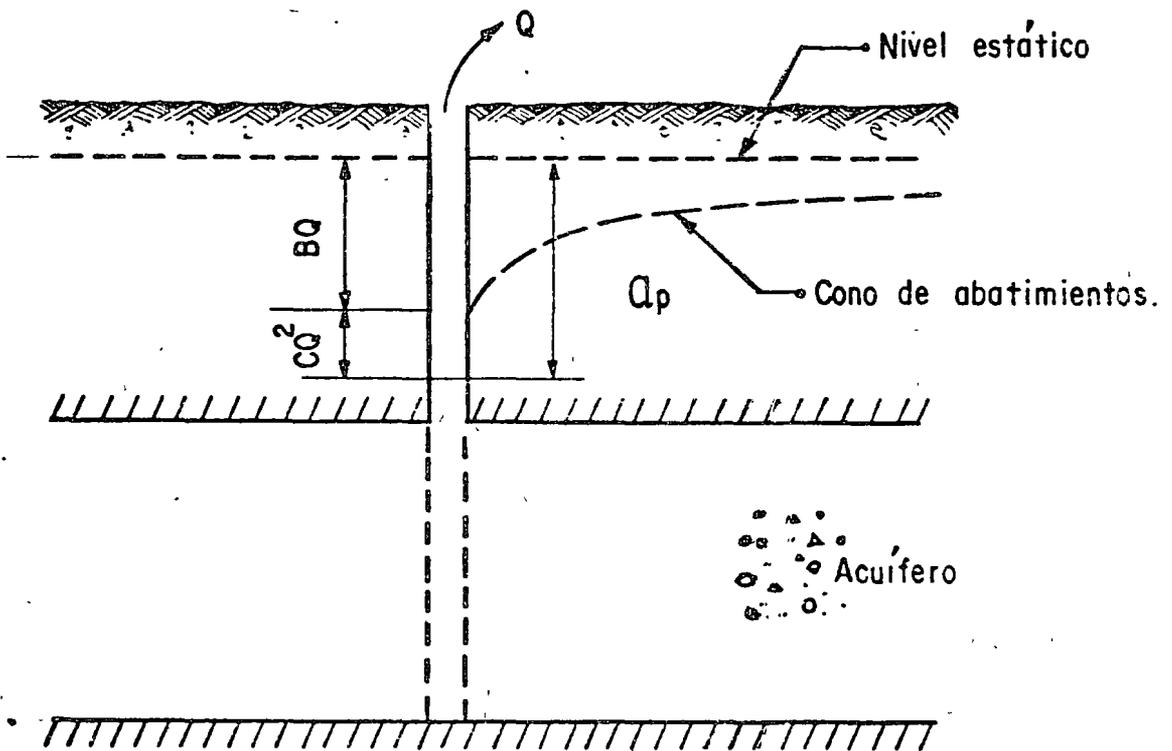
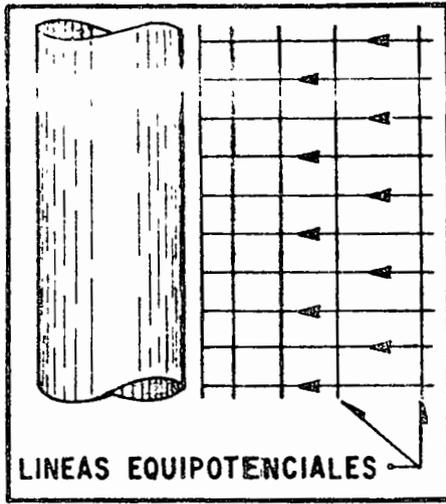
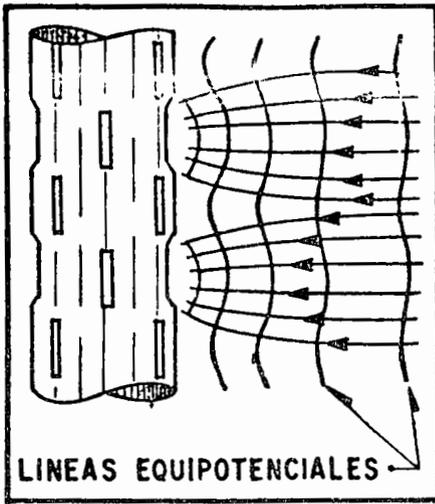


FIGURA No. 23

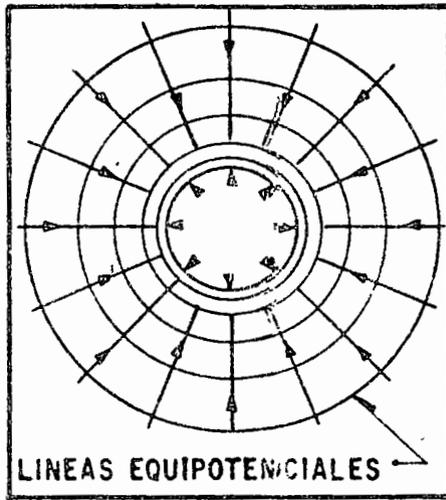
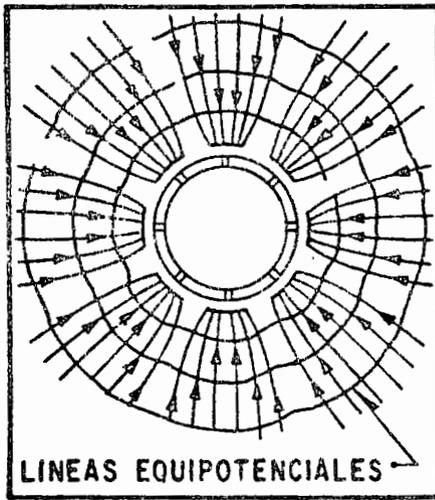
Lo anterior puede expresarse:

$$a_p = BQ + CQ^2$$

en la que: a_p es el abatimiento total en el pozo de bombeo; B , un coeficiente representativo de la resistencia del acuífero, y C , un coeficiente cuyo valor es función de las característi-

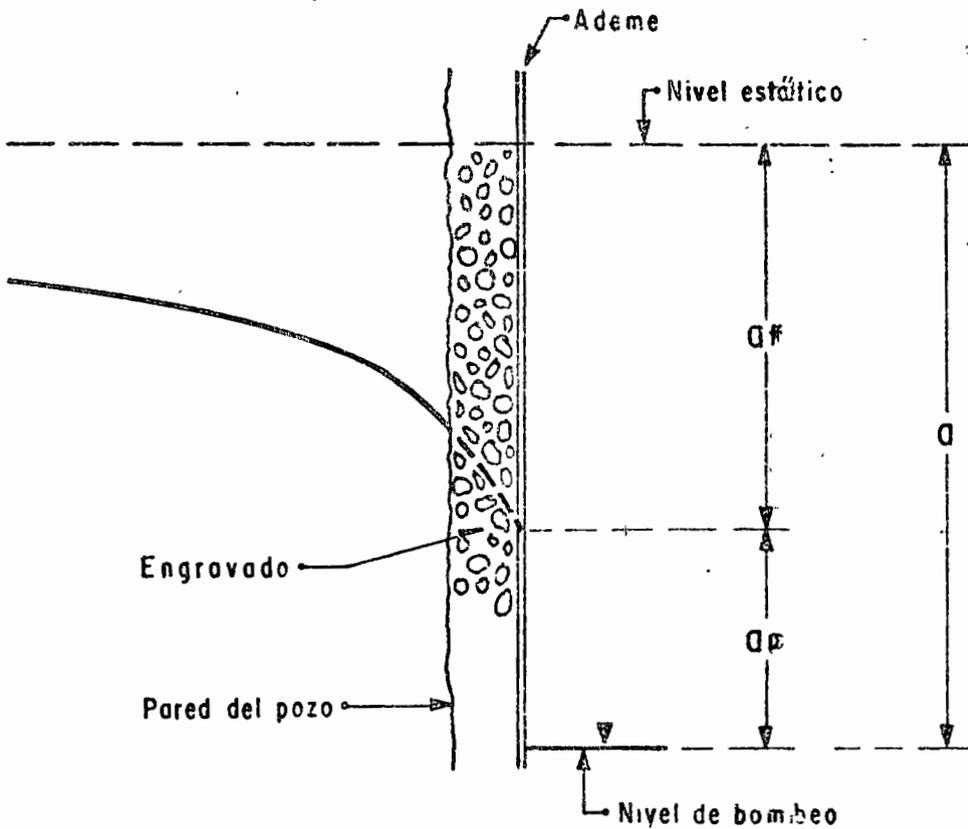


C O R T E



TUBERIA RANURADA

P L A N T A



cas constructivas del pozo.

-El valor del coeficiente B depende del tipo de sistema de flujo de que se trata; por ejemplo, en el caso de un pozo totalmente penetrante en un acuífero confinado, el abatimiento en la formación está dado por la expresión:

$$Q = \frac{Q}{4 \pi T} W(u)$$

por tanto:

$$B = \frac{1}{4 \pi T} W(u)$$

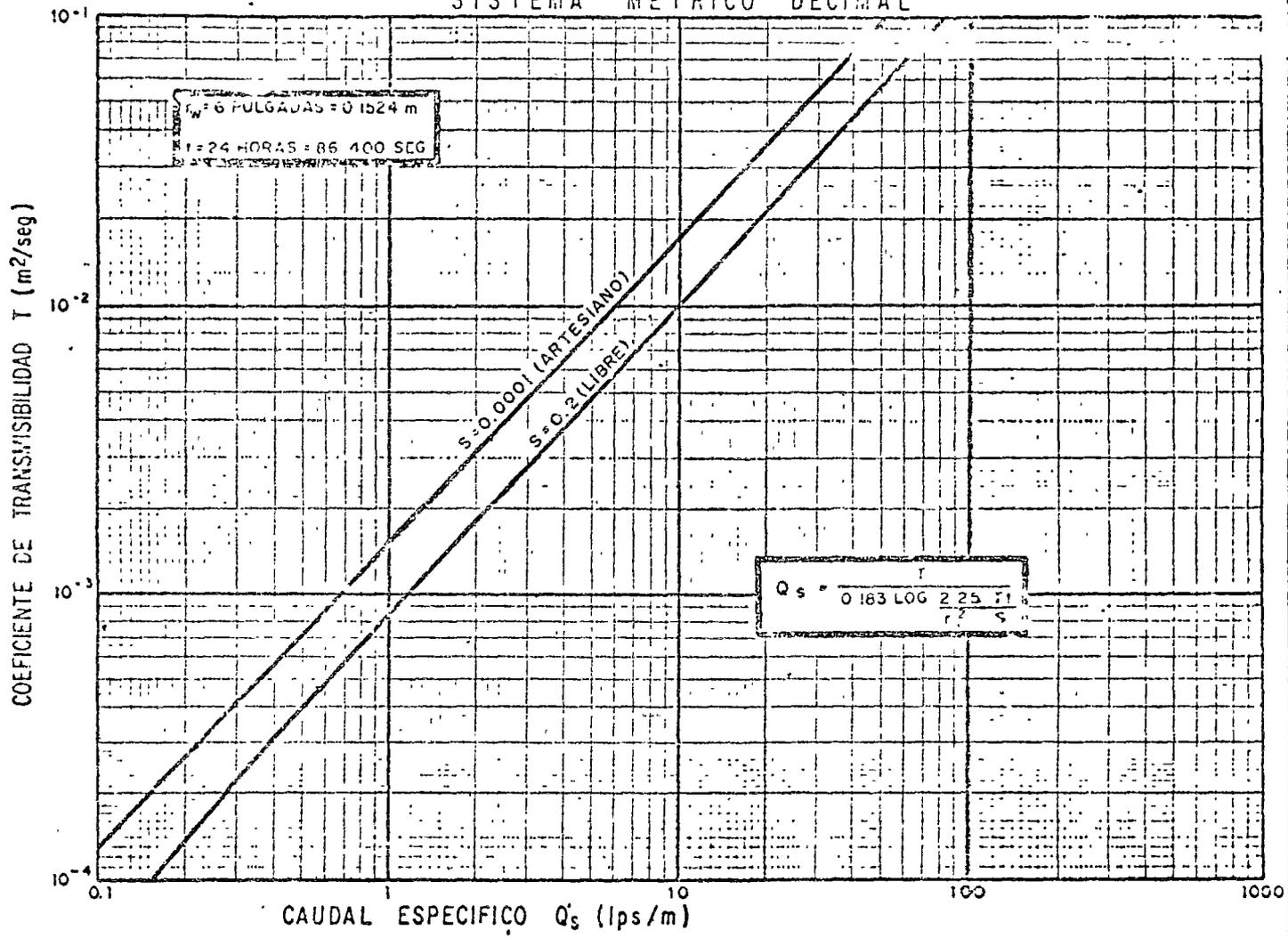
A la relación entre el caudal bombeado y el abatimiento que provoca, se le denomina "caudal específico", y puede escribirse:

$$\frac{Q}{Q_p} = \frac{1}{B + CQ}$$

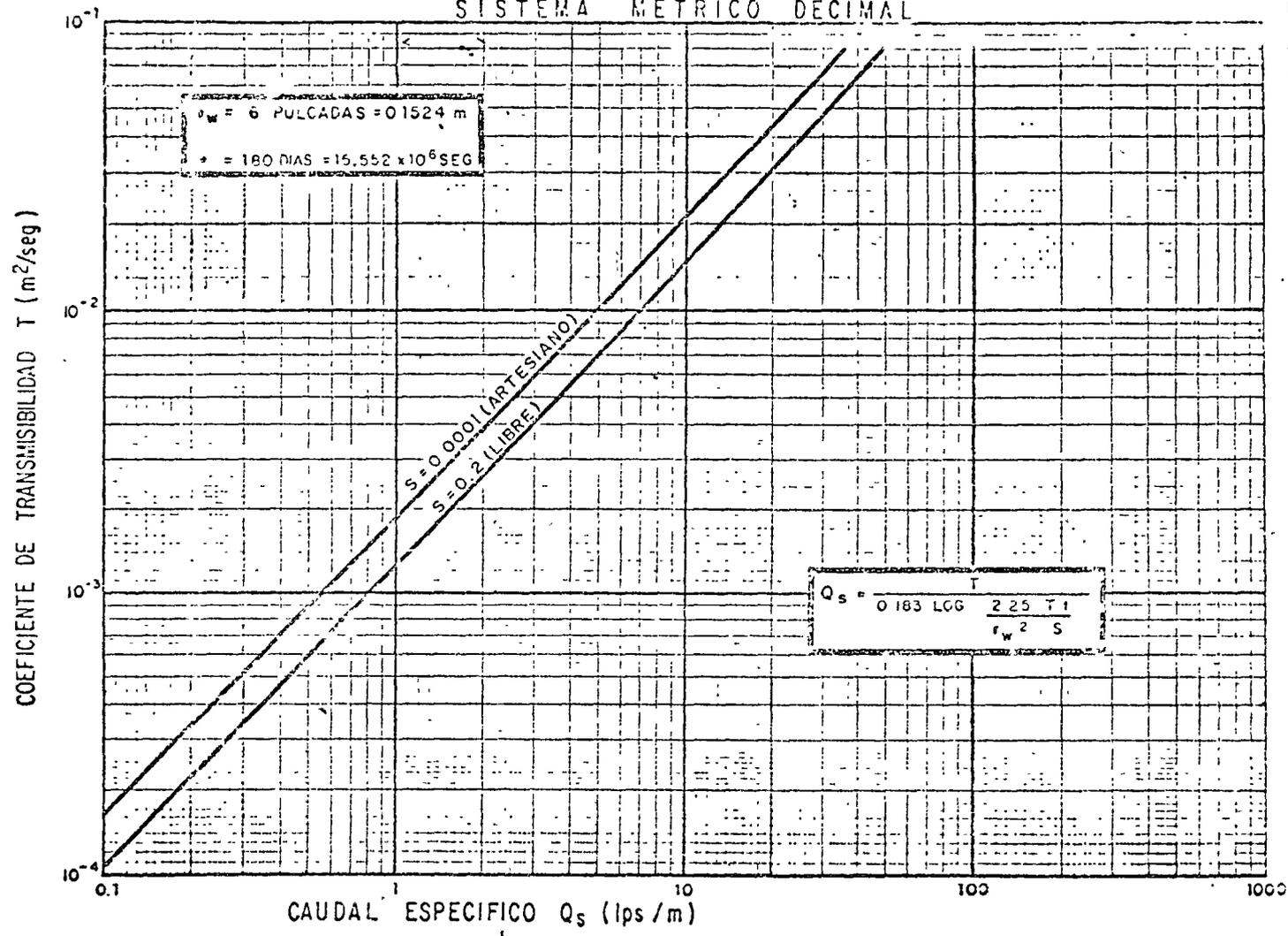
Este parámetro representa en una forma más objetiva la capacidad transmisora de un acuífero: un caudal específico alto refleja una alta transmisibilidad, y viceversa. Presenta la ventaja de que su valor no está sujeto a errores de interpretación, ya que se obtiene como el coeficiente de dos términos medidos (caudal y abatimiento), y guarda una proporcionalidad más o menos directa con la transmisibilidad, lo que permite utilizarlo para deducir valores aproximados de ésta cuando se carece de pruebas de bombeo. Es importante destacar que el caudal específico no es constante sino que decrece con el caudal y con el tiempo de bombeo, como puede inferirse de la última expresión.

Para el cálculo de los coeficientes B y C, se utiliza la llamada "prueba escalonada", propuesta por C.E. Jacob. Esta prueba consiste en bombear el pozo en varias etapas sucesivas, en cada una de las cuales se mantiene el caudal constante; generalmente, el caudal se varía en forma creciente, siendo recomendable hacerlo en un rango lo mayor posible; la duración de cada etapa es de varias horas. Simultáneamente, se observa la fluctuación del nivel del agua en el pozo; la figura ilustra esquemáticamente el comportamiento típico del nivel del agua en una prueba escalonada.

A partir de la gráfica abatimiento-tiempo se obtienen los elementos necesarios para deducir los valores de los



RELACION CAUDAL ESPECIFICO - TRANSMISIBILIDAD



RELACION CAUDAL ESPECIFICO - TRANSMISIBILIDAD

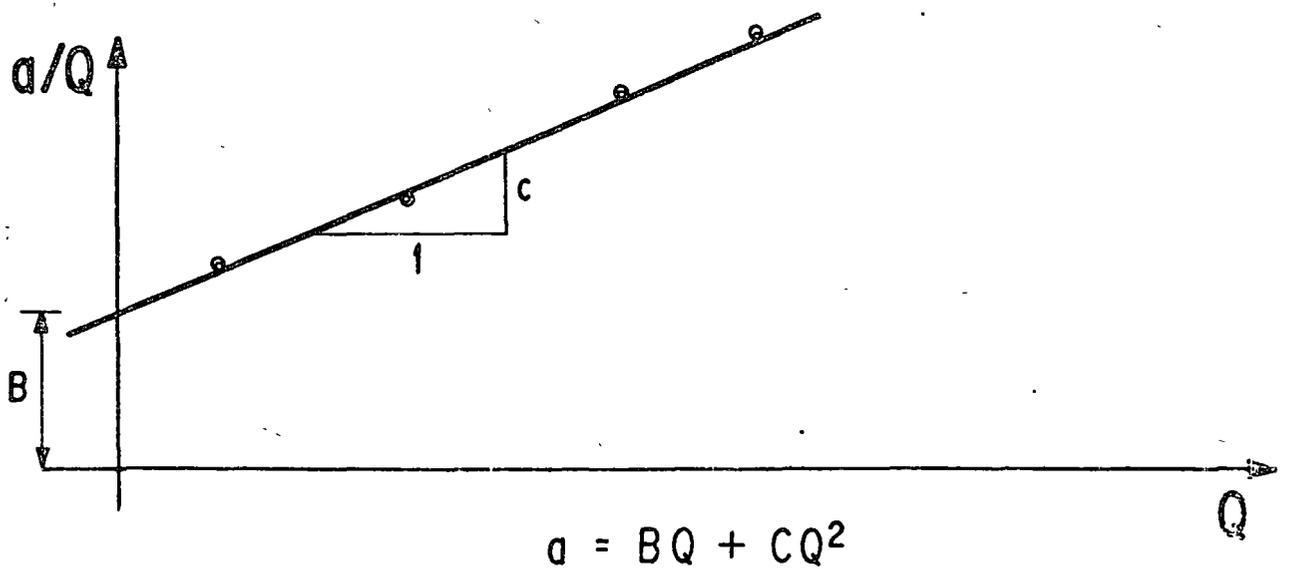
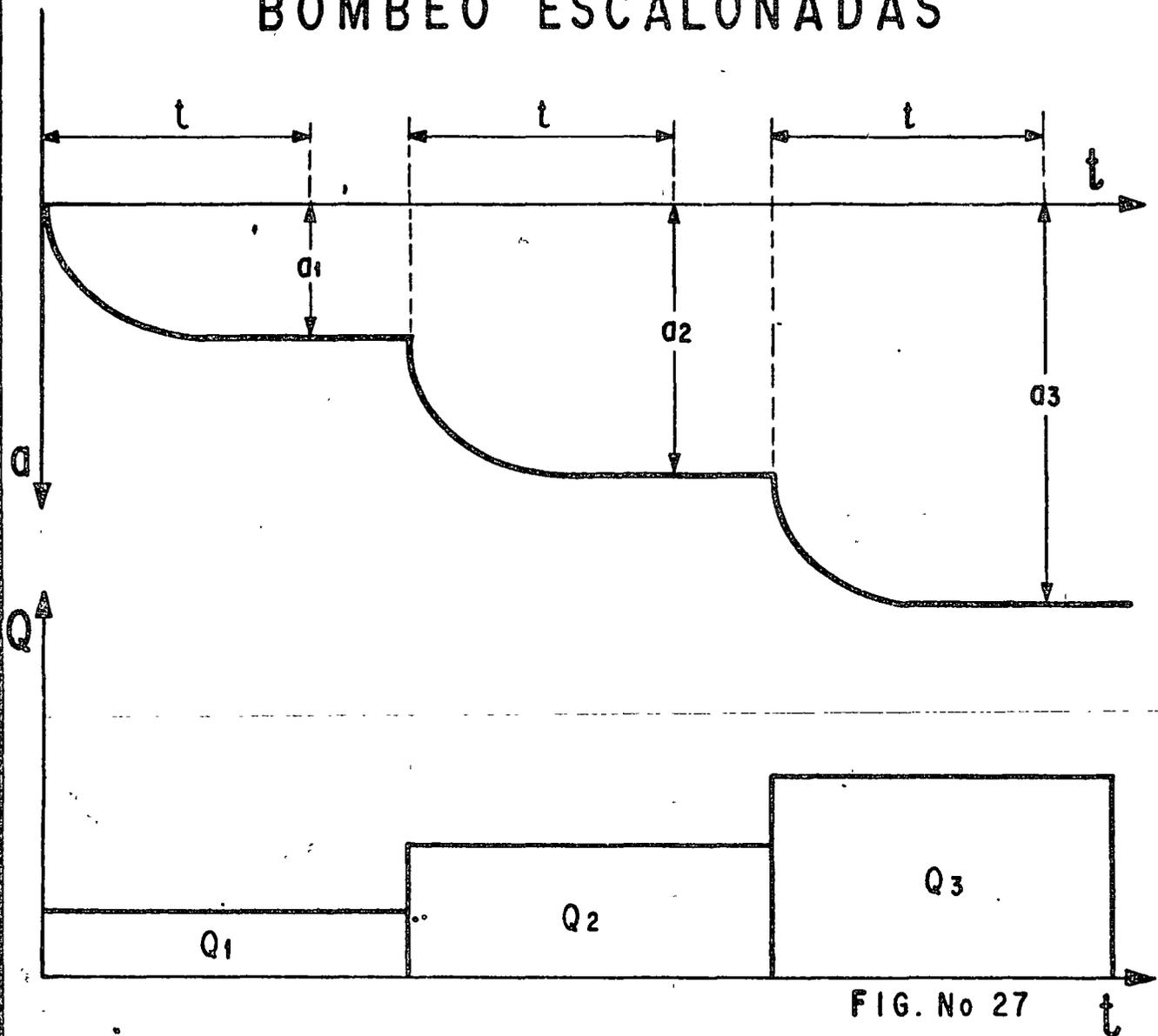
coeficientes buscados. Para ello, se elige un tiempo menor o igual que la duración de cada etapa, de preferencia tal que el nivel de agua ya se haya establecido; se mide gráficamente el abatimiento total correspondiente a este tiempo, tomado a partir del inicio de cada etapa; se calcula el coeficiente entre dichos abatimientos y los caudales respectivos, y con estos valores se traza la gráfica $a/Q - Q$, mostrada en la figura.

Si los puntos de esta gráfica muestran una tendencia lineal, se traza una recta de ajuste; el valor del coeficiente C está dado por la pendiente de esta recta, y el del coeficiente B es igual a la ordenada al origen.

Conociendo los valores de ambos coeficientes es posible predecir la posición del nivel dinámico para cualquier caudal de extracción.

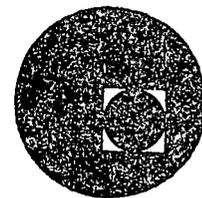
Es frecuente que los puntos de la gráfica se encuentren dispersos sin mostrar una tendencia definida; en ocasiones, esto se atribuye a una deficiente limpieza y desarrollo del pozo, aunque también puede deberse a una irregular distribución de las características hidráulicas de la formación.

INTERPRETACION DE PRUEBAS DE BOMBEO ESCALONADAS





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA VIII: EVALUACION

8.5. Explotación

8.6. Recarga de Acuíferos

8.7. Interfase e Intrusión Salina

ING. IGNACIO SAINZ ORTIZ

Marzo, 1978





EVALUACION DE LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRANEA

Ing. Ignacio Sainz Ortiz
Depto. Consultivo Técnico.

La evaluación de los recursos de agua subterránea en la actualidad tiene una connotación un tanto diferente a la que tenía hace unas cuantas décadas. En aquel entonces la preocupación básica de los estudiosos se basaba, casi exclusivamente, en tratar de determinar la cuantía de la recarga natural media en una zona o región, recurriendo a procedimientos indirectos más o menos elaborados, la mayoría de los cuales carecía de validez científica.

Una vez estimada la recarga anual, se adquiría una actitud estática, recomendando que en esa región se extrajera del subsuelo, como máximo, un volumen anual igual a la recarga. A ese volumen se le etiquetó con el nombre de "rendimiento seguro" (safe yield). Con tal política, el almacenamiento subterráneo en una región, con frecuencia muy considerable, debía de quedar intocable sin que beneficiara a nadie. Naturalmente, las presiones sociales, demográficas y económicas fomentaron el incremento de las explotaciones, en su mayoría en forma anárquica y sin conocimiento claro de sus consecuencias, dando por resultado que en algunas regiones la sobreexplotación ha causado daños en muchos casos irreversibles.

En la actualidad, gracias al avance en la técnica, es posible conocer las características físicas e hidrodinámicas de los acuíferos; establecer balances periódicos del agua subterránea; calcular bien la cuantía de la recarga y su evolución en el tiempo y, lo que es más importante, conocer el comportamiento de los acuíferos frente a la acción conjunta de la recarga y las explotaciones a las que se les sujete. Es decir, se puede predecir con suficiente antelación cuál será el efecto que se producirá en un acuífero por las diversas

alternativas de explotación que se deséen estudiar, proporcionando así, a quien deba tomar las decisiones, los elementos de juicio para su elección.

Ahora el término "Rendimiento seguro" adquiere un significado dinámico, pudiéndose decir, sin que esto pretenda ser una definición única, que es toda explotación de los acuíferos de una región que no produzca efectos secundarios permanentes indeseables, como intrusión del agua de mar en las planicies costeras, o contaminación desde acuíferos salinos presentes en la región; hundimientos en la superficie del terreno; abatimientos piezométricos excesivos que hagan incosteable el bombeo, etc.

A medida que un acuífero se sobreexplota, los niveles piezométricos se abaten. El abatimiento total no debe rebasar un nivel crítico, que es el nivel medio mínimo que debería mantenerse para prevenir los efectos secundarios indeseables mencionados antes, sin olvidar que lo indeseable de tales efectos es cuestión de criterio humano. Así pues, la explotación segura significa que el recurso no se dañe por la propia explotación; sin embargo, esto no protege al recurso agua subterránea contra los daños causados por otros factores tales como la contaminación (pollution) y otros.

ESTUDIO Y EVALUACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

El estudio de las aguas subterráneas abarca tres fases principales, que son:

- a).- Prospección del agua, que comprende los trabajos indispensables para identificar la presencia del agua subterránea en una región dada.
- b).- Determinar las características físicas e hidrodinámicas de los acuíferos en esa región.
- c).- Conocer la hidrología subterránea propiamente dicha, o séase, determinar el comportamiento de los acuíferos frente a la acción conjunta de la

recarga y las explotaciones a las que se les sujete, que es, como ya se dijo, la única forma de poder manejar racionalmente las aguas subterráneas y de programar la distribución y régimen de explotación más convenientes en cada caso y en cada época, que es realmente lo más importante desde el punto de vista práctico.

Cabe aclarar que dichas etapas no se trabajan separadamente, sino - paralelamente dentro de lo posible en cada caso.

PROSPECCION DEL AGUA:

La prospección del agua, especialmente en las regiones vírgenes de explotaciones, requiere un conocimiento previo de las condiciones hidrológicas superficiales, de las características geológicas regionales, y de un estudio detallado de sus peculiaridades, ya que las aguas pluviales y los escurrimientos superficiales constituyen la principal fuente de alimentación a los acuíferos, y las características geológicas forman el marco en el que fluyen las aguas subterráneas. Las inferencias que se deriven de tales estudios, respecto a la presencia de agua subterránea y probables tipos de acuíferos, deben verificarse mediante perforaciones de exploración convenientemente localizadas y a suficiente profundidad para identificar posibles acuíferos profundos, confinados, cuya explotación pudiera convenir. Estas exploraciones se auxilian y complementan con sondeos geofísicos adecuados.

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS ACUIFEROS

Por lo que se refiere a la determinación de las características de los acuíferos, reviste dos aspectos: uno se refiere a las características físicas, o sea su tipo, extensión y espesor, que se determinan con perforaciones de

exploración adicionales, también auxiliadas y complementadas con métodos geofísicos.

Los métodos geofísicos constituyen, en términos generales, una herramienta útil para extender a toda un área, en forma económica, los datos geológicos obtenidos en unas cuantas perforaciones de exploración específicas dentro de esa misma área, evitando el tener que tapizarla con perforaciones para adquirir un conocimiento adecuado de la geología sepultada. Para esto, el geofísico mide desde la superficie del terreno, determinadas anomalías físicas presentes en el subsuelo, las cuales debe interpretar en términos de geología profunda, calibrando su interpretación con los cortes geológicos obtenidos en las perforaciones mencionadas. Las anomalías comumente aprovechadas son las magnéticas, las gravimétricas, las eléctricas y las elásticas; cada una tiene su aplicación y limitaciones y requieren tecnologías especiales.

El otro aspecto se relaciona con sus características hidrodinámicas, o sea determinar si funcionan como acuíferos libres, confinados, semi-confinados o múltiples y, fundamentalmente, conocer sus coeficientes de transmisibilidad y almacenaje, indispensables para calcular la cuantía del flujo subterráneo en un momento dado, así como las variaciones que ocurren en el volumen del agua almacenada al producirse variaciones en los niveles piezométricos; para esto se efectúan pruebas de bombeo formales convenientemente distribuídas en toda el área, las que, interpretadas debidamente a la luz de las teorías más avanzadas y con los últimos métodos desarrollados, proporcionan la información deseada. Las pruebas de bombeo se realizan en aquellos pozos de explotación existentes cuyas características sean adecuadas y se complementan aprovechando las perforaciones de exploración, las cuales se terminan como pozos de explota-

ción o como pozos de observación o estaciones piezométricas según el caso.

REGIMEN PIEZOMETRICO

Dado que el agua una vez infiltrada en el subsuelo queda fuera del alcance de toda medida directa convencional, hay que recurrir a determinar su régimen piezométrico para conocer el esquema del flujo con todas sus características tales como dirección y sentido de las líneas de corriente, gradientes y evolución que sufre en el transcurso del tiempo.

Este renglón es de primordial importancia ya que su buen conocimiento, junto con el de las transmisibilidades y coeficientes de almacenaje en la región por estudiar permiten determinar, para las fechas elegidas, los caudales que fluyen por los acuíferos y las fluctuaciones que sufre el almacenamiento en el lapso de tiempo elegido.

El conocimiento piezométrico se logra instalando el número de pozos de observación o estaciones piezométricas necesarias y con una distribución adecuada en la región, en la inteligencia de que para este objeto pueden utilizarse pozos de explotación existentes y convenientemente elegidos, complementándose con los que se instalen en las perforaciones de exploración.

GEOQUIMICA

La interpretación geoquímica de los análisis físico-químicos de las aguas subterráneas presenta gran utilidad, ya que independientemente de proporcionar la distribución de calidades de las aguas subterráneas, proporciona también información valiosa respecto al esquema del flujo original,

afinidad entre dos o más acuíferos, origen de las aguas, composición de las rocas por las que ha escurrido el agua, intrusión salina y algunos otros aspectos útiles.

Este renglón, complementado con las modernas técnicas isotópicas, ayudan a dilucidar diversos aspectos de los estudios.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

La hidrología subterránea propiamente dicha, estudia el comportamiento de los acuíferos de una región frente a la acción combinada de la recarga natural y las explotaciones a las que se les someta.

Este comportamiento depende del tipo y ubicación de las fronteras; de las características hidrodinámicas de los acuíferos y su distribución; de la cuantía y distribución de la recarga; del régimen con que fluye el agua subterránea, en la inteligencia de que tiene carácter transitorio; y por último, de la cuantía, distribución y régimen de las explotaciones. Una vez en posesión de estos conocimientos, se está en posibilidad de predecir, con base en las leyes del flujo subterráneo, cuál será el comportamiento futuro de los acuíferos frente a cualquier alternativa de explotación que se desee, tanto por lo que respecta a su monto como a su distribución.

Para cubrir esta fase, la más importante desde el punto de vista práctico, ya que su conocimiento representa la única forma de programar el desarrollo de una región garantizándole su abastecimiento de agua con un buen conocimiento de las consecuencias que pueden esperarse a futuro por la explotación que se

programe, es necesario trabajar con métodos geohidrológicos directos, realizando los balances del agua ya infiltrada en el subsuelo y al margen de todas las indeterminaciones asociadas con los factores que influyen en la superficie para su infiltración. Una vez en posesión de los conocimientos derivados de esos balances, se está en posibilidad de estudiar el comportamiento futuro de los acuíferos.

El desarrollo de las computadoras electrónicas permite realizar, en forma rápida y económica, las predicciones necesarias mediante modelos, que pueden ser físicos, matemáticos si la computadora es digital, o analógicos para las que sean de ese tipo. En los modelos se simulan las características físicas e hidrodinámicas de los acuíferos y se calibran imponiéndoles las condiciones de alimentación y explotaciones habidos en los períodos anteriores conocidos, debiendo reproducir el modelo la evolución de niveles observada en esos mismos períodos; una vez calibrado adecuadamente, se puede obtener la evolución que se producirá en el futuro para la alternativa de explotación que se desee estudiar. De lo anterior resulta evidente que interese la historia, o sea el pasado, porque preocupa el futuro, única base racional para planear correctamente el desarrollo de las regiones y muy particularmente en las regiones áridas y semiáridas en las que la principal fuente para el abastecimiento de agua se encuentra en el subsuelo.

De todos los aspectos señalados que intervienen en los estudios del agua subterránea, algunos son estáticos y otros tienen carácter dinámico, o sea que varían con el tiempo. Siendo todos importantes, su determinación o estudio debe jerarquizarse, prestando atención especial y continua a los aspectos -

variables. Las explotaciones varían constantemente y como el flujo subterráneo tiene carácter transitorio, los niveles piezométricos, los gradientes y trayectorias evolucionan continuamente, por lo que un dato que no se tome oportunamente es un dato irrecuperable. En cambio, a menos que se presente un cataclismo, la geología de una región no cambia en el tiempo tomándolo a escala humana, y la información geológica obtenida en cualquier momento es válida para los eventos hidrológicos anteriores y posteriores a la fecha del levantamiento geológico realizado. De aquí que deban enfocarse los primeros trabajos a establecer un servicio continuo para la obtención de datos en los aspectos variables y si existen limitaciones presupuestales, los levantamientos de geología superficial pueden diferirse lo indispensable.

Sin embargo, lo anterior no debe tomarse como regla asboluta. Si bien en una zona en explotación el conocimiento de la cuantía y distribución de las extracciones, así como del régimen piezométrico y comportamiento hidráulico de los pozos, permite deducir con cierta aproximación el monto de los recursos en agua subterránea disponibles, cuando menos en lo que concierne a los acuíferos explotados, en las regiones vírgenes de explotación y en las que el flujo y sus fronteras resultan muy complicados, los levantamientos geológicos y las exploraciones directas y con métodos geofísicos, deben adelantarse.

Finalmente, para ubicar captaciones específicas de aguas subterráneas mediante pozos, galerías o túneles, es indispensable contar con levantamientos geológicos detallados de la zona, complementados con sondeos específicos, a fin de que la ubicación y las características sean óptimas.

Para el aprovechamiento óptimo de los recursos de agua en una región, las aguas superficiales y las subterráneas deben manejarse como un elemento

único y no separadamente, ya que el recurso total, visto desde el aspecto de su manejo actual, es mayor que la suma de los recursos separados, independientemente de que el aprovechamiento de uno puede afectar al otro.

COMENTARIOS FINALES:

Muy rara vez el hidrólogo cuenta, en un momento dado, con la información indispensable para calcular la cuantía de los recursos de agua subterránea en una región. Las explotaciones por medio de pozos proliferan en forma por demás caótica, perforados por dependencias oficiales y por particulares que descuidan tomar los datos cruciales. Es más, información valiosa que se sabe existe en alguna parte, suele ser difícil de obtener.

Con base en información incompleta, el hidrólogo muchas veces debe tomar decisiones a corto plazo, para lo cual resultan útiles los siguientes criterios:

Los conceptos e hipótesis que maneje deben ser de naturaleza física.

Los criterios deben comprender una serie de situaciones físicas globales discretas, más que un continuo espacial o temporal.

Los parámetros importantes deben ser susceptibles de evaluar mediante diversos métodos independientes a fin de que la consistencia de los resultados pueda cotejarse.

De los resultados que obtenga manejando con estos criterios la información disponible, dependen las decisiones preliminares, incluyendo la posible necesidad de efectuar trabajos adicionales para conocer mejor los parámetros básicos.

Las reservas de agua subterránea pueden dividirse, convencionalmente, en dos: Las reservas dinámicas y las que pudiéramos llamar "ocultas". Las reservas dinámicas son aquellas que se encuentran a una cota más elevada que la cota de las salidas naturales, sean éstas corrientes superficiales o manantiales; son fácilmente calculables analizando las curvas de decaimiento del flujo base de los ríos o las del caudal de los manantiales en su caso; cuando se agotan estas reservas, el flujo base de los ríos desaparece, los manantiales dejan de fluir.

Las reservas "ocultas", que son las que se encuentran por debajo de la cota de las salidas naturales, son más difíciles de calcular. Para su estimación es necesario disponer de dispositivos adecuados y técnicas más elaboradas.

A guisa de ejemplo de cómo pueden calcularse los recursos de agua subterránea en una región, en la que se desconoce la recarga natural a los acuíferos y los parámetros regionales de los mismos, incluyo aquí un Modelo Matemático Lineal desarrollado por el autor en 1964 para calcular los recursos de agua subterránea en el valle de Mexicali. Aún cuando ya ha sido publicado, considero útil incluirlo aquí.

Una vez depurada la información disponible, se tenía un conocimiento razonable de:

- a).- Ubicación de los pozos en el Distrito, su capacidad específica y el volumen aproximado de las extracciones en siete ciclos de riego completos.
- b).- Elevaciones de los niveles estáticos en los pozos antes de iniciarse cada ciclo de riego.

c).- Volumen de agua superficial utilizada para el riego, procedente de la presa Morelos.

Con este modelo se calculó la recarga anual, tanto vertical por infiltración de las aguas de riego como la procedente de flujo subterráneo. Se calcularon los coeficientes de transmisibilidad y su distribución en el área, así como el de almacenaje regional equivalente.

Estudios de detalle posteriores, realizados entre 1969 y 1971, validaron el modelo, obteniéndose valores muy próximos a los calculados, con lo que se demuestra su utilidad.

Existen otros modelos desarrollados en México con su aplicación propia y cuya relación se incluye en la bibliografía.

BIBLIOGRAFIA

1.- MODELO LINEAL PARA EL ESTUDIO DE LOS BALANCES DEL AGUA SUBTERRANEA.

ING. IGNACIO SAINZ ORTIZ.- Congreso Internacional de Hidrología.

Dubrovnick 1965.

2.- MODELO MATEMATICO "DAS", para el análisis del comportamiento de acuíferos en una región, que permite efectuar predicciones a corto y largo plazo.

ING. CARLOS CRUICKSHANK V. E. ING. RUBEN CHAVEZ GUILLEN, REVISTA - -

INGENIERIA HIDRAULICA EN MEXICO NUM. 1 VOL. XXIII-1969.

3.- UN METODO PARA EL ANALISIS DE LOS ABATIMIENTOS MEDIOS REGIONALES.

ING. GERMAN FIGUEROA V., BOLETIN TECNICO No. 27, C.H.C.V.M.

4.- MODELO MATEMATICO SIMPLIFICADO BASADO EN AREAS DE INFLUENCIA

ING. GERMAN FIGUEROA V., BOLETIN TECNICO No. 29, C.H.C.V.M.

5.- UN PRINCIPIO DE CORRESPONDENCIA PARA EL ESTUDIO REGIONAL DE ACUIFEROS
CONFINADOS.

DR. ISMAEL HERRERA E ING. GERMAN FIGUERA V.

CONTRATO DE ESTUDIOS AS-18-1968 DE LA S.R.H.

6.- UN METODO PARA EL ANALISIS REGIONAL DE ACUIFEROS CONFINADOS.

DR. ISMAEL HERRERA.

CONTRATO DE ESTUDIOS AS-45-1969 DE LA S.R.H.

MODELO GENERAL PARA EL ESTUDIO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Por: Ignacio Sainz Ortiz
Depto. Consultivo Técnico de la S.R.H.

Resumen: No siempre es posible aguardar a realizar estudios detallados para tomar decisiones conscientes en zonas amenazadas por la explotación irracional de las aguas subterráneas⁽¹⁾. El Autor presenta un modelo matemático lineal que permite efectuar estimaciones racionales de la potencialidad de ese recurso con base en la información disponible que sea confiable. Originalmente este modelo lo presentó en el "Simposio de Hidrología en Rocas Fracturadas", celebrado en Dubrovnik, en Octubre de 1965. Como estudios de detalle posteriores validaron el modelo, el Autor juzgó de interés presentarlo nuevamente, ya que es una herramienta útil y en México es poco conocida. Se incluyen los resultados de los estudios detallados y se comparan con los del modelo propuesto.

1.- Información disponible: El valle de Mexicali forma parte del delta del Río Colorado y está ubicado en una zona árida en el extremo noreste del Estado de Baja California Norte. Para su estudio se contó con la siguiente información:

- a).- Planos topográficos de la región, que incluyen la ubicación de los pozos
- b).- Planos y perfiles geológicos generales.
- c).- Nivelación de los brocales en los pozos principales.
- d).- Volúmenes de agua superficial utilizados en riego desde 1957 a 1964.
- e).- Volúmenes aproximados de agua subterránea explotados en los pozos del área en el período 1957 - 1964.

2.- Procesamiento de la información: Una vez depurados los datos, se tiene el siguiente panorama:

2.1.- Geología: El subsuelo del valle está constituido por depósitos detriticos compuestos por boleos, gravas, arenas, limos y arcillas. Los materiales gruesos se encuentran en la mitad norte del valle, y los de grano fino en la mitad sur (2,10). Estos depósitos constituyen los acuíferos que se explotan en la región y en ambos casos son acuíferos de tipo libre.

2.2.- Piezometría: Con las lecturas de niveles estáticos se construyeron las redes de flujo correspondientes al tiempo inmediato anterior al inicio del bombeo en cada año, para el período 1957 - 1964. De acuerdo con esas redes de flujo, la alimentación subterránea proviene del norte y oriente y las salidas se producen al oeste y al sur, hacia el mar.

2.3.- Evolución piezométrica: El producto de la evolución piezométrica por el área afectada y por el coeficiente de almacenaje, representa el volumen de agua agregado o extraído del almacenamiento subterráneo.

Con base en las redes de flujo se determinó la evolución ocurrida en los diversos períodos anuales, realizándose separadamente para los acuíferos gruesos, para los finos y para el conjunto total, Tabla No. 1; con esos datos se construyeron las gráficas 1, 2 y 3. En esas gráficas se aprecia que, con las dispersiones naturales, los puntos se alinean según rectas, es decir, guardan relaciones exponenciales entre los niveles piezométricos y el tiempo, o sea que el comportamiento de los acuíferos se --

cuanta bien al comportamiento teórico y los cálculos realizados permiten va-
- riar las variaciones hechas en el almacenamiento en los diversos períodos, --
- si se conocen el área afectada y el coeficiente de almacenaje (S); también --
- podrán hacerse predicciones si las condiciones no cambian.

Para el modelo, tomando en cuenta las áreas afectadas y los abatimien-
- tos inducidos en los diversos períodos, los volúmenes de acuíferos drenados --
- quedan en función de un coeficiente de almacenaje medio regional (S), por no
- existir pruebas de bombeo específicas que permitan conocer sus valores en las
- diversas áreas.

3.- Abastecimiento de agua en el valle de Mexicali: El valle de Mexicali, de-
- dicado fundamentalmente a labores agrícolas, recibe el agua para satisfacer --
- sus necesidades de dos fuentes principales: aguas superficiales procedentes --
- del Río Colorado, que se derivan en la presa Morelos, y aguas subterráneas que
- se explotan en los acuíferos de la propia zona. Carece de aguas superficiales
- generadas en la propia región porque la precipitación pluvial es despreciable
- (77 mm/año).

De acuerdo a los Tratados Internacionales, en el período considerado -
- el valle recibía un volumen anual de 2096.93×10^6 metros cúbicos de aguas ---
- superficiales según la Tabla B, y a partir de 1965 recibirá una dotación anual
- de 1850.2×10^6 metros cúbicos según la Tabla A de los tratados.

Las aguas subterráneas que se explotaban en los acuíferos de la zona -
- procedían de 1021 pozos profundos, de los cuales 611 se dedicaban íntegramente
- a la agricultura; los 410 pozos restantes a uso doméstico(2). De acuerdo con
- la información recabada, los volúmenes totales de agua aplicados en riego eran:

Período	Volumen de agua anual		
	Aguas Superf. x 10^6 m ³	Aguas Subt. x 10^6 m ³	Total x 10^6 m ³
1957 - 1958	2096.93	785.47	2882.40
1958 - 1959	2096.93	693.57	2790.50
1959 - 1960	2096.93	780.26	2877.19
1960 - 1961	2096.93	861.49	2958.42
1961 - 1962	2096.93	1067.04	3163.97
1962 - 1963	2096.93	1043.61	3140.54
1963 - 1964	2096.93	1238.30	3335.23

Parte de estas aguas se infiltran al subsuelo a lo largo de los cana-
- les de distribución y por los excedentes de riego. Como se desconoce la frac-
- ción que se infiltra, los volúmenes correspondientes serán los volúmenes apli-
- cados afectados de un coeficiente medio regional (C).

4.- Flujo subterráneo: Dado que los acuíferos son granulares, el flujo de --
- agua esta gobernado por las leyes de flujo en medios porosos. Como no exis- --
- tían pruebas de bombeo formales que permitan conocer los coeficientes de - -
- transmisibilidad, se introdujo la siguiente hipótesis única:

"Los coeficientes de transmisibilidad son proporcionales a las capacidades específicas medidas en los pozos", o sea $\frac{Q}{a} \sim T$.

Esto no es rigurosamente cierto, porque en verdad $\frac{Q}{a} \sim \frac{T}{10r;T}$, pero la diferencia con la hipótesis planteada es menor de uno por ciento para los rangos usuales. Como en las fronteras de entrada y salida el valor de la capacidad específica menor es de 10 l.p.s./m, se tomó ésta como tipo y las demás proporcionalmente.

En esta forma se procedió al cálculo de los caudales de entrada y salida para cada año, con base en las redes de flujo y en función de esa transmisibilidad (T). Los cálculos respectivos aparecen resumidos en la Tabla No. 2. La recarga natural a los acuíferos tiene un carácter periódico, gobernado por las condiciones climáticas que rigen en las zonas de recarga y por lo tanto, varían las amplitudes de las oscilaciones. J.L. Tison y G. Tison (5.13) mostraron que las oscilaciones pueden asimilarse a sucesiones de senoides con período y amplitud diversa, pero que las envolventes superior e inferior de las oscilaciones obedecen a leyes exponenciales cuando se toman períodos de tiempo suficientemente largos. Por lo tanto, los valores calculados se dibujaron en papel semilogarítmico, como se observa en la Gráfica No. 1. Se trazaron las envolventes superior e inferior y se calculó la ley de evoluciones medias; en la misma gráfica aparecen las ecuaciones respectivas.

Los valores corregidos Q_c de los caudales y los valores correspondientes a los volúmenes de entradas menos salidas aparecen en la Tabla No. 3.

5.- Equilibrio dinámico en los acuíferos: Los cálculos realizados en los apartados anteriores permitieron establecer las ecuaciones de equilibrio dinámico en los acuíferos para siete períodos anuales, en función del coeficiente de infiltración medio regional (C) el coeficiente de almacenaje equivalente regional (S) y del coeficiente de transmisibilidad menor (T). Cada ecuación está formada por los siguientes términos:

$$(\text{Alimentaciones} - \text{salidas subterráneas}) + (\text{Infiltración superficial}) + (\text{Variación en el almacenamiento}) = (\text{Volumen explotado con pozos}).$$

Dichas ecuaciones son:

Período	Ecuación				
1.- 1957 - 1958	1885.05T	+	2882.40C	+	215.90S = 785.47
2.- 1958 - 1959	2138.46T	+	2790.50C	+	176.80S = 693.57
3.- 1959 - 1960	2297.71T	+	2877.19C	+	129.60S = 780.26
4.- 1960 - 1961	2415.34T	+	2958.42C	+	120.80S = 861.49
5.- 1961 - 1962	2508.37T	+	3163.97C	+	940.50S = 1067.04
6.- 1962 - 1963	2585.64T	+	3140.54C	+	1098.00S = 1043.61
7.- 1963 - 1964	2651.86T	+	3335.23C	+	1028.20S = 1238.30

Resuelto el sistema por mínimos cuadrados, se obtuvo la siguiente terna de valores, que son razonables para ese tipo de acuíferos:

$$\begin{aligned}
T &= 0.07 \text{ m}^2/\text{seg.} \\
C &= 0.205 \\
S &= 0.268
\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores en las ecuaciones generales, se obtuvieron errores menores del 10 por ciento en las ecuaciones individuales, salvo la segunda que llega a -10.9 por ciento, la cual corresponde a una disminución extraña de las explotaciones. Para el conjunto el error es apenas del -0.2 por ciento.

6.- Explotación equilibrada de los acuíferos: Está constituida por la recarga natural menos el volumen que deberá continuar fluyendo al mar para evitar la intrusión salina. La recarga natural, calculada para el año de 1974, está formada por:

Alimentación por flujo subterráneo (187.41 - 67.51 log 18) x 31.536 x 10 ⁶ x 0.07 =	226.64 x 10 ⁶ m ³
Infiltración de aguas superficiales 1850.20 x 10 ⁶ x 0.205	= 379.29 x 10 ⁶ m ³
Reinfiltración de aguas bombeadas 600.00 x 10 ⁶ x 0.205	= 123.00 x 10 ⁶ m ³
Suma la recarga	728.93 x 10 ⁶ m ³
	=====

Como volumen para las salidas al mar se juzgó conveniente conservar las de 1964.

$$(132.66 - 101.08 \log 8) \times 31.536 \times 10^6 \times 0.07 = 91.33 \times 10^6 \text{ m}^3$$

=====

Entonces, la explotación equilibrada debería ser:

$$(728.93 - 91.33) \times 10^6 = \underline{\underline{637.60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}}}$$

7.- Resultados de estudios detallados posteriores: Los estudios de detalle posteriores, realizados en los años de 1969 a 1971, muestran lo siguiente:

a).- Los valores y la distribución de las transmisibilidades medidas con pruebas de bombeo, son muy parecidos a los del modelo aquí propuesto, validándose así la hipótesis única planteada.

b).- La alimentación a los acuíferos en el año de 1970 era de 700 x 10⁶ m³ al año, correspondiendo 200 x 10⁶ m³ a alimentación subterránea y 500 x 10⁶ a alimentación vertical, lo cual difiere con lo obtenido con el modelo propuesto, en 5 por ciento para el conjunto, 11 por ciento para la alimentación subterránea y menos del uno por ciento para la alimentación vertical. Así pues, la concordancia es altamente satisfactoria.

c).- Los últimos estudios muestran que para el año de 1970, último dato disponible, el abatimiento medio real del agua es 25 cm menor que el predicho con el modelo, o sea que el error fué del 11 por ciento.

Con estos resultados puede afirmarse que el modelo ha quedado validado y proporciona una arma útil para el hidrólogo.

Hay que advertir que en estos últimos cinco años se ha revestido la casi totalidad de los canales, lo cual afectará sustancialmente a la recarga vertical y habrá que hacer nuevos estudios para determinar el monto de la recarga futura, ya que esto influirá en la cuantía de la explotación que se recomienda.

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

- 1).- El problema de las aguas subterráneas.- I. Sainz O.- Diciembre 1975.
- 2).- Informe geohidrológico preliminar del área oriental del Valle de México.- Ii, B. C.- Ing. E. Paredes.-1963.
- 3).- The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well, using ground water storage.- C. V. - Theis.- Am. Geoph. Union. trans. 1935.
- 4).- Flow of ground water.- C.E. Jacob. Engineering Hydraulics.- H. Rouse Cap. V. Ed. J. Wiley & Sons. 1958.
- 5).- Les eaux souterraines.- H. Schoeller.- Mason & Cia. 1962.
- 6).- Flow of homogeneous fluids through porous media. M. Muskat.- J. W. Edwards Inc. 1946.
- 7).- Ground water hidrology.- D. K. Todd.- J. Wiley & Sons. 1957.
- 8).- Información especialmente recabada para este estudio.
- 9).- Traité pratique des eaux souterraines. G. Castany.- Ed. Dunod.- 1963.
- 10).- La energía geotérmica en México.- Ing. H. Alonso E.- C.F.E.- 1960.
- 11).- Seepage through dams.- Dr. A. Casagrande.- Jour. of The New England - W. W. Ass. Vol. Ll, No. 2.- 1937.
- 12).- Hidrología de las aguas subterráneas.- I. Sainz O.- Hidrología de la - C.V.M. Tomo IV cap. 6o. Publ. No. 8 de 1964.- C.H.C.V.M.
- 13).- Hidrologie des régions arides. UNESCO. XII.

Julio 1976

T a b l a No. 1

VALLE DE MEXICALTI

NIVELES ESTATICOS INICIALES

A Ñ O	Acuífero Grueso			Acuífero Fino			Conjunto Total		
	Area km ²	Elev. Prom. m.s.n.m.	△ h m	Area km ²	Elev.Prom. m.s.n.m.	△ h m	Area km ²	Elev.Prom. m.s.n.m.	△ h m
1956		21.97							
1957	626.8	21.85		305.6	14.27		932.4	19.37	
1958	538.0	20.92	-0.93	267.7	14.79	+0.52	805.7	18.88	-0.49
1959	705.3	20.50	-0.42	404.2	14.53	-0.26	1109.5	18.33	-0.55
1960	594.5	20.25	-0.24	273.1	14.80	+0.27	867.6	18.54	+0.21
1961	628.4	20.23	-0.03	328.0	14.92	+0.12	956.4	18.41	-0.13
1962	604.6	19.69	-0.54	238.7	14.65	-0.27	843.3	18.26	-0.15
1963	644.8	19.17	-0.52	318.4	13.72	-0.93	963.2	17.37	-0.89
1964	746.5	19.29	+0.12	440.0	12.63	-1.09	1186.5	16.82	-0.55
Suma	5088.9		-2.56	2575.7		-1.64	7664.6		-2.55
Prom.	636.1		-0.32	322.0		-0.21	958.1		-0.32

Tabla No. 2

VALLE DE MEXICALI

ALIMENTACIONES MENOS SALIDAS EXTERNAS SUBTERRANEAS
(Con hipótesis lineal entre C y T)

AÑO	Acuífero Grueso		Acuífero Fino		Conjunto	
	\sum b.l	Prom.	\sum b.l	Prom.	\sum b.l	Prom.
1957	67.4		- 3.2		64.2	
		99.6		-33.5		66.1
1958	131.7		-63.8		67.9	
		117.3		-33.8		83.5
1959	102.8		- 3.8		99.0	
		102.2		+13.6		115.8
1960	101.5		+30.9		132.5	
		88.6		+ 2.3		90.9
1961	75.7		-26.3		49.4	
		71.5		-19.0		52.5
1962	67.2		-11.7		55.5	
		72.6		-13.1		59.5
1963	78.0		-14.5		63.5	
		71.9		-12.2		59.7
1964	65.8		- 9.8		56.0	
\sum	690.1	623.7	-102.2	-95.7	588.0	528.0
Prom.	86.3	89.1	- 12.8	-13.7	73.5	75.4

NOTA: Estos valores hay que multiplicarlos por 31.536×10^6 segundos para obtener volúmenes anuales en Función de T.

T a b l a No. 3

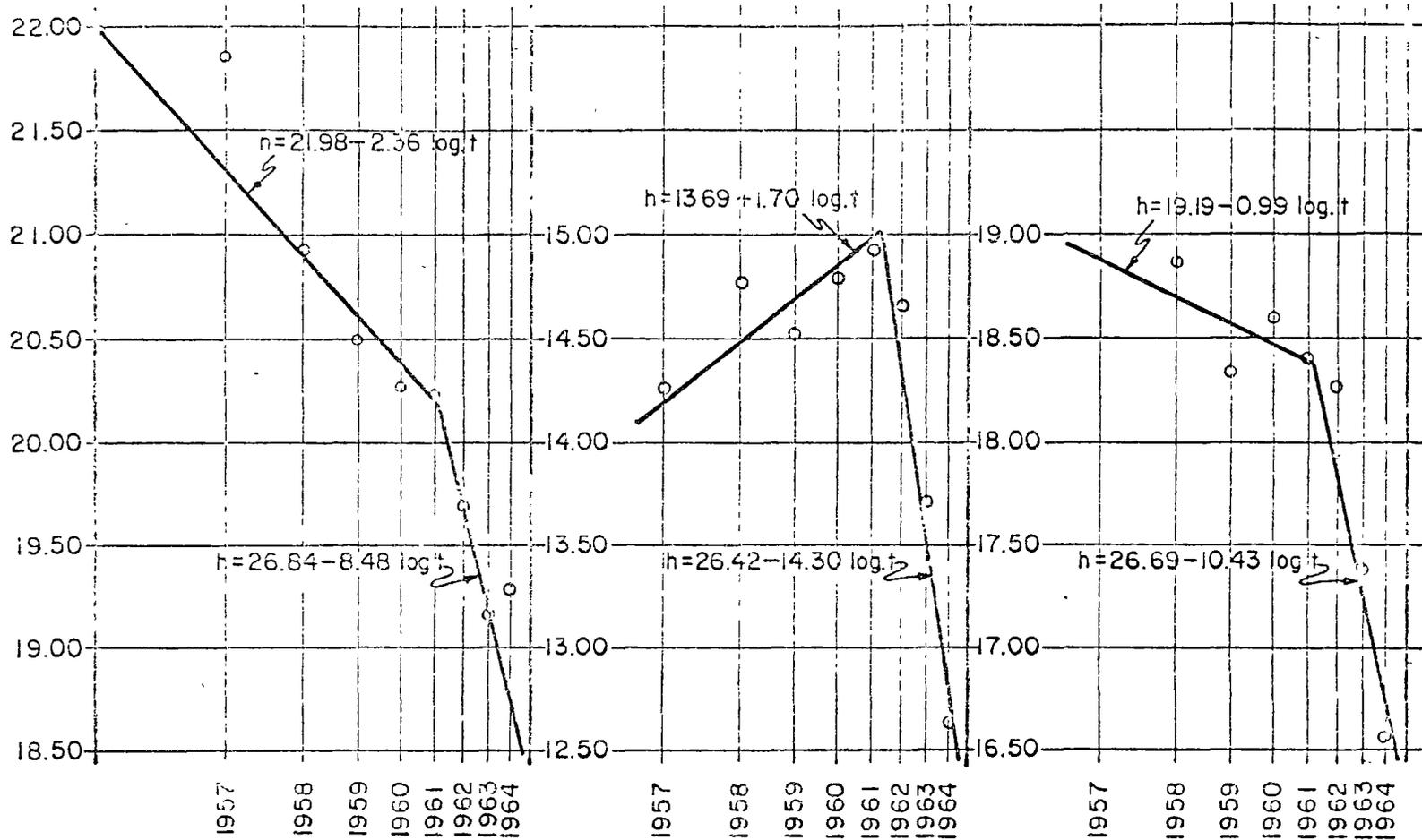
VALLE DE MARICALLI

CAUDALES DE ALIMENTACIONES Y SALIDAS SUBTERRANEAS

A Ñ O	ALIMENTACIONES		SALIDAS		ALIMENTACIONES MENOS SALIDAS		
	Qc/T	Prom.	Qc/T	Prom.	Qc/T	Prom.	Vol. anual x 10 ⁶ /T
1957	187.41	177.25	132.66	117.45	54.75	59.80	1885.85
1958	167.09	161.15	102.23	93.34	64.86	67.81	2138.46
1959	155.21	150.99	84.44	78.13	70.77	72.86	2297.71
1960	146.77	143.50	71.81	66.91	74.96	76.59	2415.34
1961	140.22	137.56	62.01	58.02	78.21	79.54	2508.37
1962	134.89	132.63	54.02	50.64	80.87	81.99	2585.64
1963	130.36	128.41	47.25	44.32	83.11	84.09	2651.86
1964	126.45		41.38		85.07		
	1188.40	147.36	595.80	72.69	592.60	74.67	16483.23

NOTA: Para obtener los caudales y volúmenes del flujo subterráneo, hay que multiplicar las cifras respectivas por el valor de la transmisibilidad (T).

ELEVACIONES SOBRE EL NIVEL DEL MAR



GRAFICA No. 1

GRAFICA No. 2

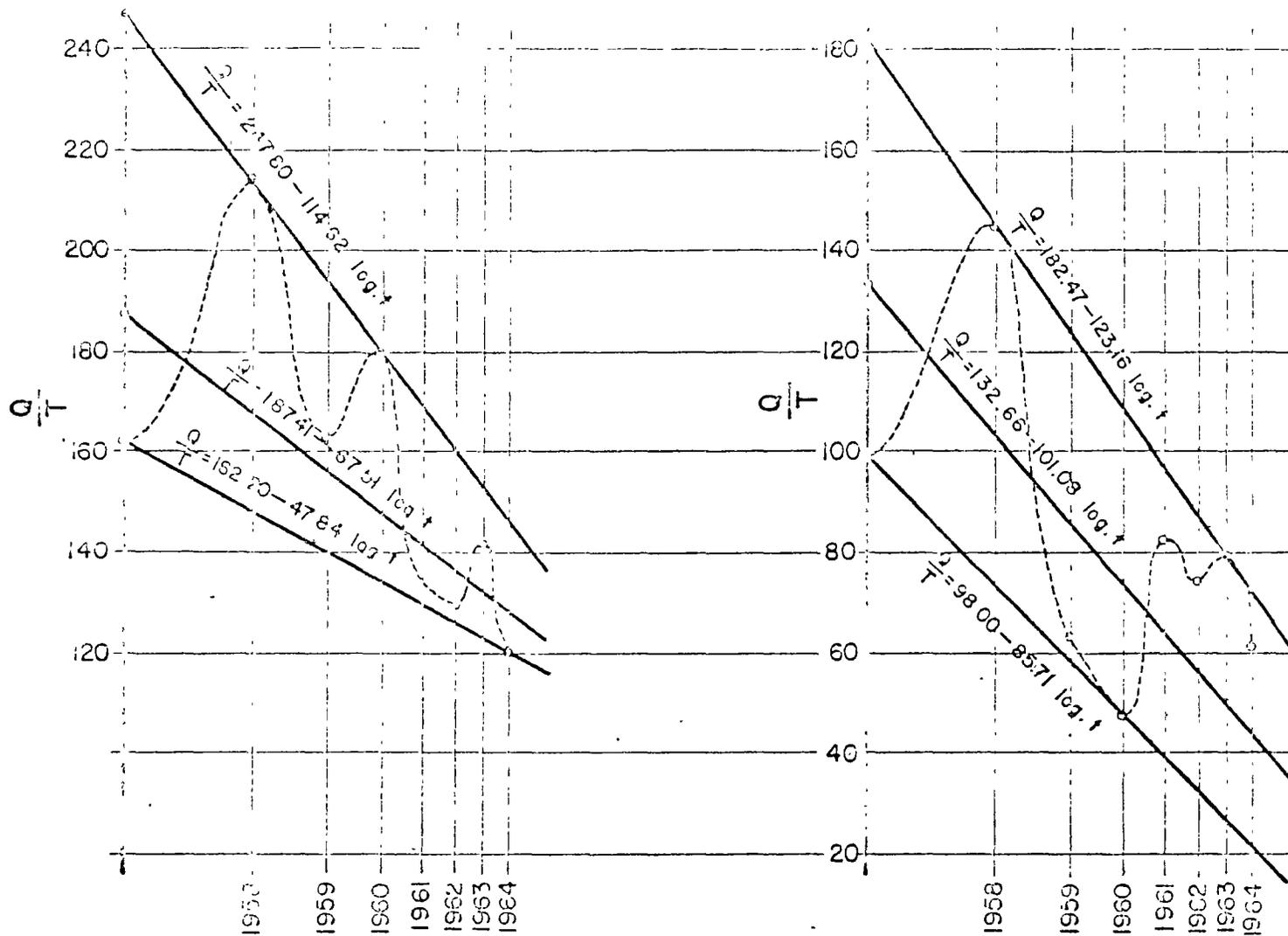
GRAFICA No. 3

EVOLUCION DE LOS ACUIFEROS GRUESOS

EVOLUCION DE LOS ACUIFEROS FINOS

EVOLUCION DEL CONJUNTO DE ACUIFEROS

VALLE DE MEXICALI — MODELO MATEMATICO LINEAL



ALIMENTACIONES SUBTERRANEAS

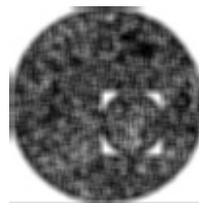
SALIDAS SUBTERRANEAS

EVOLUCION DEL FLUJO SUBTERRANEO

GRAFICA No.4 VALLE DE MEXICALI MODELO MATEMATICO LINEAL



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA IX: CONTROL Y OPERACION DE LOS APROVECHAMIENTOS

9.1. Sistemas de Control

9.2. Formas de Control

9.3. Banco Nacional de Información Geohidrológica.

ING. JORGE E. ALVARADO.

Marzo, 1978



CONTROL Y OPERACION DE LOS APROVECHAMIENTOS
DE AGUAS SUBTERRANEAS

SISTEMAS DE CONTROL.

FORMAS DE CONTROL.

BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN
GEOHIDROLÓGICA.

POR ING. JORGE ENRIQUE ALVARADO ORTUÑO

EN EL ACTUAL CURSO, SE HAN PRESENTADO
LOS DIFERENTES ASPECTOS REQUERIDOS PARA OBTENER AGUA SUBTERRÁNEA A -
TRAVÉS DE UNA PERFORACIÓN.

SE HAN PERCATADO DE LA IMPORTANCIA QUE
TIENE; LA DEFINICIÓN DE LA LOCALIZACIÓN ADECUADA PARA LA PERFORACIÓN
A TRAVÉS DEL DICTÁMEN GEOHIDROLÓGICO EN QUE INTERVIENE LA GEOLOGÍA -
SUPERFICIAL, LA GEOFÍSICA PROSPECCIÓN GEOHIDROLÓGICA, FOTOINTERPRETA
CIÓN, TRAZADORES, ETC.

SE HAN ESTUDIADO LAS TÉCNICAS DE PERFO
RACIÓN QUE SE DEBEN EMPLEAR PARA CADA FORMACIÓN Y LOS PROBLEMAS DERI
VADOS AL NO UTILIZAR LAS HERRAMIENTAS Y MATERIALES ADECUADOS. ASI--
MISMO SE HA VISTO LO IMPORTANTE QUE ES LA SELECCIÓN DE LOS ADEMES, -
EL ENGRAVADO Y EN ALGUNOS CASOS LA CEMENTACIÓN EN EL POZO. DIFEREN
TES TIPOS DE LIMPIEZA, LOS AFOROS Y LA SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.

TAMBIÉN SE HAN ENTERADO DE LAS DICIPLI
NAS Y PROCEDIMIENTOS QUE INTERVIENEN PARA LOS ESTUDIOS DE EVALUACIÓN

LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN Y LOS OBJETIVOS FUNDAMENTALES DE - - ELLOS, SABIENDO DE ANTEMANO QUE DEL RESULTADO OBTENIDO EN LA EVALUACIÓN DE UNA ZONA PUEDEN DERIVARSE OPINIONES POSITIVAS EN ESA REGIÓN, TALES COMO EL INCREMENTO DE MÁS POZOS, QUE POR ENDE ABRIRAN NUEVAS - TIERRAS AL CULTIVO O TAMBIÉN SE PUEDE CONCLUIR EL DE LLEVAR AL EXTREMO NECESARIO DE VEDAR LA ZONA, IMPIDIENDO LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS POZOS A FIN DE PRESERVAR EL ACUÍFERO EL MAYOR TIEMPO POSIBLE Y EN LA FORMA MÁS RECOMENDABLE.

AHORA BIÉN, ENTENDEMOS LA NECESIDAD DE REGISTRAR EN ALGUN LUGAR ESTOS RESULTADOS Y EXPERIENCIAS QUE SEGURAMENTE SERÁN DE UTILIDAD EN EL FUTURO INMEDIATO Y MEDIATO. SI EL TRABAJO SE CONCRETA A UNA SOLA OBRA DE PERFORACIÓN Ó A UNA SOLA ZONA DE EVALUACIÓN, PODEMOS FACILMENTE MEMORIZAR LA HISTORIA DEL ESTUDIO Y - EL RESULTADO, ASÍ MISMO EN EL CASO DEL POZO SE RECUERDA LA PROFUNDIDAD, SUS DIÁMETROS DE ADEME, SU CAUDAL Y TODOS LOS DETALLES DE CONSTRUCCIÓN, SI SE TRABAJA CON 100 POZOS YA NO SERÁN MEMORIZADOS LOS - DATOS TAN FACILMENTE, ESTANDO SUJETOS A OLVIDOS CONFORME PASA EL - TIEMPO. PERO SI HABLAMOS DE 100 ZONAS Ó DE 10, 20 Ó 50,000 POZOS DE FINITIVAMENTE ES IMPOSIBLE QUE PERSONA ALGUNA RECUERDE LOS DETALLES, POR TAL MOTIVO HAY NECESIDAD DE ANOTARLOS EN EXPEDIENTES Y LOCALIZAR LOS EN PLANOS.

EN LA ACTUALIDAD MÉXICO, REQUIERE CONOCER Y PLANEAR LA EXPLOTACIÓN RACIONAL DE SUS MUY IMPORTANTES RESERVAS-MINERAS Y PETROLERAS, PERO TAMBIÉN COMO RENGLÓN DEFINITIVO, SU POTENCIAL DE AGUA, TANTO SUPERFICIAL COMO SUBTERRÁNEA.

CUANDO LOS TÉCNICOS DE CUALQUIER DISCIPLINA, RELACIONADA CON EL AGUA SUBTERRÁNEA, REQUIEREN DE ALGUNA INFORMACIÓN, SE INICIA UN PROBLEMA QUE GENERALMENTE PARECE INTERMINABLE, SE CONCENTRAN EN UNA ZONA, EN PARTICULAR, Y SE TIENEN QUE APRENDER LA CODIFICACIÓN USADA EN ESE TIEMPO, POR LA INSTITUCIÓN Ó PERSONA QUE LA ELABORÓ, Y CUANDO SE TIENE QUE TRABAJAR A NIVEL NACIONAL, USUALMENTE RESULTABA EL CAOS; DIFERENTES CONSIDERACIONES, DIFERENTES NOMENCLATURAS, DIFERENTES UBICACIONES, DIFERENTES CRITERIOS, DIFERENTES PLANOS, ETC.

PERSONAS CAPACITADAS HABIAN TRATADO DE ORDENAR ESTA INFORMACIÓN DE MUCHAS MANERAS PERO GENERALMENTE SEPARANDO LAS DIVERSAS ZONAS CON SUS DIVERSOS PROBLEMAS.

ASÍ PUES EN ESTA OCASIÓN, SE HABLARÁ DE LA SOLUCIÓN QUE SE HA DADO AL PROBLEMA DE REUNIR LA INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA A NIVEL NACIONAL EN FORMA INTEGRAL Y ADECUADA A ESTA EPOCA, Y A LOS RECURSOS DISPONIBLES. SIN MENOSPRECIAR NUNCA EL ESFUERZO REALIZADO POR PERSONAS E INSTITUCIONES QUE NOS ANTECEDIERON, DADO QUE ESA FUÉ LA BASE DE LA IDEA, CREACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS Y FORMAS DE CONTROL QUE HAN DADO COMO RESULTADO EL BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA. ESTE BANCO SEGURAMENTE REGISTRARÁ POR BASTANTES AÑOS PENSANDO Y DANDO CABIDA A QUE EN EL FUTURO SE PODRÁ AFINAR AÚN MÁS ADICIONANDO CADA VEZ MAS DETALLES. DEBIDO A LA RECOPIACIÓN DE DATOS APORTADOS POR PERSONAS Y TÉCNICOS QUE COMO USUARIOS ENTENDERÁN LO VALIOSO Y LA UTILIDAD PRÁCTICA DE CONOCER Y REGISTRAR LOS PORMENORES Y EXPERIENCIAS OBTENIDAS AL DESARROLLAR SUS

TRABAJOS DE PERFORACIÓN Y QUE SI BIEN, ANTERIORMENTE NO HABIA UNA -
FORMA DE CONTROL NACIONAL AHORA EXISTE UNA PARA SU MANEJO INTEGRAL.
DE FORMA TAL QUE PERMITE AGILIZAR LA TOMA DE DECISIONES, EVITANDO -
ERRORES QUE EN FORMA LOGICA SE COMETIAN POR NO TENER AL ALCANCE LA -
INFORMACIÓN NECESARIA.

EL BANCO CONTEMPLA 4 FACETAS IMPORTANTES; EN UNA DE ELLAS EL REGISTRO DE LOS APROVECHAMIENTOS DE AGUAS -
SUBTERRÁNEAS CON TODAS SUS CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN LA TÉRMI-
NACIÓN, UBICACIÓN Y A QUIEN BENEFICIA. ASÍ COMO LAS FORMACIONES --
ATRAVEZADAS DURANTE LA PERFORACIÓN Y CALIDADES DE AGUA.

OTRA FACETA ES LA ELABORACIÓN DE DOS -
PLANOS A NIVEL ESTATAL Y CON LAS CONDICIONES ACTUALES DE EXPLOTACIÓN
Y LA GEOLOGÍA SUPERFICIAL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE ROCA ACUÍFERA.

OTRA FACETA ES LA DE ELABORAR, IMPRI--
MIR, PUBLICAR Y DIBULGAR PLANOS A NIVEL ZONA GEOHIDROLÓGICA, CON LEN
GUAJE ENTENDIBLE A TODA PERSONA COMO GUÍA DE LAS CONDICIONES EN LOS
ACUÍFEROS Y ZONAS FACTIBLES DE PERFORAR.

LA ULTIMA SE REFIERE A LA CODIFICACIÓN
Y REGISTRO DE TODOS LOS DICTÁMENES GEOHIDROLÓGICOS REVISADOS DE LUGA
RES Y SITIOS EN PARTICULAR.

NOS ESTÁ POR DEMÁS ASENTAR QUE ESTE -
BANCO DEBERÁ ESTARSE ACTUALIZANDO, DEBIDO A QUE TANTO LOS ACUÍFEROS

COMO LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS, ESTÁ SUJETA A UNA ACTIVIDAD DINAMICA
CONSTANTE.

PASAREMOS A EXPONER EN FORMA RESUMIDA
EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y LOS PASOS DADOS PARA LA INTEGRACIÓN
DEL BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA.

BANCO NACIONAL DE INFORMACION GEOHIDROLOGICA

EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

COMO SE HA MENCIONADO A NADIE ESCAPA - LA IMPORTANCIA QUE TIENE EL AGUA COMO FACTOR PARA LA SUPERVIVENCIA, - LA SALUD, EL DESARROLLO AGRÍCOLA, PECUARIO, MUNICIPAL, INDUSTRIAL Y RECREATIVO. EN SÍNTESIS FORMA PARTE INTEGRAL E INDISPENSABLE DE LA VIDA.

ES POR ESTO QUE EN LA ACTUALIDAD, TODOS LOS PUEBLOS DE LA TIERRA, TIENEN UNA SERIA PREOCUPACIÓN POR CONOCER SUS RESERVAS DE AGUA, SU RENOVACIÓN Y LA UTILIZACIÓN QUE LE DEN Y DEBERÁN DARLE EN EL FUTURO. SE PUEDE MENCIONAR QUE EN LA MAYOR PARTE DEL MUNDO SE CONOCEN EN FORMA SOMERA O CON GRAN PRECISIÓN, DESDE HACE TIEMPO SUS RECURSOS ACUÍFEROS SUPERFICIALES. EN LA ACTUALIDAD SE TIENE YA UNA IDEA DEFINIDA Y CLARA ACERCA DE LA IMPORTANCIA DE ESTE VITAL LÍQUIDO, ASÍ COMO EL RENDIMIENTO QUE OTORGA EL CONSTRUIR PRESAS GRANDE O PEQUEÑAS A FIN DE RETENER EL AGUA DE ESCURRIMIENTOS, PARA SU APROVECHAMIENTO EN DIFERENTES USOS, TRATANDO ASÍ DE OBTENER LOS MAYORES BENEFICIOS.

EN MÉXICO, AL IGUAL QUE EN OTROS PAÍSES, SE CONOCE ESTE RECURSO SUPERFICIAL Y SE HAN CONSTRUIDO MÁS DE 1,046 PRESAS DE ALMACENAMIENTO Y 1,348 PRESAS DERIVADORAS, ASÍ COMO UN SIN NUMERO DE BORDOS DE RETENCIÓN, Y SE TIENE YA UN CONOCIMIENTO MUY RAZONABLE DE LAS PRECIPITACIONES EN TODO EL PAÍS.

A TRAVÉS DE PLATICAS ANTERIORES SE LE HA COMENTADO, QUE NO FUE HASTA EL PRESENTE SIGLO EN QUE SE PRODUCIERON INQUIETUDES ACERCA DEL CONOCIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA, PUES HASTA ENTONCES LA UTILIZACIÓN DEL AGUA DEL SUBSUELO SE HABÍA LIMITADO A SU PRODUCCIÓN ESPONTÁNEA A TRAVÉS DE NORIAS, TAJOS, GALERÍAS FILTRANTES Y EN MUY RARAS OCACIONES A TRAVÉS DE PERFORACIONES DE POZOS, SIN CONOCER SU CUANTÍA NI RESERVA.

SE HA MENCIONADO TAMBIÉN QUE EL ESTUDIO INTEGRAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL MUNDO SE HA DESARROLLADO RECIENTEMENTE; LOS TÉCNICOS Y CIENTÍFICOS HAN DEFINIDO MÉTODOS, FORMULAS Y LEYES PARA SU CAPTACIÓN ESTUDIO Y CONOCIMIENTO DEBIDO A LA GRAN UTILIDAD Y BENEFICIO OBTENIDOS, POR UN LADO Y POR OTRO LOS EFECTOS PERJUDICIALES QUE SE OBSERVARON AL EXPLOTAR ESTE ELEMENTO.

¿CUANDO NOS PREGUNTAMOS QUE HA OCURRIDO EN MÉXICO CON NUESTRAS AGUAS SUBTERRÁNEAS? ¿QUÉ TAN IMPORTANTES SON PARA NUESTRO PAÍS? ¿QUÉ TANTO CONOCEMOS DE ELLAS? ¿EN QUE MEDIDA Y PROFUNDIDAD DEBEMOS ESTUDIARLAS?

DEBEMOS RECORDAR QUE EL 63% DEL TERRITORIO NACIONAL ESTÁ COMPUESTO DE ZONAS ÁRIDAS O SEMI-ÁRIDAS Y QUE POR LO TANTO EL RIEGO ES "INDISPENSABLE" EN ESTAS ZONAS, SIENDO NECESARIO EN OTRO 31%, CONVENIENTE EN UN 5% E INECESARIO POR TENER LLUVIA TODO EL AÑO EN UN 1%, SABEMOS TAMBIÉN QUE CUANDO MENOS EL 95% DE NUESTRAS GRANDES CIUDADES, CIUDADES PEQUEÑAS Y POBLADOS, SE ABASTECEN DE AGUA SUBTERRÁNEA.

EN NUESTRA PATRIA LA CAPTACIÓN DE ESTE ELEMENTO HA TENIDO DOS DIFERENTES ASPECTOS, POR UN LADO: LOS AGRI--CULTORES MEXICANOS, LAS GRANDES CIUDADES Y CENTROS TURÍSTICOS, HAN - UTILIZADO CON MUCHO ÉXITO LA EXPLOTACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, CUAN- DO LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS SE HAN ENCONTRADO EN BUENAS CONDICIONES PARA LA EXTRACCIÓN, PERO NO HAY QUE OLVIDAR EL OTRO ASPECTO; CUANDO SE ABATEN ESTOS NIVELES A GRAN PROFUNDIDAD SE HACE ANTIECONÓMICA SU EXPLOTACIÓN. EN ZONAS COSTERAS, SE PUEDEN PRESENTAR ADEMÁS DAÑOS - IRREVERSIBLES AL BOMBLEAR BAJO EL NIVEL DEL MAR, PROVOCANDO LA INTRU- SIÓN DE AGUA SALADA DE MAR TIERRA DENTRO. EN OTRAS OCASIONES SE PRO- VOCAN GRIETAS EN EL TERRENO Ó HUNDIMIENTO EN GRANDES ÁREAS. TAMBIÉN PUEDEN SER IGUALMENTE DAÑINOS CUANDO ESTOS NIVELES SON DEMASIADO SU- PERFICIALES, PROVOCANDO LA SALINIZACIÓN POR EVAPOTRANSPIRACIÓN DE - LOS SUELOS DEJANDO GRANDES ÁREAS SIN PRODUCCIÓN, ASÍ TAMBIÉN SE PUE- DEN PRESENTAR PROBLEMAS GRAVES, COMO LOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, AL NO CONOCER Y PREVEER ESTE FENÓMENO.

SE ANOTAN SOLAMENTE ALGUNAS ZONAS COMO EJEMPLO DE CADA UNO DE ESTOS FENÓMENOS EN EL PAÍS:

DE SOBRE-EXPLOTACIÓN: LA ZONA LAGUNERA EN COAHUILA Y DURANGO:

DE INTRUSIÓN SALINA: VALLES DE NOROESTE Y CALIFORNIA.

DE HUNDIMIENTOS Y GRIETAS: EL VALLE DE MÉXICO.

DE SALINIZACIÓN POR EVAPOTRANSPIRACIÓN: LA REGIÓN DE RÍO VERDE S.L.P.

DE CONTAMINACIÓN: LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

SEGÚN CALCULOS MUY GENERALES DE LA DIRECCIÓN DE GEOHIDROLOGÍA Y DE ZONAS ÁRIDAS, SE ESTIMA QUE EXISTEN ALREDEDOR DE UNOS 100,000 POZOS EN LA REPÚBLICA, CONCENTRADOS EN EL CENTRO Y NORTE DEL PAÍS Y QUE LA PRODUCCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA ALCANZA UNA CIFRA DEL ORDEN DE 13,600 MILLONES DE METROS CÚBICOS AL AÑO.

POR LAS CONSIDERACIONES ANTERIORES, REQUERIMOS DE TENER UN AMPLIO CONOCIMIENTO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS ACUÍFEROS EN TODOS Y CADA UNO DE LOS ESTADOS DEL INTERIOR, ATENDIENDO A SUS DIMENSIONES, ALIMENTACIÓN Y RESERVAS ALMACENADAS. SU CANTIDAD, FORMA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS DE EXPLOTACIÓN, CON EL MAYOR NÚMERO DE CARACTERÍSTICAS POSIBLES QUE NOS PERMITA CON EL ESTUDIO DE TODOS ESTOS ELEMENTOS, PLANIFICAR LA UTILIZACIÓN "RACIONAL" ACTUAL Y FUTURA DEL POTENCIAL DE AGUA SUBTERRÁNEA COMO RECURSO VITAL PARA LA ECONOMÍA DEL PAÍS, A FIN DE PODER PLANEAR SU EXPLOTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN MÁS ACERTADA.

ACTUALMENTE VARIAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES E INSTITUCIONES, PERFORAN APROXIMADAMENTE EL 70% DE LOS POZOS EN EL PAÍS; EL 30% RESTANTE LOS CONSTRUYEN INDUSTRIAS Y PARTICULARES. LOS ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS DE EVALUACIÓN LOS REALIZA CASI EN SU TOTALIDAD EL GOBIERNO FEDERAL.

AHORA BIÉN, CADA DEPARTAMENTO, INSTITUCIÓN, EMPRESA O PARTICULAR, CONSCIENTES DE LA IMPORTANCIA QUE REÚNE EL TENER LOS INFORMES DE SUS CAPTACIONES, GENERALMENTE LOS GUARDA. AL IGUAL QUE LAS CONSTRUCTORAS TIENEN DATOS AL MENOS PARA EL PAGO DE

SUS TRABAJOS ARCHIVAN RECIBOS, ESTIMACIONES DE OBRAS O FACTURAS, PERO OCURRE QUE CADA UNO GUARDA PARA SÍ LOS DATOS QUE CONSIDERA DE "SU" UTILIDAD, DESHECHANDO LOS QUE NO LE SIRVEN, DESCONOCIENDO LO IMPORTANTE QUE ES PARA LOS ESTUDIOS Y CENSOS DE "GRAN VISIÓN", EL CONTAR CON LOS ANTECEDENTES HASTA EL MINMO DETALLE DE LAS CONDICIONES EN LOS APROVECHAMIENTOS.

HAY UN GRAN NÚMERO DE INFORMACIÓN DISPERSA EN TODO EL PAÍS, ORDENADAS EN MUY DIFERENTES TIPOS Y AUNQUE EN LO GENERAL SON LOS MISMOS DATOS, ES NECESARIO SISTEMATIZARLA EN FORMATOS BIEN DEFINIDOS QUE PUEDAN SER CONCENTRADOS Y MANEJADOS, EVITANDO CONFUSIONES Y COMPLICACIONES A LOS TÉCNICOS EN GEOHIDROLOGÍA. EN GENERAL, SE DÁ EL CASO, QUE EN VARIAS INSTITUCIONES TIENEN DETALLES VALIOSOS CON DIVERSOS ORDENAMIENTOS, LOCALIZADOS EN COORDENADAS, EJES O CUADROS DISEÑADOS PARA UNA ZONA EN PARTICULAR SIN OBEDECER HASTA EL MOMENTO UN ORDEN NACIONAL. ADEMÁS ES COMUN QUE LA INFORMACIÓN DISPERSA EN CADA OFICINA, SE CLASIFICAN NUEVAMENTE Y EN OTRA FORMA.

EN EL SEGUNDO MES DE 1978 SE TIENE CUBIERTO CON ESTUDIOS DE EVALUACIÓN, CERCA DE LA QUINTA PARTE DEL PAÍS 400,000 Km² Y OTRA CUARTA PARTE DE MÉXICO, CON RECORRIDOS DE RECONOCIMIENTOS GENERALES, HACIENDO UN TOTAL DE 900,000 Km², CONTRA LOS 2'000,000 Km² QUE EN NÚMEROS REDONDOS TENMOS POR ESTUDIAR.

EL ACERVO DE DATOS OBTENIDOS QUEDA ASENTADO EN LAS 2,500 PERFORACIONES QUE CON FINES EXPLORATORIOS SE

HAN CONSTRUÍDO, CON UNA LONGITUD DEL ORDEN DE 500,000 MTS., ASÍ COMO EN LAS 120 ZONAS ESTUDIADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS, CON LOS CENSOS RESPECTIVOS DE POZOS Y LOS 3,000 DICTÁMENES GEOHIDROLÓGICOS EN SITIOS PARTICULARES. CON ESTOS TRABAJOS EL PAÍS SE ENCUENTRA CON UNA MUY BUENA PORCIÓN YA ESTUDIADA Y CONOCIDA, TENIENDO DATOS FIDEDIGNOS DE APROVECHAMIENTOS, HACIENDO UN TOTAL DE 60,000 EN FORMA GENERAL, DE ESTOS YA SE HAN CODIFICADO 25,000.

POR ESTAS RAZONES SE DETERMINÓ TOMAR DE INMEDIATO, ACCIÓN FIRME Y DECIDIDA PARA LA INTEGRACIÓN Y FORMACIÓN DEL "BANCO NACIONAL DE INFORMACION GEOHIDROLOGICA"

ACTUALMENTE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS A TRAVÉS DE LA DIRECCIÓN DE GEOHIDROLOGÍA Y DE ZONAS ÁRIDAS, SE HA PREOCUPADO POR RECOPIRAR TODA LA INFORMACIÓN DISPERSA EN MATERIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ORDENÁNDOLA EN DOS FORMATOS QUE HAN TOMADO BASTANTE TIEMPO ACEPTAR (FIGS. 1 Y 2), CONTANDO CON MÁS DE 120 ANOTACIONES, SIENDO 73 DATOS INDEPENDIENTES Y EFECTIVOS, CONTEMPLANDO TODOS Y CADA UNO DE LOS ASPECTOS DE INTERÉS PARA LA GRAN DIVERSIDAD DE TAREAS Y TRABAJOS QUE REALIZAN LAS DIFERENTES INSTITUCIONES. PARA EL MANEJO DE ESTE GRAN NÚMERO DE DATOS, SE RECURRIÓ AL USO DE COMPUTADORAS.

DE PRIMORDIAL IMPORTANCIA FUE LA DE DAR UN "NÚMERO UNICO" ADICIONAL A CADA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA LLÁMESE POZO, NORIA, TAJO, MANANTIAL, GALERÍA FILTRANTE, ESTACIÓN PIEZOMÉTRICA, ETC., CONSIGNANDO DESDE LUEGO EL NÚMERO O CLAVE

CON EL QUE SE CONOCE ACTUALMENTE Y SU NÚMERO DE REGISTRO NACIONAL.

MUY IMPORTANTE FUE LA LOCALIZACIÓN --
POR COORDENADAS Y SU ELEVACIÓN SOBRE EL NIVEL DEL MAR, ADEMÁS DE --
LOS DATOS QUE SE ANOTAN EN LAS FORMAS ELABORADAS PARA ESTE FIN.

SE PLANTEÓ ESTE FORMATO DE MANERA QUE
CON LAS COORDENADAS Y NÚMERO ÚNICO PERMITA QUE EN EL PROCESO DE PRO
DUCCIÓN EN LA COMPUTADORA MARQUE SU UBICACIÓN, EN PLANOS DIBUJADOS
POR ELLA MISMA A LAS ESCALAS CONVENIENTES, DE ESTA MANERA SE DETEC
TA DE INMEDIATO SI HAY DUPLICIDAD DE UN MISMO APROVECHAMIENTO. ASÍ-
MISMO AL TENER EL NÚMERO ÚNICO, UN POZO POR EJEMPLO, AL SER RELOCA
LIZADO O CANCELADO, ESTE NÚMERO ÚNICO QUEDA REGISTRADO DANDO OTRO -
AL NUEVO APROVECHAMIENTO RELOCALIZANDO, AUNQUE SEA EN EL MISMO PRE-
DIO, LO CUAL EVITARÁ TAMBIÉN CONFUSIONES PUES QUEDARÁN ALMACENADOS
EN LA COMPUTADORA LOS INFORMES DEL ANTIGUO Y EL NUEVO POZO.

LA COMPUTADORA NOS INDICARÁ LAS ZONAS
MÁS DENSAMENTE CUBIERTAS DE APROVECHAMIENTOS PERMITIENDO TENER UNA
IDEA GENERAL ESTATAL O NACIONAL DE ESTA SITUACIÓN. CABE MENCIONAR
TAMBIÉN QUE SE ANOTARÁ ADEMÁS DEL ESTADO, EL MUNICIPIO, EL EJIDO O
PEQUEÑA PROPIEDAD, CUENCA O SUB-CUENCA GEOHIDROLÓGICA; ADEMÁS SE -
PUEDE TRABAJAR CON LA UBICACIÓN EN LOS 31 ESTADOS, LOS 2,394 MUNICI
PIOS DEL PAÍS Y LOS 21,556 EJIDOS, CON LA SUPERFICIE TOTAL, LA SU--
PERFICIE CULTIVADA Y LAS FAMILIAS QUE LOS INTEGRAN.

ESTOS DATOS Y LOS DEMÁS DEBERÁN ACTUA
LIZARSE AÑO CON AÑO.

EL SISTEMA HA SIDO ADAPTADO PARA PRODUCIR LOS MÁS DIVERSOS LISTADOS Y COMBINACIONES QUE EN UN MOMENTO DADO SE PUEDAN NECESITAR PODREMOS DE TAL FORMA SOLICITAR AL BANCO, DIFERENTES TIPOS DE INFORMACIÓN GENERAL TALES COMO: LA CANTIDAD DE POZOS EN ROCAS CALIZAS O BASÁLTICAS O DE RELLENO, ASÍ COMO LA CANTIDAD DE POZOS DE 4, 6, 12 Y 16 PULGADAS EN EL PAÍS Y EN QUÉ LUGARES SE ENCUENTRAN, O TAMBIÉN SE PODRÁ PREGUNTAR POR EJEMPLO, EL NÚMERO DE POZOS CON ELEVACIONES ENTRE 1,000 Ó 1,200 MTS. SOBRE EL NIVEL DEL MAR O CUALQUIER ELEVACIÓN QUE SE REQUIERA. TAMBIÉN CUÁLES Y CUÁNTOS POZOS TIENEN MÁS DE 1,000 Ó 1,500 PPM DE SÓLIDOS TOTALES DI SUELTOS Y SU UBICACIÓN O CUÁLES TIPOS O MARCAS DE BOMBAS EXISTEN EN OPERACIÓN.

SEGURAMENTE SE PENSARÁ EN LA DIFICULTAD QUE SE ENFRENTA AL TRATAR DE LLENAR EN TODAS SUS PARTES LOS FORMATOS, PUES ALGUNOS INFORMES LOS TENDREMOS A LA MANO, PERO QUIZÁ OTROS NO. SE PLANEÓ PARA ESTOS CASOS, EL CONSIGNAR UN DATO ESTIMADO (SE ANOTA CON ASTERISCO) DEBIDO A QUE EN LA ACTUALIDAD HAY TÉCNICOS MUY CALIFICADOS EN CADA ESTADO QUE CONOCEN EN FORMA GENERAL SU ÁREA DE TRABAJO, POR TANTO LOS DATOS APROXIMADOS DE ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR, PRODUCCIÓN DE LOS POZOS, TIPO DE ROCA Y SU PROFUNDIDAD, ETC., PODRÁ FÁCILMENTE ESTIMARSE CON RELATIVA SEGURIDAD A RESERVA DE RATIFICARLOS POSTERIORMENTE QUITANDO ENTONCES EL ASTERISCO. EN ESTA FORMA SE PUEDE YA TRABAJAR CON LOS DATOS SEGUROS Y LOS ESTIMADOS, OBTENIENDO LAS CIFRAS RESPECTIVAS.

DEBIDO A LOS ESPACIOS REDUCIDOS QUE CABEN EN LAS COMPUTADORAS HUBO NECESIDAD DE ELABORAR SIETE INSTRUC-

TIVOS PARA LA FORMULACIÓN DE LAS HOJAS BNI-1 Y BNI-2 (BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN 1 Y 2) A FIN DE EVITAR CONFUSIONES Y AGILIZAR LAS ANOTACIONES DEBIENDO CONTINUAR LA SIGUIENTE SECUELA PARA SU MANEJO :

(AUDIOVISUAL ILUSTRATIVO A LO SIGUIENTE)

DEBIDO A LO ÁRIDO DEL TEMA Y A FIN -
DE AGILIZAR Y HACER MÁS AMENA ESTA PARTE TAN DETALLADA -DE LA PLATICA- EN ESTE AUDIOVISUAL SE DAN SOLAMENTE ALGUNOS EJEMPLOS PARA EL -
LLENADO DE LAS FORMAS.

ES IMPORTANTE ASENTAR NUEVAMENTE QUE EL BANCO DE INFORMACIÓN, NO TIENE COMO FINALIDAD SOLAMENTE ARCHIVAR LA INFORMACIÓN, QUE EN UN MOMENTO DADO, SÓLO SIRVE PARA ENGROSAR Y TRASTORNAR MÁS LOS ARCHIVOS, LAS GAVETAS Y LOS ALMACENES EN LAS OFICINAS, ES NECESARIO OBTENER DE LAS COMPUTADORAS LA MAYOR UTILIDAD POSIBLE, PONIÉNDOLAS A TRABAJAR EN BENEFICIO DE LOS PROGRAMAS Y PLANES ACTUALES Y FUTUROS, SOLICITANDO LOS DATOS CON TODA LA GAMA DE ALTERNATIVAS POSIBLES QUE FACILITEN AL TÉCNICO RAZONAR Y MANEJAR LA INFORMACIÓN, ASÍ COMO DECIDIR LA FORMA MÁS ACERTADA DE PLANTEAR Y LLEVAR A CABO SUS PROYECTOS, LAS COMPUTADORAS FUERON FABRICADAS PARA AGILIZAR LOS TRABAJOS CON EL MÍNIMO DE ERRORES.

EN RESUMEN, LOS TÉCNICOS DEBERÁN SABER QUÉ VAN A PREGUNTAR A LA COMPUTADORA DE ACUERDO CON EL PROYECTO A REALIZAR.

SE HA MENCIONADO LA IMPORTANCIA Y UTILIDAD QUE TIENE EL QUE LA MISMA COMPUTADORA PUEDA DIBUJAR POR SI SOLA LOS PLANOS A ESCALAS MÁS CONVENIENTES Y QUE AL MISMO TIEMPO PUEDA DETECTAR, (DE EXISTIR) ERRORES EN CUANTO A LA UBICACIÓN POR MEDIO DE COORDENADAS, PERMITIENDO DE ESTE MODO LOGRAR LA CORRECCIÓN DE LOS -- MISMOS.

CON LA PROGRAMACIÓN Y AVANCE LOGRADO ES POSIBLE EN LA ACTUALIDAD OBTENER EL DIBUJO DE LA REPÚBLICA MEXICANA, DE CUALQUIER ESTADO DEL PAÍS, ASÍ COMO LA AMPLIFICACIÓN DE ALGUNA ZONA EN PARTICULAR PROPORCIONANDO LAS COORDENADAS REQUERIDAS, AL MISMO TIEMPO UBICA LOS APROVECHAMIENTOS QUE TENGA ALMACENADOS.

UNA VEZ EXPUESTOS LOS PLANTEAMIENTOS EN CUANTO A LA UTILIDAD, METODOLOGÍA, INSTRUCTIVOS Y CATÁLOGOS DE CLAVES EN SU PARTE CORRESPONDIENTE A LA RECOPIACIÓN DE DATOS, QUE PERMITE TRABAJAR A LA COMPUTADORA, PASAMOS A LA OTRA FACETA DE TRABAJO.

EL BANCO DE INFORMACIÓN NO SOLAMENTE CONTEMPLA LA RECOPIACIÓN DE DATOS Y SU REPRODUCCIÓN EN LOS PLANOS DIBUJADOS POR LA COMPUTADORA, SINO QUE ADEMÁS PREVÉ LA ELABORACIÓN DE OTRO TIPO DE PLANOS ESTATALES Y DE LA REPÚBLICA QUE ORIENTEN EN FORMA ACCESIBLE AUNQUE DESDE UN PUNTO DE VISTA MUY GENERAL SOBRE LA SITUACIÓN QUE GUARDA EL PAÍS EN ESTA MATERIA, PARA TAL FIN SE TRABAJA INTENSAMENTE EN LA FORMACIÓN DE PLANOS BAJO TRES ASPECTOS PRIMORDIALES :

- I.- PLANOS DE EXPLORACIÓN O GEOLOGÍA SUPERFICIAL.
- II.- PLANOS DE CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS.
- III.- PLANOS DE ZONA GEOHIDROLÓGICA CON DATOS FÁCILES DE INTERPRETAR DE ZONAS ESPECÍFICAS.

I.- PLANOS DE EXPLORACION

ESTOS PLANOS LLAMADOS TAMBIÉN GEOLOGÍA SUPERFICIAL (FIG. 1) CONTEMPLA LA REPRESENTACIÓN DE LAS ROCAS ACUÍFERAS O ROCAS PERMEABLES SUSCEPTIBLES DE EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, HABIENDO SIDO CLASIFICADAS COMO :

- 1).- ACUÍFEROS REGIONALES EN ROCAS CALIZAS.
- 2).- ACUÍFEROS REGIONALES TERCIARIOS.
- 3).- ACUÍFEROS EN ROCAS BASÁLTICAS.
- 4).- ACUÍFEROS EN RELLENOS.

Y PRESENTAN TAMBIÉN LAS PERFORACIONES DIRECTAS QUE CON FINES EXPLORATORIOS SE HAN REALIZADO A LA FECHA, ESTAS PERFORACIONES VAN DE LOS 50 A LOS 1,500 MTS. SE CUENTA CON LA INFORMACIÓN METRO A METRO EN LO QUE SE REFIERE A MUESTRAS Y CORTES LITOLÓGICOS, REGISTROS ELÉCTRICOS, CALIDADES DE AGUAS, GASTO, NIVEL ESTÁTICO Y DINÁMICO, ASÍ COMO CAUDAL ESPECÍFICO, AFOROS Y PRUEBAS DE BOMBEO CON LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIBILIDAD Y EN OTROS MUCHOS CASOS TAMBIÉN ALMACENAJE. ESTE TIPO DE REPORTES SE ENCUENTRAN FORMANDO PARTE DEL BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA Y DE ZONAS ARIDAS EN OFICINAS CENTRALES Y SUS RESIDENCIAS ESTATALES CON LA INFORMACIÓN DE MÁS DE 2,500 PERFORACIONES EXPLORATORIAS. ESTE TIPO DE INFORMACIÓN ORIENTA YA A LOS USUARIOS Y DEPENDENCIAS A PERFORAR O NO DETERMINADAS ZONAS DEL PAÍS, SABIENDO DE ANTEMANO LA PROFUNDIDAD Y DIÁMETROS ADECUADOS, LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS POR ATRAVESAR Y PROGRAMA TAMBIÉN EL COSTO APROXIMADO DE LA OBRA, ESTO EN LAS ZONAS ESTUDIADAS Y CONOCIDAS.

FIG. 1

II.- PLANOS DE CUANTIFICACIONES

ESTOS PLANOS REPRESENTAN LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS DE CUANTIFICACIÓN O EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS (FIG. II) REPORTANDO EN RESUMEN LA CANTIDAD DE AGUA EXTRAÍDA EN LA ZONA DE ESTUDIO, LA CANTIDAD RECARGADA EN LA MISMA, LA CALIDAD DE AGUA EN PARTES POR MILLÓN, ASÍ COMO LA CANTIDAD QUE CONTIENEN LOS ACUÍFEROS DEL LUGAR, ESTAS CIFRAS SE DAN EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES Y REPORTAN SI EL ÁREA ESTÁ SOBRE-EXPLOTADA EN EQUILIBRIO O SUBEXPLOTADA. EN LA MAYORÍA DE LAS 120 ZONAS ESTUDIADAS SE CUENTA YA CON CIFRAS CONSIGNADAS EN ESTE TIPO DE ESTUDIOS. AL OBSERVAR EN CONJUNTO

LAS ÁREAS EVALUADAS SE PROGRAMARÁN LAS PRIORIDADES NECESARIAS PARA LA CONTINUACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE ACUÍFEROS EN EL PAÍS, A TRAVÉS DE ESTUDIOS EN ÁREAS DEBIDAMENTE APROBADAS Y DE PREFERENCIA QUE SIGAN UNA CONTINUIDAD DENTRO DEL MARCO NACIONAL.

CON ESTOS PLANOS TAMBIÉN SE ORIENTA EN FORMA SEGURA Y DECIDIDA A USUARIOS E INSTITUCIONES A TRAVÉS DE ESTOS ESTUDIOS SOBRE LA CONVENIENCIA O NO DE EFECTUAR MÁS EXPLOTACIONES EN DETERMINADA ÁREA. EN ZONAS CON MAYOR CALIDAD DE ESTUDIOS SE PUEDE PROPORCIONAR EL NÚMERO, CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE POZOS A CONSTRUIR, ASÍ COMO LA CANTIDAD DE METROS CÚBICOS POR EXPLOTAR. HASTA EL MOMENTO SE HAN REGISTRADO LA FACTIBLE PERFORACIÓN DE 5.000 PERFORACIONES NUEVAS EN DIFERENTES ZONAS.

LA INTERRELACIÓN DE ESTOS PLANOS Y LOS PLANOS DIBUJADOS POR LA COMPUTADORA AL SER TRASLADADOS EN HOJAS TRANSPARENTES, PERMITIRÁ VER CON UNA MAYOR CLARIDAD LA SITUACIÓN GEOHIDROLÓGICA DEL PAÍS O DE REGIONES PARTICULARES, VISUALIZANDO DE ESTA FORMA LOS LUGARES FACTIBLES DE EXPLOTACIÓN PARA BENEFICIO DE MÉXICO QUE COMO FUENTE MUY IMPORTANTE PARA SU DESARROLLO ES OBTENER PRIMERO EL CONOCIMIENTO DEL POTENCIAL ACUÍFERO Y DESPUÉS EFECTUAR UN APROVECHAMIENTO RACIONAL PROGRAMADO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN TODO SU TERRITORIO. POR LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS, OROGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DEL PAÍS, EN ALGUNAS ZONAS ES PROPIAMENTE UN RECURSO NO RENOVABLE Y EN OTRAS TIENE UN ALTO ÍNDICE DE RENOVACIÓN.

EL ESTUDIO DE ZONAS FACTIBLES PARA LA RECARGA DE ACUÍFEROS SERÁ OTRA FUNCIÓN IMPORTANTE DEL BANCO DE INFORMACIÓN, ASÍ COMO EL MANEJO COMBINADO DE AGUAS SUPERFICIALES CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

III.- PLANOS DE ZONA GEOHIDROLOGICA

AL PROYECTAR UN DESARROLLO DE CUALQUIER TIPO, UN ASPECTO PRIMORDIAL QUE DEBE CONSIDERARSE ES SU ABASTECIMIENTO PERMANENTE DE AGUA. SI LA PROBABLE FUENTE DE ABASTECIMIENTO ES EL SUBSUELO, LOS USUARIOS POTENCIALES DEL RECURSO HIDRÁULICO (DEPENDENCIAS OFICIALES, EMPRESAS DESCENTRALIZADAS, GRUPOS EJIDALES, PARTICULARES, ETC) SE ENCUENTRAN COMO LO HEMOS EXPRESADO, CASI SIEMPRE CON UNA SERIA DIFICULTAD: DESCONOCEN CUÁLES SON LAS FUENTES DE INFORMACIÓN QUE PUEDEN CONSULTAR PARA SABER EN QUÉ ZONAS EXISTE AGUA EN CANTIDAD SUFICIENTE Y DE CALIDAD ADECUADA PARA SUS FINES, O BIEN SI EN UNA ÁREA ESPECÍFICA EXISTEN CONDICIONES FAVORABLES PARA EXTRAER ECONÓMICAMENTE DETERMINADAS CANTIDADES DE AGUA SUBTERRÁNEA.

ANTE LA APARENTE FALTA DE INFORMACIÓN EL USUARIO SELECCIONA SIN BASES TÉCNICAS EL EMPLAZAMIENTO DE SU DESARROLLO Y DE SUS CAPTACIONES. EL RESULTADO SUELE SER DESFAVORABLE, ACARRREÁNDOLE A MENUDO PROBLEMAS Y PERJUICIOS ECONÓMICOS: LAS CAPTACIONES RESULTAN MUY COSTOSAS O DE BAJO RENDIMIENTO, LA CALIDAD DEL AGUA NO ES SATISFACTORIA, LOS ACUÍFEROS NO TIENEN POTENCIALIDAD SUFICIENTE PARA PROPORCIONAR EN FORMA PERMANENTE EL CAUDAL REQUERIDO, ETC. PARADÓJICAMENTE, CUANDO SE TRATA DE DESARROLLOS IMPORTANTES, ES COMÚN QUE EL ASPECTO ABASTECIMIENTO DE AGUA SE ESTUDIE DESPUÉS DE QUE SE HAN INICIADO LAS OBRAS O INSTALACIONES, DE MANERA QUE SI NO ES FACTIBLE DISPONER LOCALMENTE DEL AGUA REQUERIDA, EL USUARIO NO TIENE MÁS QUE OPTAR POR UNA DE DOS ALTERNATIVAS: SUMINISTRAR EL AGUA DESDE DONDE SEA Y AL COSTO QUE SEA O PERDER LA INVERSIÓN YA REALIZADA.

EXISTE ADEMÁS UN DESCONOCIMIENTO GENERAL DE CUALES SON LOS TRÁMITES LEGALES O ADMINISTRATIVOS QUE DEBEN EFECTUARSE PARA OBTENER LA CONCESIÓN CORRESPONDIENTE, E INCLUSO MUCHAS VECES SE INGORA QUE DEBEN EFECTUARSE CIERTOS TRÁMITES. COMO CONSECUENCIA DE ELLO UN GRAN NÚMERO DE CAPTACIONES SE CONSTRUYEN SIN HABER SIDO - AUTORIZADAS NI REGISTRADAS, LO QUE IMPIDE TENER UN CONOCIMIENTO MÁS O MENOS REAL Y ACTUALIZADO DEL RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN DE LOS ACUÍFEROS.

EN REALIDAD HEMOS COMENTADO QUE LA ESCASES DE INFORMACIÓN NO ES TAN CRÍTICA. EN EFECTO, SE HAN DADO A CONOCER LOS ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS A DIFERENTES NIVELES DE DETALLE REALIZADOS A LA FECHA, MEDIANTE LOS CUALES SE TIENE CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS Y POTENCIALIDAD DE LOS ACUÍFEROS DE UN GRAN NÚMERO DE ZONAS DISTRIBUÍDAS EN EL PAÍS. LOS RESULTADOS DERIVADOS DE LOS ESTUDIOS SE HAN DADO A CONOCER, PROPORCIONANDO EJEMPLARES DE LOS INFORMES RESPECTIVOS A LAS PRINCIPALES DEPENDENCIAS INVOLUCRADAS EN EL ESTUDIO, EXPLOTACIÓN Y MANEJO DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS SUBTERRÁNEOS. SIN EMBARGO, PUESTO QUE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS DICHS INFORMES SON MUY VOLUMINOSOS Y, POR LO MISMO, SU EDICIÓN IMPLICA UN - ALTO COSTO, GENERALMENTE SÓLO SE PRODUCE UN NÚMERO LIMITADO DE ELLOS; SU DIFUSIÓN, POR CONSIGUIENTE, NO ES BASTANTE AMPLIA Y, ES COMUN QUE ESTE CONSTREÑIDA AL SECTOR OFICIAL O, AÚN MÁS A LAS DEPENDENCIAS DE ESTA SECRETARÍA.

POR OTRA PARTE, EL PROBLEMA NO SE RESUELVE DANDO MAYOR DIFUSIÓN A LOS ESTUDIOS REALIZADOS, PUES SU CONTENIDO - ESTÁ EXPRESADO EN UN LENGUAJE TÉCNICO, DIFÍCILMENTE COMPENSIBLE PARA EL SUSUARIO COMÚN Y CORRIENTE.

DE TODO LO ANTERIOR SE INFIERE LA GRAN UTILIDAD QUE TENDRÍA EL DAR A CONOCER LA INFORMACIÓN RELATIVA AL RECURSO HIDRÁULICO SOBTERRÁNEO, EN UNA FORMA TAL QUE FUERA ACCESIBLE A LOS USUARIOS POTENCIALES DE TODO NIVEL. PARA EL EFECTO, SE INICIO LA ELABORACIÓN DE CARTAS QUE CONTÉNGAN LOS DATOS ESENCIALES PARA PROPORCIONAR UNA IDEA APROXIMADA DE LAS CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS QUE PREVALECE EN EL SUBSUELO DE NUESTRO TERRITORIO.

ESTAS CARTAS REPRESENTAN ZONAS GEOHIDROLÓGICAS EN PARTICULAR, MOSTRANDO AQUELLOS DATOS QUE DEN RESPUESTA EN UNA FORMA PRÁCTICA, CLARA Y SENCILLA A LAS PREGUNTAS GENERALES QUE SE HACE EL USUARIO, PUDIENDO SER ENUMERADOS COMO SIGUE: LOCALIZACIÓN DE SITIOS FACTIBLES DE PERFORACIÓN, PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO, CALIDAD DE AGUA Y LA TRANSMISIBILIDAD DEL ACUÍFERO.

EN EL REVERSO DEL PLANO SE CONSIGNA UNA INFORMACIÓN TEXTUAL DE CARÁCTER GENERAL CON LAS NOTAS ACLARATORIAS AL PLANO, ASÍ COMO BREVES ANOTACIONES RELATIVAS A LOS ASPECTOS LEGALES Y ADMINISTRATIVOS, REQUERIDOS PARA OBTENER EL PERMISO DE PERFORACIÓN.

SE DESCRIBE EN FORMA GENERAL EL ÁREA CUBIERTA CON LA CARTA Y LA UNIDAD GEOHIDROLÓGICA, ASÍ COMO LAS CONDICIONES DEL ACUÍFERO EN CUANTO A ESPESOR, MATERIALES QUE LO CONSTITUYEN, LAS FRONTERAS LATERALES Y VERTICALES, ETC.

CON ESTAS GUÍAS SERÁ FACTIBLE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, QUE EL USUARIO PROGRAME LA PROFUNDIDAD DEL POZO Y EL GASTO DESEADO.

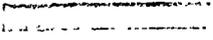
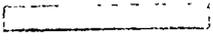
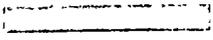
ESTA FACETA SE ESTA INICIANDO Y SE ESPERA -
QUE EN BREVE TIEMPO Y DE ACUERDO CON LOS PRESUPUESTOS OTORGADOS PUE-
DAN PUBLICARSE EL MAYOR NÚMERO DE ESTAS CARTAS GEOHIDROLÓGICAS, DEBI
DO A QUE EL FACTOR PRINCIPAL QUE SON LOS DATOS, YA SE CUENTA CON -
ELLOS.

CON LA DESCRIPCIÓN DE LAS CARTAS DAMOS POR TERMINADA ESTA PLÁTICA, ESPERANDO HAYA SIDO DE UTILIDAD EL CONOCER - LOS OBJETIVOS DEL BANCO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOHIDROLÓGICA PARA QUE UNA VEZ TERMINADO PUEDAN SOLICITAR LOS DATOS REQUERIDOS. No - DUDANDO LES FACILITARÁ Y ORIENTARÁ GRANDEMENTE EN SUS TRABAJOS.

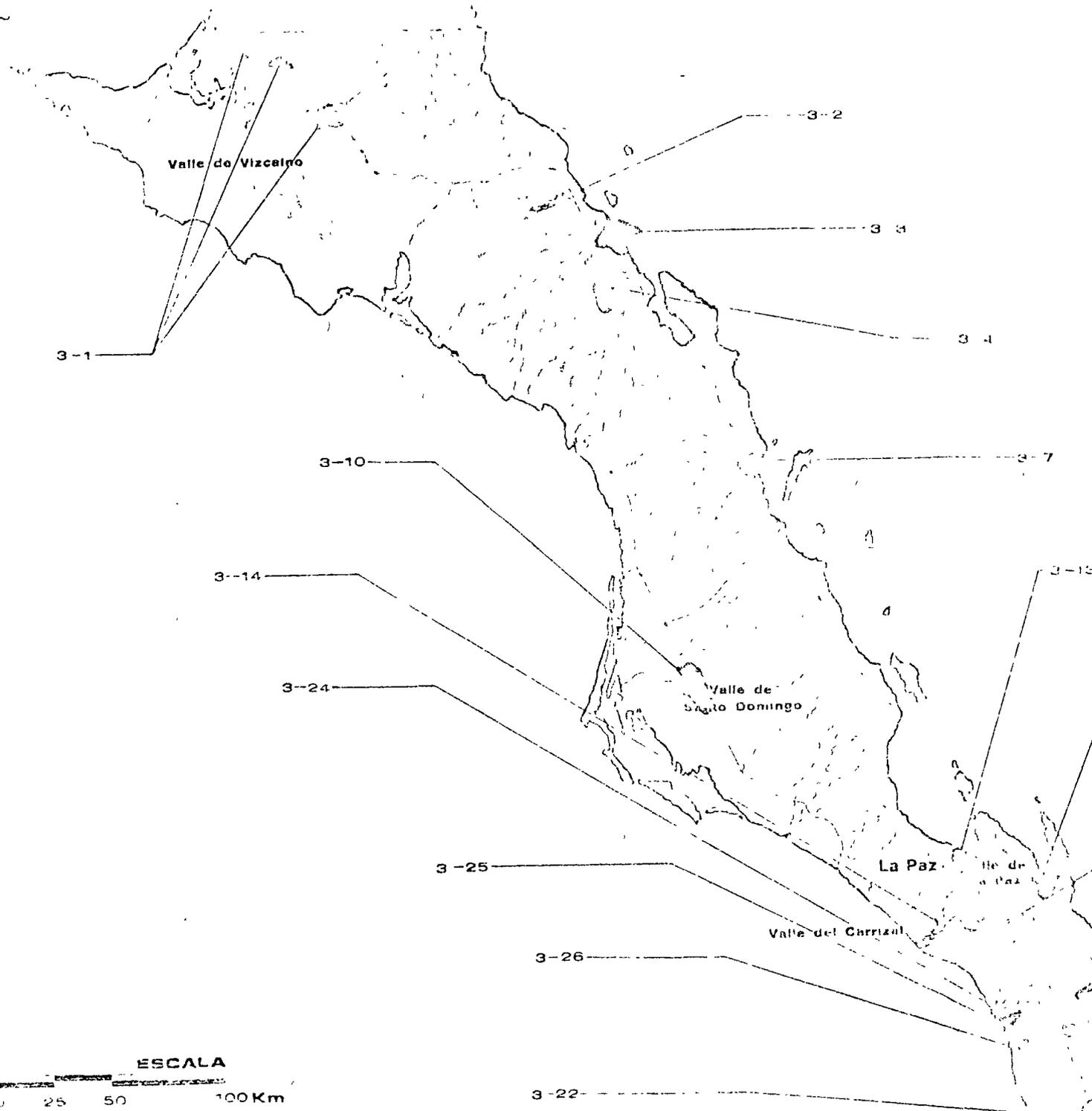
MUCHAS GRACIAS

símbolos

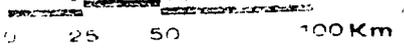
ZONAS

	sobreexplotadas
	en equilibrio
	subexplotadas
	en prospección

**CLAVE DE ZONA
GEOHIDROLÓGICA 3-1**



ESCALA



**SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA
DIRECCIÓN GENERAL DE GRANDE IRRIGACIÓN
DIRECCIÓN DE GEOHIDROLOGÍA Y DE ZONAS ARIDAS**

BNI-1

REGISTRO DE PERFORACIÓN, AFORO Y EQUIPAMIENTO

APROVECHAMIENTO

Clave Nacional _____
 Clave Local _____
 Nombre _____
 N°. de Registro Nacional _____
 Cuenca _____ Subcuenca _____
 Zona Geohidrológica _____
 Municipio _____ Estado _____
 Orden de Construcción _____
 Proprietario del Pozo _____
 Tenencia de la Tierra: Ejidal Comunidad Pequeña Federal
 Estatal Municipal Terreno Nat. Colonia
 Nombre del Predio o Ejido _____
 Proprietario del Predio _____
 Construyó Dependencia o Cía. _____
 Fecha de Terminación del Pozo _____
 DIA MES AÑO

Costo del Pozo \$ _____
 Elevación m. s. n. m. _____
 Coordenadas Norte (N) _____
 Oeste (W) _____
 Tipo de Aprovechamiento Pozo Noria Manantial
 Galería Filtrante Est. Piezométrica Sondeo
 Registro Eléctrico SI NO
 Diámetro cámara de bombeo (ademe) _____ cm.
 Profundidad cámara de bombeo _____ m.
 Ubicación de Cedazos de _____ a _____ m.
 Profundidad Total _____ m.
 Formación Aluvion Reciente Aluvion del Terciario
 Caliza del Cretácico Calcarea Yuc.
 Evaporitas Toba Basalto Andesita
 Riolita Otros.

AFORO

Fecha de Terminación del Aforo _____
 DIA MES AÑO
 Nivel Estático _____ m.
 Nivel Dinámico _____ m.
 Gasto _____ l. p. s.
 Caudal Específico _____ l.p.s./m de Abatimiento
 Pozo Positivo Negativo No Aprovechable

Costo del Aforo \$ _____
 Conductividad Eléctrica _____ μ mo/cm.
 Calidad del Agua _____ p.p.m. Sólidos Totales
 Agua Contaminada SI NO
 Contaminación Física Química Orgánica
 Uso del Agua Riego Agua Potable
 Abrevadero Industrial Doméstico Otros

EQUIPAMIENTO

Proprietario del Equipo _____
 Costo del Equipo \$ _____
 Fecha en que termino la Instalación _____
 DIA MES AÑO
 Bomba Turbina de Flecha Sumergible
 Centrífuga Guimbalete Manual
 Marca de la Bomba _____
 Diámetro de Tazones _____ Número de Pasos _____
 Caudal de Diseño _____ l. p. s.
 Carga Dinámica Total _____ m

Motor Eléctrico Combustion
 Potencia _____ H.P. a _____ t p. m.
 Marca del Motor _____
 Diámetro de la Columna _____
 Lubricada por Agua Aceite
 Diámetro de la Funda _____
 Diámetro de la Flecha _____
 Longitud de la Columna _____ m.
 Diámetro de la Descarga _____
 Medidor del Caudal SI NO

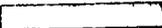
Lugar y Fecha _____
 Dependencia que informa _____

Responsable de la Información _____
 Verificó _____

* Dato Estimado

s í m b o l o s -

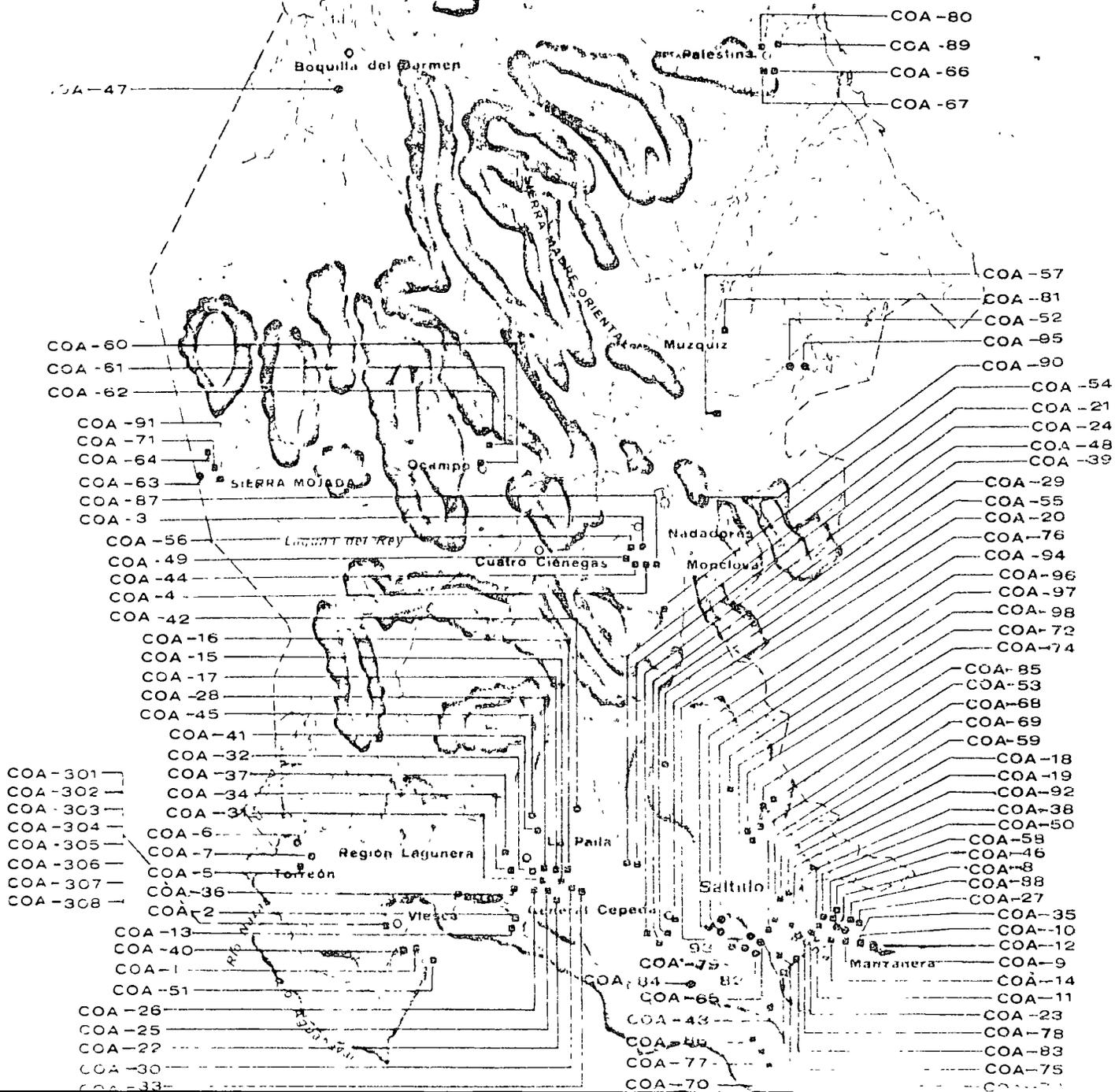
ÁREAS

-  aluviones
-  terciario
-  calizas

POZOS (1971 - 1976)

-  explotación
-  exploración
-  sondeos

CLAVE NACIONAL DE POZOS COA-1



SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA
DIRECCION GENERAL DE IRRIGACION
DIRECCION DE GEOMORFOLOGIA Y DE ZONAS ARIDAS

2 EN 4 3 COAHUILA

ESCALA 1 : 2,561,127

10455421S 10461045S 10502545S 10263641S 10164051S 10169142S 10061445S 99630445S 98645427S 97655451S

29554555

295241175

295544315

295244555

275544555

276254135

295554255

296254425

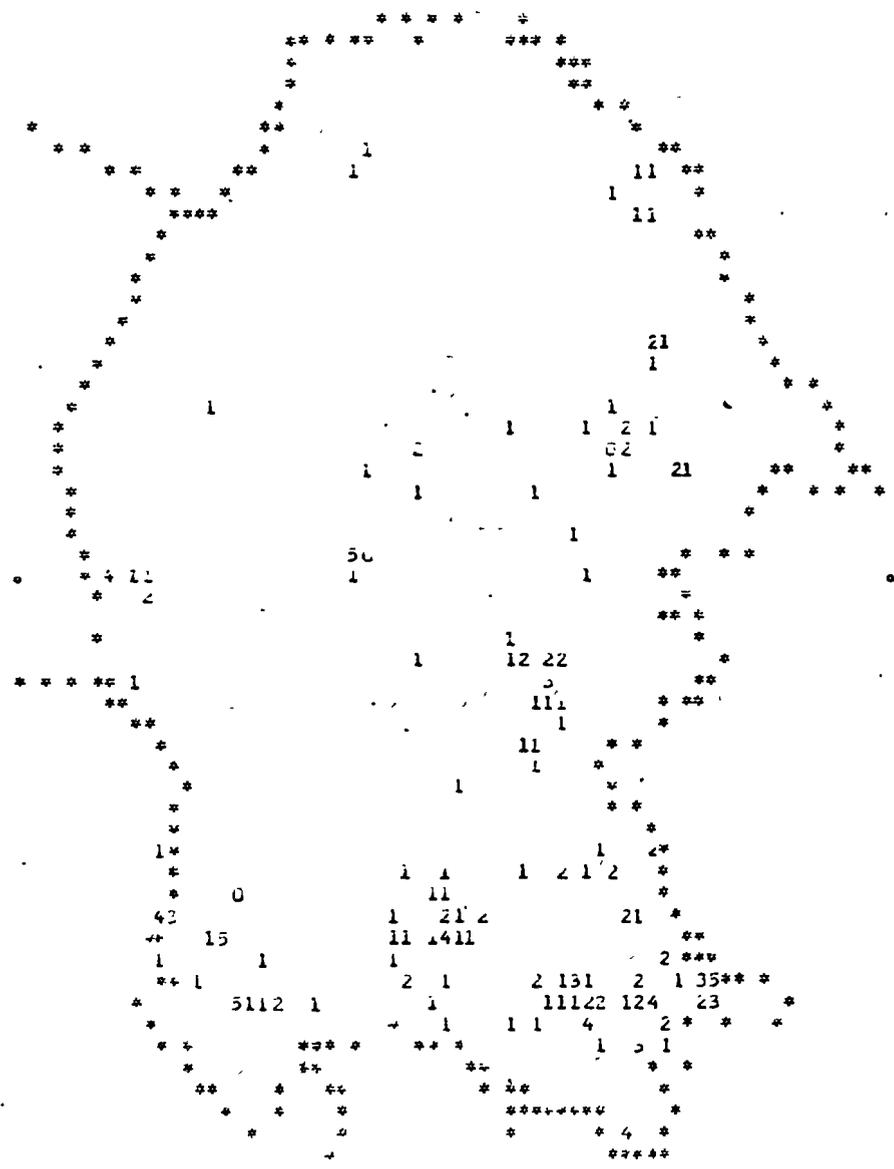
296554305

256264105

246554245

295254355

10455421S 10461045S 10502545S 10263641S 10164051S 10169142S 10061445S 99630445S 98645427S 97655451S



32

H H CO DIRECT Y DE NE ESTUCTO DE POLICIA
 H H
 H H DE SOCIEDAD CIVIL DE INVESTIGACION
 H H
 H H DEPARTAMENTO DE SEMIOTECNOLOGIA Y DE INVESTIGACIONES

PROYECTO DE INVESTIGACION DE FUENTES SUSTENTABLES

2 ENO 1976

NO. DE FUENTE	COORDENADAS	PROYECTO	PROFUNDIDAD (M)	TEMPERATURA (C)	COND. DE LA FUENTE	ALTITUD (M)	LATITUD (NORTE)	LONGITUD (OESTE)	PROYECTO
001	20 17 1	...	200	18.4	...	1100*	25 19 10	102 43 11	SRH-1
002	20 17 1	...	7	41.4	...	1170	25 24 25	102 10 45	SRH-1
003	20 17 1	...	200	21.4	...	1100*	25 34 39	101 34 50	SRH-1
004	20 17 1	...	176	15.4	...	1100*	25 54 39	101 34 55	SRH-1
005	20 17 1	...	250	37.3	...	1110*	25 33 55	103 5 57	SRH-1
006	20 17 1	...	250	37.3	...	1119*	25 33 47	102 5 25	SRH-1
007	20 17 1	...	250	37.3	...	1119*	25 33 40	103 5 42	SRH-1
008	20 17 1	...	200	30.0	...	1110*	25 22 52	103 37 55	SRH-1
009	20 17 1	...	250	34.1	...	1134	25 18 15	100 35 36	SRH-1
010	20 17 1	...	150	35.3	...	1134	25 18 29	100 35 57	SRH-1
011	20 17 1	...	210	10.7	...	1100*	25 18 39	103 37 29	SRH-1
012	20 17 1	...	250	30.3	...	1100*	25 17 57	100 35 4	SRH-1
013	20 17 1	...	250	40.0	...	1100*	25 24 31	102 1 18	SRH-1
014	20 17 1	...	27	30.2	...	1151	25 18 27	1 37 27	SRH-1
015	20 17 1	...	230	37.0	...	1151	25 38 29	101 58 46	SRH-1
016	20 17 1	...	135	21.3	...	1193	25 37 54	101 58 5	SRH-1
017	20 17 1	...	200	30.1	...	1187	25 38 26	1 1 33	SRH-1
018	20 17 1	...	400	20.9	...	1203	25 33 19	100 51 57	SRH-1
019	20 17 1	...	400	20.4	...	1193	25 29 10	100 42 21	SRH-1
020	20 17 1	...	150	7.2	...	1192*	25 21 41	1 1 28	SRH-1
021	20 17 1	...	200	20.4	...	1197	25 30 0	101 45 5	SRH-1
022	20 17 1	...	200	20.4	...	1205	25 34 45	101 59 47	SRH-1
023	20 17 1	...	194	20.4	...	1193*	25 27 39	1 1 49	SRH-1
024	20 17 1	...	200	13.6	...	1205	25 38 26	101 48 41	SRH-1
025	20 17 1	...	200	13.6	...	1207	25 34 21	1 1 53	SRH-1
026	20 17 1	...	230	12.3	...	1209	25 34 51	101 59 19	SRH-1
027	20 17 1	...	300	24.3	...	1203	25 23 1	100 33 25	SRH-1
028	20 17 1	...	200	30.8	...	1217	25 37 7	102 9 40	SRH-1
029	20 17 1	...	20	30.1	...	1200*	25 24 25	101 23 21	SRH-1
030	20 17 1	...	200	20.4	...	1253	25 34 0	101 54 58	SRH-1
031	20 17 1	...	100	20.0	...	127	25 37 1	1 1 52	SRH-1
032	20 17 1	...	250	20.3	...	1170	25 39 47	102 12 6	SRH-1
033	20 17 1	...	200	20.4	...	1203	25 34 6	101 50 27	SRH-1
034	20 17 1	...	200	20.5	...	1197	25 55 6	1 2 12	SRH-1
035	20 17 1	...	200	20.5	...	1195*	25 21 34	100 33 14	SRH-1
036	20 17 1	...	200	14.3	...	1195*	25 31	1 2 11	SRH-1
037	20 17 1	...	200	10.3	...	1195*	25 30 19	101 53 13	SRH-1
038	20 17 1	...	200	25.3	...	121	25 25 26	1 37 28	SRH-1
039	20 17 1	...	250	52.7	...	1190	25 19 45	101 27 22	SRH-1
040	20 17 1	...	200	26.8	...	1150*	25 13 37	102 49 50	SRH-1
041	20 17 1	...	250	33.9	...	1137	25 44 19	102 2 42	SRH-1
042	20 17 1	...	400	15.3	...	1133*	25 6 35	100 59 13	SRH-1
043	20 17 1	...	25	44.7	...	1195*	26 56 2	1 1 26	SRH-1
044	20 17 1	...	150	10.0*	...	1100*	25 33 12	102 10 43	SRH-1
045	20 17 1	...	20	30.4	...	1152	25 25 49	100 33 45	SRH-1
046	20 17 1	...	200	30.4	...	1190	25 21 47	101 25 45	SRH-1
047	20 17 1	...	200	30.4	...	1116	25 22 37	1 34 19	SRH-1
048	20 17 1	...	200	24.3	...	1140*	25 19 13	102 19 11	SRH-1
049	20 17 1	...	200	10.0*	...	1175*	27 48 10	100 44 17	SRH-1
050	20 17 1	...	200	27.3	...	1170*	25 56 23	100 58 49	SRH-1

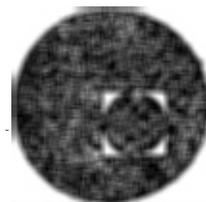
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y DEL AGUA, EN APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

2 DE 1978 CHIMIHU

CLAVE NACIONAL	N O M B R E	PROFUNDIDAD METROS	FORMACION GEOLOGICA	CAUDAL LPS	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA		USO DEL AGUA
					— CALIDAD PPM	CONDUCTIVIDAD MM MHGS/CM	
CHH-1	COLONIA MADERO	369	ALUVION+RECIENTE+++	71.5	205	3	RIEGO
CHH-2	BUENA FE	401	ALUVION RECIENTE	42.0	265	3	RIEGO
CHH-3	LAGUNA DE FIERRO	369	ALUVION RECIENTE	77.0	5323	4	RIEGO
CHH-4	EJIDO MADERO	400	ALUVION+RECIENTE+++		0	0	
CHH-5	SECCION SANCHEZ	401	ALUVION RECIENTE	82.0	269	370	RIEGO
CHH-6	SECCION HIDALGO	105	ALUVION RECIENTE	17.0	300	390	RIEGO
CHH-7	EJIDO HIDALGO	220	ALUVION RECIENTE	83.0	315	490	RIEGO
CHH-8	GUADALUPE VICTORIA	451	ALUVION RECIENTE	63.0	280	390	RIEGO
CHH-9	SAN PEDRO CORRALITOS	275	ALUVION RECIENTE	42.0	262	250	RIEGO
CHH-10	N.C.P. GRACIANO SANCHEZ	400	ALUVION RECIENTE	75.5	286	480	RIEGO
CHH-11	EL CAPULIN CAMPO MENCITA	302	ALUVION RECIENTE	70.5	246	300	RIEGO
CHH-12	JANOS	342	ALUVION+RECIENTE+++	76.5	234	3	RIEGO
CHH-13	COLONIA DUBLIN	401	ALUVION RECIENTE	77.0	235	590	RIEGO
CHH-14	LA PESA	400	ALUVION RECIENTE	95.0	350	4	
CHH-15	EJIDO GUADALUPE	400	ALUVION RECIENTE	6.6	467	550	
CHH-16	EL BOSQUE	321	ALUVION+RECIENTE+++	127.0	422	55	RIEGO
CHH-17	LA ESPERANZA	400	ALUVION RECIENTE	75.0	667	700	RIEGO
CHH-18	EL JEROMIN	331	ALUVION+RECIENTE+++	6.9	1663	2200	
CHH-19	CIUDAD MILITAR	151	ALUVION RECIENTE	76.0	575	600	RIEGO
CHH-20	CHANGAPLIA	333	ALUVION RECIENTE	0.5	4560	6950	
CHH-21	LOS DEPOSITOS	100	ALUVION RECIENTE				
CHH-22	TRES CASTILLOS	150	ALUVION+RECIENTE+++	1.0	405	520	
CHH-23	COLONIA ALDAMA	150	ALUVION+RECIENTE+++	2.5	288	300	RIEGO
CHH-24	ESC.TEC. PROPECUARIA 14	62	ALUVION RECIENTE	23.3	267	280	
CHH-25	COL. OSCAR SOTO MAYNEZ	62	ALUVION RECIENTE	16.5	232	210	POTABLE
CHH-26	EJIDO LA CONCORDIA 1	153	ALUVION RECIENTE	51.0	294	360	RIEGO
CHH-27	EJIDO LA CONCORDIA 2	150	ALUVION+RECIENTE+++	23.0	672	830	POTABLE
CHH-28	NUevo JULIANES	150	ALUVION RECIENTE	50.0	580	700	RIEGO
CHH-29	LA ESPERANZA 1	151	ALUVION+RECIENTE+++	29.0	678	560	RIEGO
CHH-30	EL MOLINO	151	ALUVION+RECIENTE+++	40.0	284	350	RIEGO
CHH-31	ESC.TEC. AGRIC. 166	152	ALUVION RECIENTE	101.0	639	825	RIEGO
CHH-32	NVO. CUAUHTEMOC 1	200	ALUVION+RECIENTE+++				
CHH-33	TRES PAPALOTES	158	ALUVION RECIENTE	77.1	0	0	RIEGO
CHH-34	NVO. CUAUHTEMOC 2	200	ALUVION+RECIENTE+++				
CHH-35	FLORES MAGON	243	ALUVION RECIENTE	62.0	404	400	POTABLE
CHH-36	LAGUNA PRIETA	171	ALUVION+RECIENTE+++	47.5	161	250	RIEGO
CHH-37	COL. SALVADOR GOMEZ 1	150	ALUVION+RECIENTE+++	54.0	175	240	RIEGO
CHH-38	COL. ADOLFO R. CORTINES 1	152	ALUVION+RECIENTE+++	14.7	174	270	RIEGO
CHH-39	COLONIA INDEPENDENCIA 1	150	ALUVION+RECIENTE+++	17.4	321	380	RIEGO
CHH-40	COLONIA INDEPENDENCIA 2	151	ALUVION+RECIENTE+++	63.0	219	240	RIEGO
CHH-41	COL. INDEPENDENCIA 3	74	ALUVION+RECIENTE+++	0.0	217	610	RIEGO
CHH-42	COL. SALVADOR GOMEZ 2	150	ALUVION+RECIENTE+++	21.4	246	300	RIEGO
CHH-43	COL. ADOLFO R. CORTINES 2	200	ALUVION+RECIENTE+++	77.0	195	280	RIEGO
CHH-44	COL. DIVISION DEL NORTE 1	220	ALUVION TERCARIO	7.0	382	500	
CHH-45	COL. DIVISION DEL NORTE 2	223	ALUVION TERCARIO	32.0	269	320	RIEGO
CHH-46	CONAFRUT	150	ALUVION RECIENTE	52.2	280	350	RIEGO
CHH-47	EJIDO TOMAS GARCIA	150	ALUVION+RECIENTE+++		0	0	
CHH-48	EJIDO AVILES	150	ALUVION RECIENTE	34.0	339	420	RIEGO
CHH-49	LA ESPERANZA	152	ALUVION+RECIENTE+++	3.0	0	0	
CHH-50	ESC.TEC. AGRIC. PECUARIA 56	154	ALUVION RECIENTE	65.0	232	210	RIEGO
CHH-51	EJIDO TOMAS GARCIA	74	ALUVION RECIENTE				



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

ARTICULO SOBRE LA CONFERENCIA SUSTENTADA POR
EL DR. JAY H. LEHR.

MARZO, 1978.



An Empirical Model Study of Cones of Depression Produced by Pumping Wells^a

by J. H. Lehr^b

Abstract

It is of the utmost importance that ground-water users understand the basic concept that all the ground water within a single set of hydrologic and geologic boundaries is part of a single hydrologic system. It is therefore worthwhile for all ground-water users to understand the manner in which ground water moves through the pore spaces of saturated rock and to understand the various configurations of the water table brought about by the pumping of water table wells. The movement of ground water is illustrated in two hydraulic models which were constructed in order to bring ground-water flow into surroundings where it can be visually observed. The models consist of watertight plexiglass cases containing a porous consolidated mixture of sand and epoxy resin, which simulates a true sandstone. The models are used to study cones of depression produced by pumping wells. Photographic histories of several ground-water flow conditions are illustrated.

It is of the utmost importance that ground-water users understand the basic concept that all the ground water within a single set of hydrologic and geologic boundaries is part of a single hydrologic system. Any changes superimposed on one portion of the system will eventually modify the conditions in the rest of the system. It is this very concept which has resulted in the formation of ground-water conservancy districts. Although there are a large number of ways in which ground-water users may put their water to work, it is surely in the common interest of all to conserve their water in a manner which will yield the optimum quantities of water at the most economical rates. When properly educated to the physical principles which govern the performance of a ground-water system, it is doubtful that a single water user would intentionally waste water which could be profitably used by the rest of the community. It is therefore worthwhile for all ground-water users to understand the manner in which ground water moves through the pore spaces of saturated rock and to understand the various configurations of the water table brought about by the pumping of water table wells. They will then be better able to

appreciate their individual position as related to the regional ground-water system.

The movement of ground water can be best illustrated in a hydraulic model which was constructed in order to bring ground-water flow into surroundings where it can be visually observed. The model (Figure 1) consists of a watertight plexiglass case containing a porous consolidated mixture of sand and epoxy resin, which simulates a true sandstone (Lehr, 1963). The consolidated medium is 20 inches long, 1 inch thick, and 12 inches high. Water is recharged into the right end of the model and allowed to discharge through an overflow drain in the left end of the model.

The water level in the right end tank is maintained at a higher level than the water in the left end tank. This produces a hydraulic gradient which causes the water in the model to move from right to left through the simulated sandstone aquifer. Ink is discharged into the model through a perforated metal tube buried in the right end of the sandstone. The ink entering the sand progresses through it in a thin band marking the path of flow, or flow line, from each perforation (Figures 1A, B, C, D).

A $\frac{1}{4}$ inch diameter hole at the center face of the model simulates a well from which water can be pumped. When operating with the well pumping (Figures 1E, F, G, H, I), the model closely illustrates the flow pattern of a two-dimensional cross section along the regional gradient of a radial flow system (Figure 1I). The two-dimensional character of the model, however, causes the well to act something like an infinite drain channel. In either case it clearly illustrates the phenomena of gravity drainage (Hall, 1955 and Hansen, 1953).

While open channel, surface water flow is characterized by turbulence which results in useless dissipation of potential energy, ground water is characterized by laminar flow which conserves all its energy for the single purpose of overcoming frictional resistance. This resistance is imposed upon the flow by the vast surface area present in the average sedimentary aquifer. When the ground-water system is undisturbed, the flow will follow along nearly straight parallel lines at velocities which depend directly on the magnitude of the permeability of the rocks and on the slope of the hydraulic gradient. The pumping of a well (Figures 1E, F, G, H, I) alters the system by creating an unordinarily low hydraulic head at the location of the well. The magnitude and direction of the hydraulic gradient and hence the velocity and direction of the ground-water flow is changed everywhere within the area of influence of the well. The flow paths, while

^a Based in part on an article "Model Analysis of Water Table Drawdown Surrounding Pumping Wells" which appeared in the Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 18, No. 5, September-October 1963. This paper was presented at National Water Well Exposition, September 29-October 3, 1963, San Francisco, California

^b Assistant Professor of Hydrology, Department of Geology, University of Arizona, Tucson, Arizona

Discussion open until September 1, 1964.

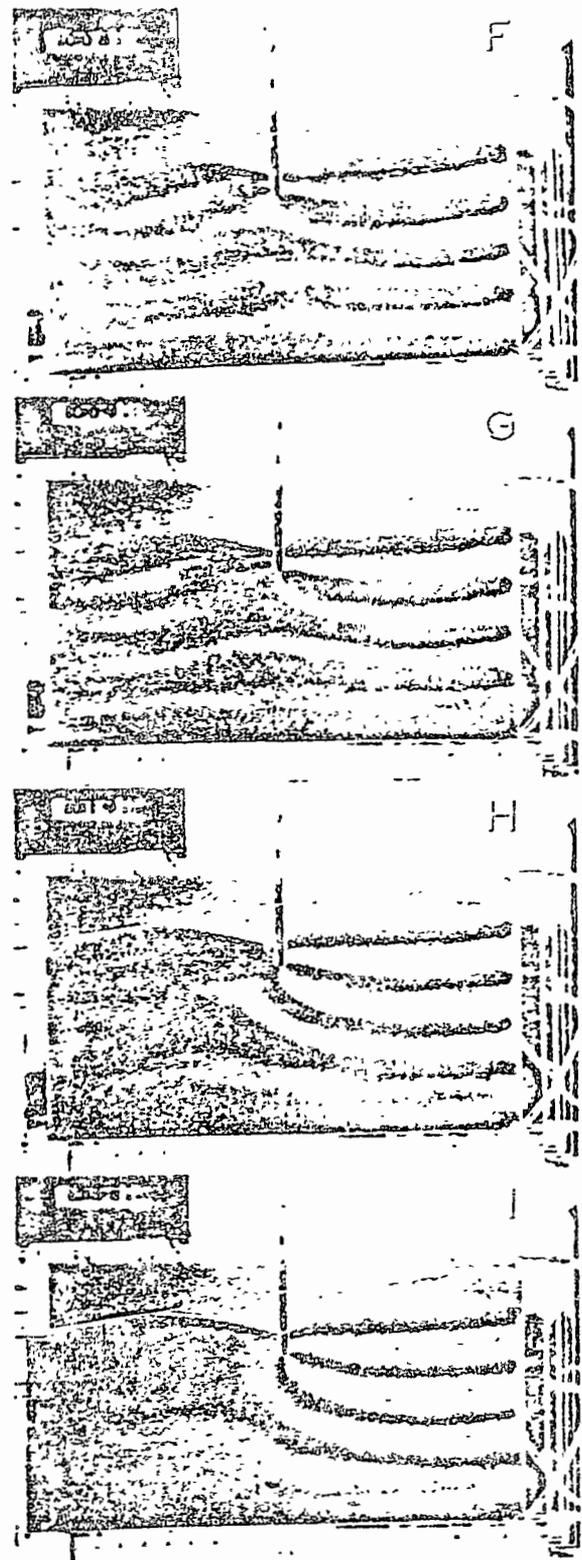
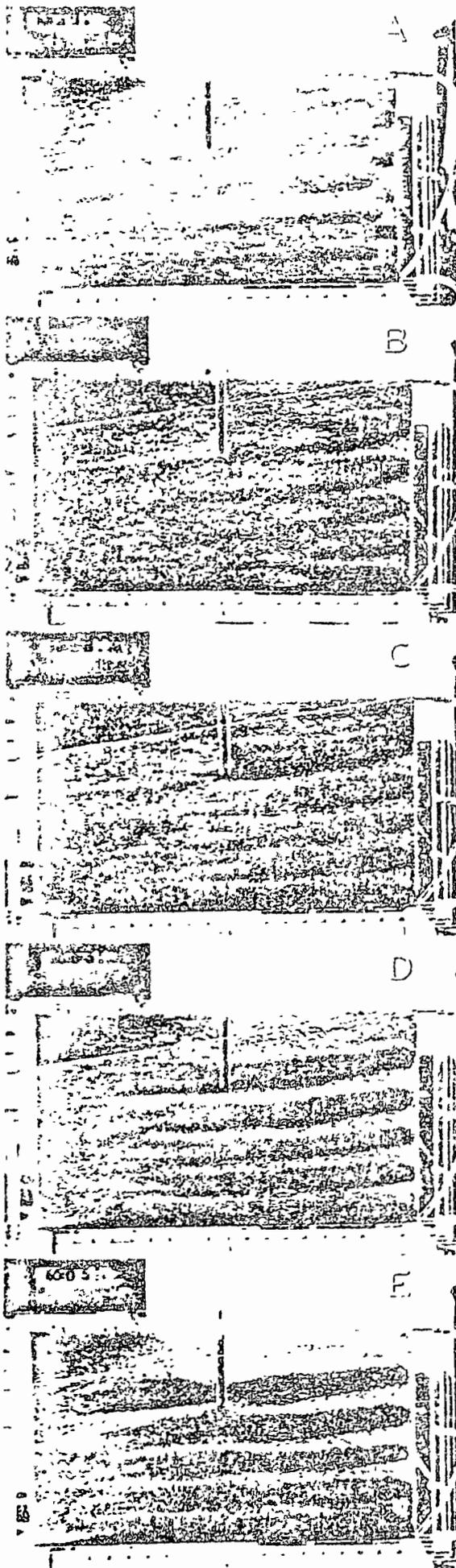


Fig. 1. Photographic history of a ground-water flow model. Dye lines trace the direction and velocity of the water flowing through the porous medium prior to the pumping of the well at the center of the model (A-D). The clock on the top left of the model shows the time at which each picture in the sequence was taken. Dye lines trace the direction and velocity of the water flowing through the porous medium in the vicinity of the pumping well (E-I). Pumping began in the well at 10:04 and continued during the period that these pictures were taken. The clock in the top left of the model shows the time at which each picture in the sequence was taken.

remaining laminar, become curvilinear as they approach the well, but a high degree of parallelism is still maintained.

The upper white line drawn on the model in all of the pictures in Figure 1 represents the undisturbed hydraulic gradient or water table prior to pumping. The lower white line drawn on the model in Figure 11 represents the drawdown of the water table or cone of depression caused by the pumping well. Due to the fact that water is held above the water table by capillary forces in the capillary tubes, the rock both above and below the water table appears to be the same color. Therefore, it is not possible to actually see the shape of the cone of depression in this model by observing the change of color between the saturated rock below the water table and the unsaturated rock above the water table. Super capillary observation wells are required to see the physical position of the water table or cone of depression.

Therefore, a hydraulic model analogous to very general subsurface geologic conditions, containing 30 observation wells, was constructed for the purpose of studying and demonstrating the changes in the configuration of the water table produced by pumping wells. The model (Figure 2) consists of a watertight plexiglass case containing a consolidated medium which is a mixture of sand and epoxy resin (Lehr, 1963). The model case is made of 1/2 inch plexiglass



Fig. 2. Photograph of the cone of depression model after pumping in well B had reached a steady state. The cone of depression is drawn in black.

having inside dimensions of 33 in. x 12 in. x 3 in. The medium at the extreme right of the model is impermeable and is intended to represent the subsurface portion of an igneous mountain front. The remaining medium within the model has a permeability of 2,000 USGS units (gal/day/ft²/1:1 gradient). The left end tank of the model is intended to represent the cross section of a stream channel into which the water is recharging. The 30 observation wells, which accurately measure the position of the water table within the model, have 1/4 inch diameters. The four deepest wells are screened at their lowest 6 inches, while the rest of the wells are open only at the bottom. A small black bead of wax was placed in each observation well so that the water level would be clearly visible within the wells.

Figure 2 shows the model before and after well B had been pumped for a long enough period to achieve a steady state condition. The white line marked static

water level illustrates the position of the water table before pumping. Notice here the definite effects of the boundary conditions upon the cone of depression, which has been marked by a black line on the model. The limb of the cone to the right of the well was almost flat, due to the effect of the impermeable boundary to the right. The well was unable to take water from storage beyond this impermeable barrier and hence, was forced to take an increased amount of water from storage in front of the barrier, which resulted in a lowering of the cone of depression in that area. The cone of depression at the left of the well extended to the surface of the recharging water. At that point, it ceased to grow because it induced recharge from the end tank, thus eliminating the necessity of drawing any further water from storage within the aquifer and enlarging the cone of depression. This is exactly what happens in nature when a well pumping near a stream extends its cone of depression to the edge of that stream. Figure 3 shows the model

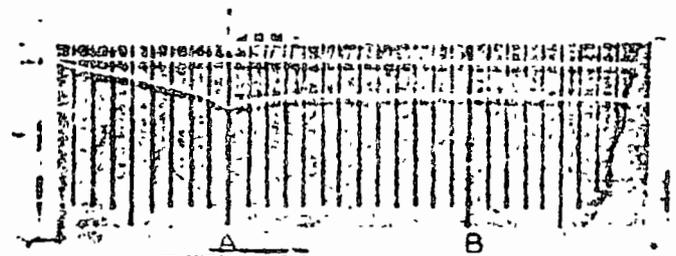


Fig. 3. Photograph of the cone of depression model after pumping in well A had reached a steady state. The cone of depression is drawn in white.

after well A had been pumped for a long enough period to achieve steady state conditions. The surface of the cone of depression is drawn in white on the face of the model. Once again, the effects of the two boundary conditions are evident. In this situation, the effect of the recharging end tank was more intense than the effect of the impermeable barrier, because well A was closer to the end tank than to the barrier.

When two or more wells are pumped simultaneously within close proximity of each other it is possible to calculate the resultant cone of depression if one first knows the drawdowns produced by the individual wells pumping alone. In an artesian system where the saturated thickness of the aquifer remains constant, the Theis non-equilibrium equation (Theis, 1935)

$$s = \frac{114.6 QW(u)}{T}$$

(where s is drawdown in feet, Q is discharge in gallons per minute, $W(u)$ is the dimensionless well function of u and T is transmissibility in gallons/day/ft) shows that s varies directly as Q at a given time and place, since all other factors will remain constant. Therefore, if the discharge, Q , is doubled the drawdown, s , will in turn be doubled. Due to this relation-

ship it also occurs that individual cones of depression can be superimposed upon one another to form a purely additive composite cone of depression. Therefore, if two wells (well no. 1 and well no. 2) pumping at constant rates in an artesian system caused individual drawdowns at a nearby observation well (well no. 3) of 10 and 30 feet respectively, when the two wells pumped together they would produce a cumulative drawdown of 40 feet at the observation well. If, however, the two wells were being pumped in an unconfined water table aquifer, drawdown will not vary directly as discharge and the individual cones of depression cannot simply be superimposed upon one another through the process of adding together individual drawdowns. This follows from the fact that when a portion of the aquifer surrounding a pumping well is dewatered, the saturated thickness of the aquifer is decreased. This results in a decrease in the transmissibility (since transmissibility is equal to permeability times the saturated thickness of the aquifer) which in turn serves to further increase drawdown. When Jacob modified Dupuit's equation (Jacob, 1944 and Ferris, 1949) he determined exactly what portion of the drawdown was produced by the dewatering of the aquifer and the subsequent decrease of transmissibility. He found that the increase in drawdown was equal to

$$\frac{s^2}{2m}$$

where s is actual drawdown and m is the initial thickness of the saturated aquifer. Therefore, the drawdown that would occur if there were no dewatering (let this drawdown be s') is

$$s' = s - \frac{s^2}{2m}$$

In the hypothetical case of wells 1, 2 and 3 mentioned previously, let us now assume unconfined water table conditions where:

$s_{3-1} = 10$ feet = observed equilibrium drawdown at well 3 due to pumping at some constant rate in well 1;

$s_{3-2} = 30$ feet = observed equilibrium drawdown at well 3 due to pumping at some constant rate in well 2;

$m = 100$ feet = initial saturated aquifer thickness;

then,

$$s'_{3-1} = s_{3-1} - \frac{(s_{3-1})^2}{2m} = \text{drawdown which would be produced at well 3 by pumping in well 1 if no dewatering occurred}$$

$$s'_{3-1} = 10 - \frac{100}{200} = 9.5 \text{ feet}$$

$s'_{3-2} = s_{3-2} - \frac{(s_{3-2})^2}{2m} = \text{drawdown which would be produced at well 3 by pumping in well 2 if no dewatering occurred}$

$$s'_{3-2} = 30 - \frac{900}{200} = 25.5 \text{ feet}$$

and,

$s'_{3-1,2} = s'_{3-1} + s'_{3-2} = \text{drawdown which would be produced at well 3 by pumping in wells 1 and 2 simultaneously if no dewatering occurred}$

$$s'_{3-1,2} = 9.5 + 25.5 = 35 \text{ feet}$$

$s_{3-1,2} = \text{actual drawdown at well 3 which will occur when well 1 and 2 pump simultaneously (dewatering does occur)}$

$$s_{3-1,2} = s'_{3-1,2} + \frac{(s_{3-1,2})^2}{2m}$$

therefore,

$$s_{3-1,2} = 35 + \frac{(s_{3-1,2})^2}{200}$$

$$200s_{3-1,2} = 7000 + (s_{3-1,2})^2$$

$$(s_{3-1,2})^2 - 200s_{3-1,2} + 7000 = 0.$$

The solutions of this quadratic equation are:

$$s_{3-1,2} = 45.2 \text{ feet and } 154.8 \text{ feet.}$$

Since the aquifer thickness is 100 feet, $s_{3-1,2}$ cannot equal 154.8 feet; therefore, the only correct answer is $s_{3-1,2} = 45.2$ feet.

In the problem above, if one had followed the simple process of addition used in calculating multiple drawdown in an artesian aquifer, an incorrect value of 40 feet would have been obtained. The correct calculations, however, show that the actual drawdown will be 45.2 feet, 10.2 feet of which is due to dewatering ($\frac{s^2}{2m} = 10.2$).

These situations can be calculated and then empirically observed in the cone of depression model. Figure 4 shows just such a situation where the white and black lines on the model represent the individual drawdowns of wells A and B when they were pumped individually. The gray line drawn on the model represents the drawdown in the model at the time the photograph was taken when both wells A and B were being pumped simultaneously at the same rates at which they were pumped individually. The observed drawdown agreed with the calculated drawdown. When the individual drawdowns are small with respect to the saturated thickness of the aquifer, such that the

value $\frac{s^2}{2m}$ becomes negligible, the drawdown due to the pumping of multiple wells becomes simply the sum of the individual drawdowns of each well in the multiple well system.

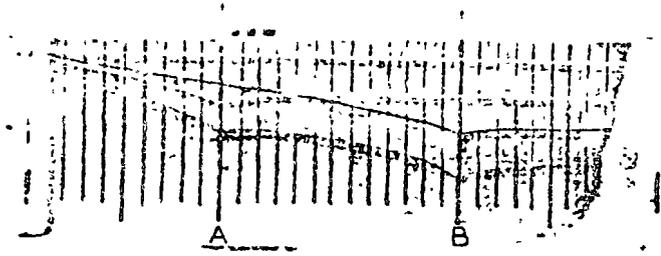


Fig. 4. Photograph of the cone of depression model after pumping in wells A and B had reached a steady state. The existing multiple cone of depression is drawn in gray, while the individual cones of depression of wells A and B (as shown in Figure 2 and 3) are drawn in white and black, respectively.

The same model can be used to study artificial recharge by wells which is coming into common practice in many areas today. It is important to understand the effects of this recharging water upon the shape of the water table. It has been theoretically proved that the cone of impression brought about by a recharging well will be a mirror image of the cone of depression formed by pumping the well at the same rate as it is recharged (Ferris, 1949). An experiment was performed with this model to verify this relationship, and the results are shown in Figure 5. The model is first shown without any pumping (Figure 5A); the white line represents the static water level. Well B was then pumped and allowed to reach the steady state (Figure 5B). Pumping was then stopped until the water level recovered to the static position, at which time the well began recharging at the same rate that it had been discharging. Figure 5C shows the model after the steady state conditions had been reached. Notice that the cone of impression drawn in gray above the static level is the mirror image of the previously formed cone of depression drawn in gray beneath the static level.

This model can also be set up with some of the wells discharging while other wells are recharging. Thus, very different water table configurations can be produced and studied. Figure 6 shows such a situation with well B recharging and well A discharging.

It is a common misconception that the drawdown level within a pumping well represents the level of the water table contiguous to the outside of the well casing. This is not necessarily true and may lead to an incorrect interpretation of the elevation of the water table. When a well is improperly screened or developed, the entrance losses may be so large that the water level in the well does not rise as high as the water table. This fact was demonstrated in the model when water levels were compared in two wells pumping at the same rates but having different screen

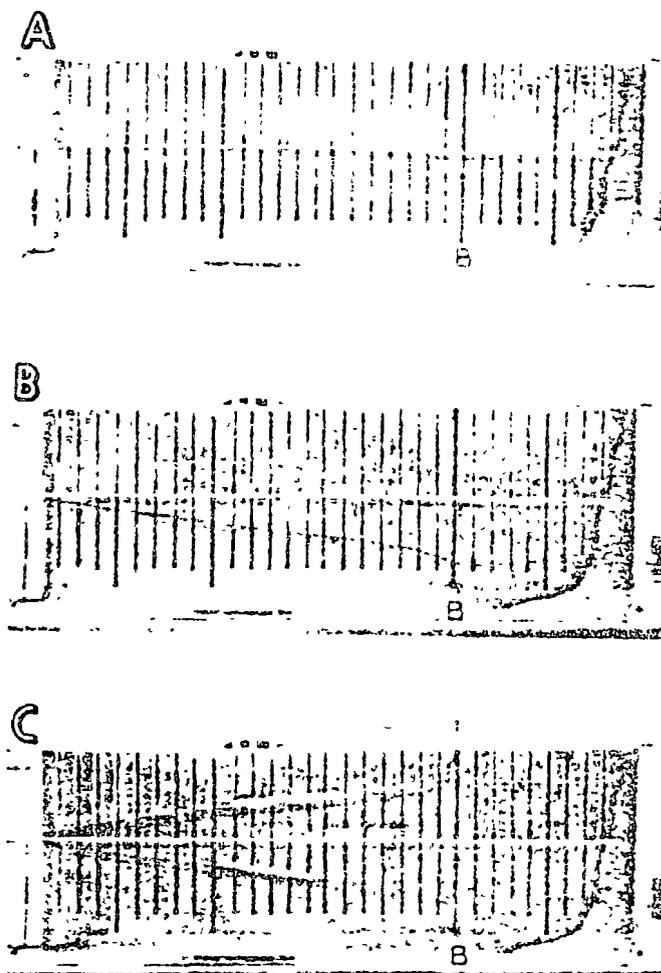


Fig. 5. Photographs of the cone of depression model (A) under static water level conditions, (B) after pumping in well B reached a steady state, (C) after recharging into well B reached a steady state.

length. Well A and the observation well immediately to the right of well A were pumped at separate times at exactly the same rate. The cones of depression produced by the two wells were nearly identical with the exception of the water level in the pumped observation well, which was far below the level in well A. The reason for this is that well A is screened in over half of the aquifer and allows the water to enter along normal flow paths. The observation well, however, is open only at the bottom and therefore causes the water to take a circuitous path into the well. This extra path length necessitates that an additional amount of work be done against friction in moving the water to

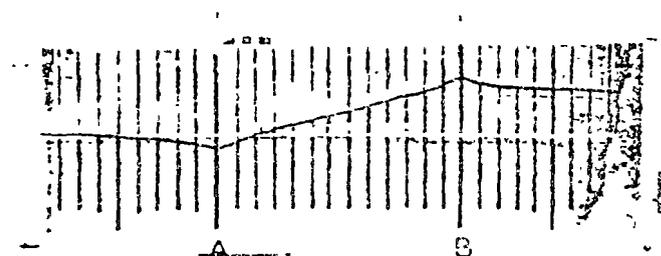


Fig. 6. Photograph of the cone of depression model with well B recharging and well A discharging. The resultant water level is drawn in black.

the well. Thus, there is a resultant energy loss in the system known as the entrance loss. It shows up simply as a lowering of the water level in the pumping well. There is almost a direct relationship between the percentage of the well casing which is screened in the aquifer, and the drawdown in the well for constant rates of discharge (deGlee, 1930).

The cone of depression model has a number of important implications in applied hydrology. One important concept illustrated by the model is the advantage of placing a pumping well as near as possible to a recharge area. Under natural conditions prior to development by wells, most aquifers are in a state of dynamic equilibrium; which means that natural discharge is equaled by natural recharge, and the quantity of water in storage remains essentially constant. When wells tap an undeveloped aquifer a new discharge is superimposed upon the previously stable system. This must be balanced by an increase in natural recharge, or a decrease in natural discharge or a decrease in storage, or a combination of all three.

The system is temporarily in a state of non-equilibrium until discharge from it again equals recharge. The ultimate cone of depression of a pumping well is the mechanism by which the recharge and discharge are again caused to be equal. When the cone of depression reaches a recharge area where previously recharge was being rejected, it causes the natural recharge to be increased by means of the steepened gradient. When the cone of depression reaches the discharge area it decreases the gradient and hence decreases the quantity of natural discharge. When a well is placed close to an area of rejected recharge such as a stream or swamp, its cone of depression rapidly reaches the recharge area, inducing increased natural recharge. Only a very shallow cone of depression is required in this case as can be seen in well A (Figure 3). When a well is placed far from the recharge area, it will take longer for the cone of depression to reach it and hence a deeper cone will result as in well B (Figure 2).

This model also points out an important fact to

the mining industry; namely, that it is possible to dewater portions of a mine without pumping water out of the mine excavation itself. Wells can be located in a circle around the excavation which will produce a multiple cone of depression completely eliminating any natural discharge into the excavation. In this model wells A and B (Figure 4) can be used to dewater the rock between them after which a dry excavation can be dug.

The most important fact illustrated by this model can be shown in Figure 4 if we assume that wells A and B are owned by farmers A and B respectively. The model shows that farmer A must realize that when he pumps his well it will effect the water level at the well of farmer B. Likewise farmer B must realize that when he pumps his well it will effect the well of farmer A. A subsurface aquifer along its areas of surface water recharge and discharge is a large integrated system which must be jointly controlled and operated by all the water users if the optimum benefits of its water supply are to be gained.

References

- deGlee, G. J. 1930. Over grondwaterstromingen bij wateronthelking door middel van putten. J. Waltman Jr., Delft. 175 pp.
- Ferris, J. G. 1949. Ground water. In Hydrology (by C. O. Wisler and E. F. Brater). John Wiley and Sons, New York. pp. 198-272.
- Hall, H. P. 1955. An investigation of steady flow toward a gravity well. *La Houille Blanche*. v. 10. pp. 8-35.
- Hansen, V. E. 1953. Unconfined ground-water flow to multiple wells. *Trans. Amer. Soc. Civil Engrs.* v. 118. pp. 1098-1130.
- Jacob, C. E. 1944. Notes on determining permeability by pumping tests under water table conditions. U. S. Geol. Survey. Mimeographed Rept.
- Lehr, J. H. 1963. Ground-water flow models simulating subsurface conditions. *Journal of Geological Education*. v. 11, no. 4 pp 124-132.
- Theis, C. V. 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. *Trans. Am. Geophys. Union*. pp. 519-524.

Reprinted from Science, June 21, 1963, Vol. 140, No. 3573, pages 1318-1320
Copyright © 1963 by the American Association for the Advancement of Science

Groundwater: Flow Toward an Effluent Stream

Abstract. Hydrodynamic, topographic, and geologic factors control flow of groundwater toward an effluent stream. Features of such flow are illustrated by a hydraulic model that simulates the stream and surrounding consolidated rocks. Colored ink in the flow system marks progress toward the stream. Visual analysis shows that groundwater moves into the effluent stream along curvilinear flow lines. The total head of groundwater beneath the stream increases with depth.

One of the most interesting groundwater flow patterns in nature occurs in the vicinity of an effluent stream, a stream which is supplied by the surrounding groundwater. Legal disputes have arisen from misinterpretation of information about the flow patterns near such streams. Water levels in wells drilled along an effluent stream can be higher than the water level of the stream, and this fact has been submitted as evidence that groundwater and surface water are not connected (1). Once established as a fact in court, a decision can be obtained in some states that action taken upon the groundwater

body cannot possibly have any effect on the surface water body. Such a stand may be taken by a groundwater user to prove that pumping cannot deplete surface water. A groundwater user could similarly argue that he cannot contaminate surface water by discharging waste into his well. Results derived from a hydraulic model, analogous to the geologic setting commonly found near an effluent stream, show that such arguments in many cases may be spurious. Only by adequate definition of both the geology and hydraulics near the stream can the courts render sound judgment on such matters (2).

The model (Fig. 1) consists of a watertight plexiglass case containing a porous consolidated mixture of sand and epoxy resin (3). It is 30 inches long, 1 inch thick, and 12 inches high at each end and slopes down to a small channel near the center. The channel represents the cross section of the effluent stream. Ink was discharged into the model through a perforated brass tube buried in each end. The ink entering the sand progresses through it and marks the path of flow, or flow line, from each perforation. Water was recharged into both ends and discharged only from the simulated stream. The

water table nearly coincided with the rock surface on either side of the stream. Figure 1 indicates the general direction of flow at several times after the flow of ink was started.

The flow lines turn up near the center and appear to defy gravity. Although the water is definitely flowing upward topographically, it is flowing downward hydraulically in accordance with physical principles. Groundwater always moves from regions of high hydraulic head to regions of low hydraulic head.

The effluent stream may be compared with a horizontal well. In a man-made well, an area of low head is produced by pumping and the groundwater thus flows from the surrounding areas of high hydraulic head to the region of lower head near the well. The effluent stream is also an area of low head, but the head distribution about the stream is a function of the topography and rainfall which have caused a high water table to form; a region of high hydraulic head surrounding the topographically low-stream channel is thus furnished. Consequently, water moves from the adjacent highland into the stream.

Figure 2 shows the flow diagram of the effluent stream model. Flow follows

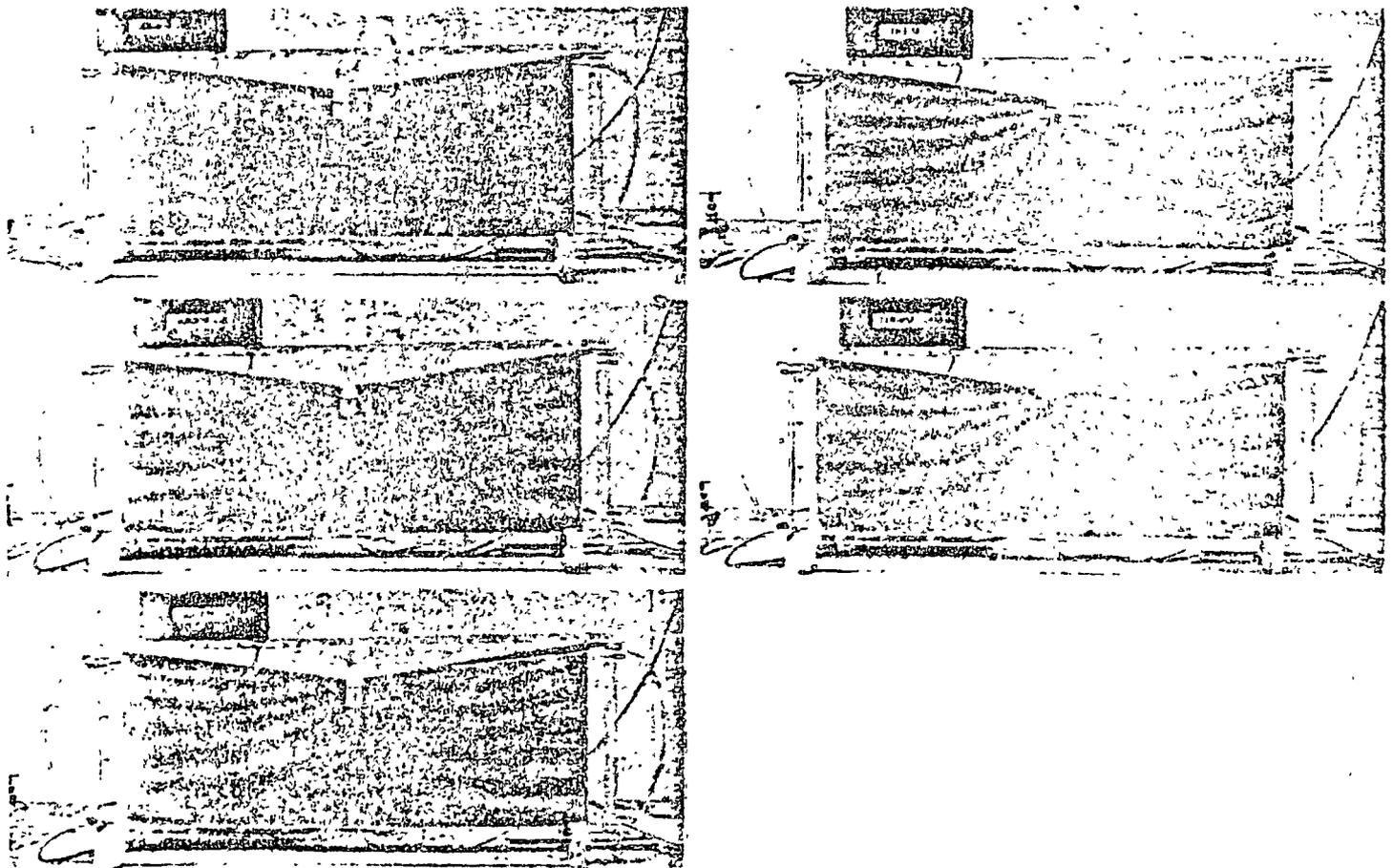


Fig. 1. Model of an effluent stream. Flow bands move through a porous medium of isotropic permeability.

the direction of maximum gradient as a ball takes the steepest path when rolling slowly down a hill. Since the gradients are maximum along paths normal to the equipotentials, the flow lines cross the equipotential lines at right angles and thus form a conjugate system. The equipotential lines beneath the stream become horizontal as they connect points of equal hydraulic head on opposite sides of the stream. The groundwater flow which crosses these equipotentials at right angles must therefore move vertically upward in this region.

The increased potential with depth beneath the effluent stream was verified in the model. Two wells were drilled in

the stream channel and screened at different depths. The water levels in the wells rose to different heights above the level of the stream itself. The deeper of the two wells had the higher water level which indicates the higher potential at greater depth.

The model (Fig. 1) contains a homogeneous medium with an isotropic permeability which resulted in a set of flow lines following smoothly curving paths. Figure 3 shows a model of an effluent stream similar to the one in Fig. 1. The consolidated medium was sand of the same type as Fig. 1, but packed unevenly. Variations in packing caused variations in permeability, which in turn caused the tortuous paths

of the flow bands (Fig. 3). Although the model in Fig. 1 was more convenient for theoretical studies of flow, the pattern of flow near an effluent stream in nature may be much less predictable because the permeability is not generally uniform.

Comparison of the rates of movement of the flow lines (Fig. 1) shows that the flow along the base of the aquifer is much slower than at points higher in the model. This knowledge is very important in studying streams near the sea which are subject to onshore winds and salt water tides. The salt water may move up the stream during a storm and raise the water level, and thus temporarily reverse the groundwater gra-

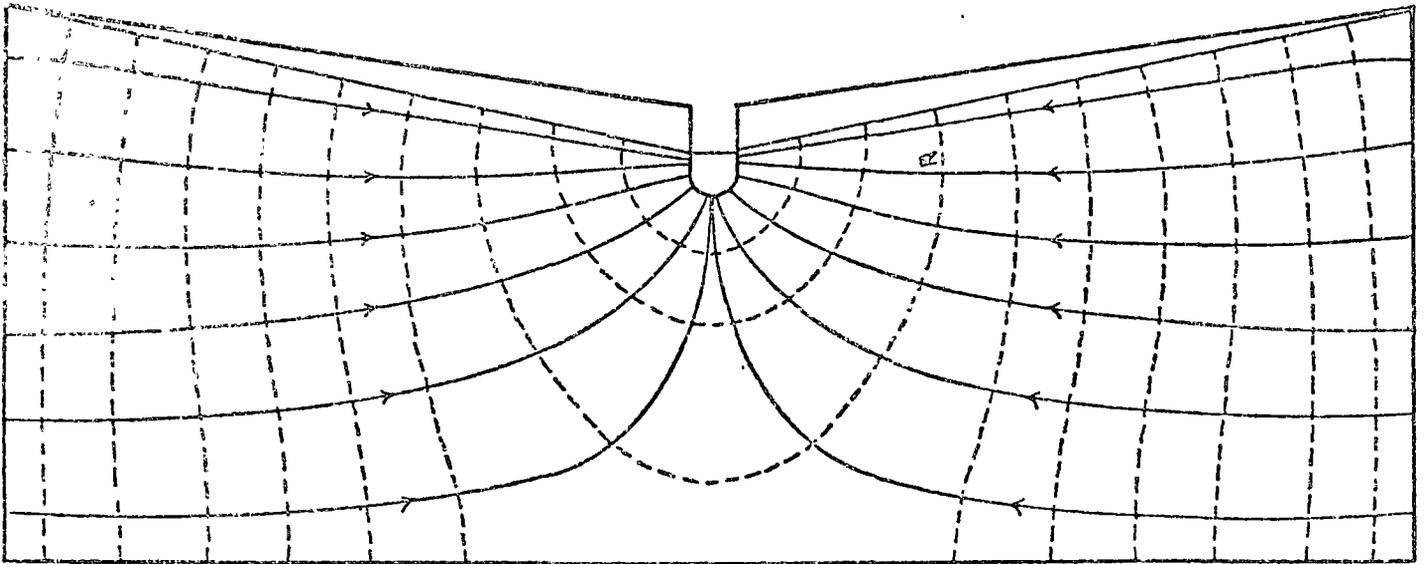


Fig. 2 Flow diagram of effluent stream model shown in Fig. 1. The path which a particle of water follows is called a flow line; these are represented by solid lines with arrows. The head decreases along the path of flow. Lines connecting points of equal head are called equipotential lines and are indicated by dashed lines. An unlimited number of flow and equipotential lines can be drawn in any flow system; however, in a flow diagram a finite number of lines suffices to illustrate best the general pattern (about 1/4 actual size).

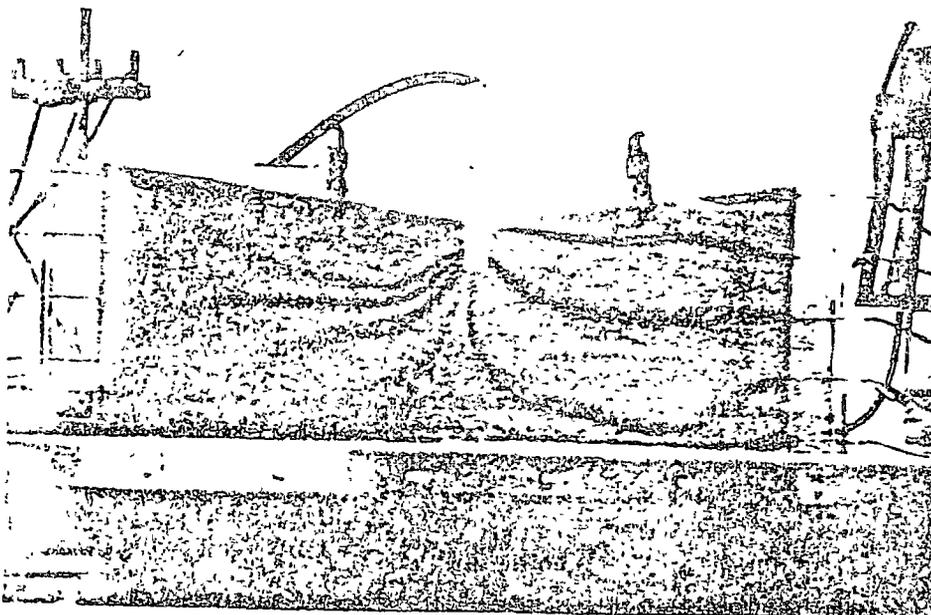
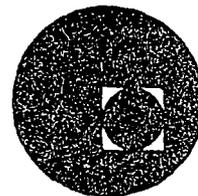


Fig. 3 Model of an effluent stream. It contains a porous medium of anisotropic permeability.

dient. During this temporary flow reversal, salt water moves from the stream into the ground water body and because of its high density may eventually sink to the bottom of the formation (4). A salt-water mound is thereby formed beneath the stream channel; this mound may have a long-lasting, detrimental effect on water-supply wells in the deep portion of the aquifer near the stream channel. Although the original groundwater gradient may be resumed soon after the stream subsides, a long time will be required to wash out all the salt by the comparatively slow movement of groundwater through the deep zone. A town's water supply can be temporarily impaired beyond use by this phenomenon, but this occurrence can be avoided if water-supply wells are placed at a safe distance from the bank of any stream subject to salt-water tides.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

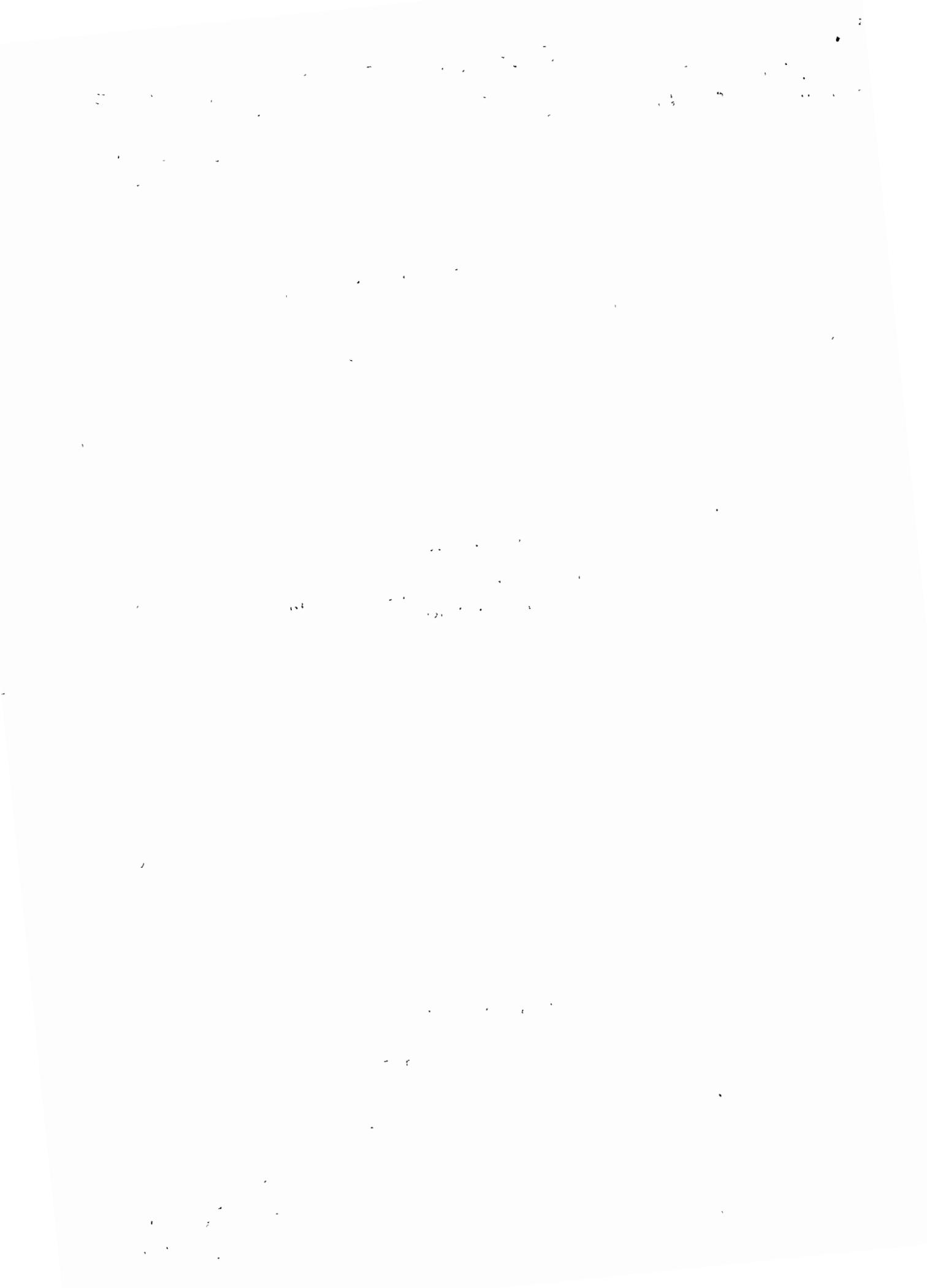
TEMA X: TOPICOS DIVERSOS

10.2. Diversos Aspectos de la
Perforación

ING. JOSE LUIS SANCHEZ LAZCANO

Marzo , 1978





P E R F O R A C I O N

T E M A R I O

APLICACIONES

MATERIALES A PERFORAR

RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL AREA

MÉTODOS DE PERFORACIÓN

EQUIPOS DE PERFORACION

RESISTENCIA, PERFORABILIDAD DE LAS ROCAS Y
VELOCIDAD DE PERFORACION

FLUIDOS DE PERFORACION

EJEMPLOS PRÁCTICOS

Diseño y Construcción de un pozo para
abastecimiento de agua
Explotación de Bancos de Roca
Excavación de Túneles y Lumbreras
Perforación en el mar

A P L I C A C I O N E S

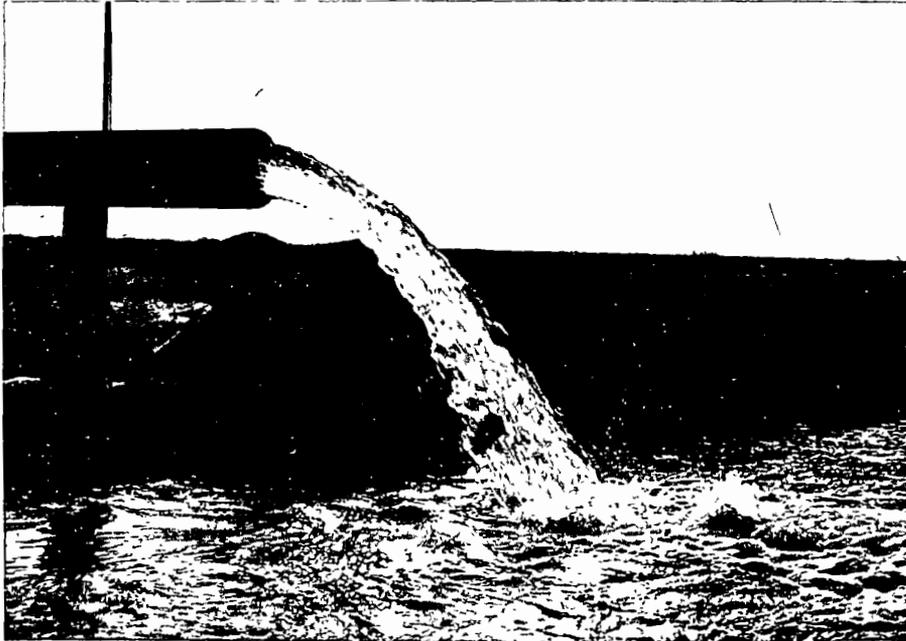
Dadas las características geológicas de la República Mexicana, así como su topografía, México requiere del uso intensivo de la perforación con los más diversos fines:

- Obtención de agua subterránea. Tanto para satisfacer las demandas del hombre como de los animales, así como las necesidades de agua de los vegetales en especial las de los cultivos agrícolas, frutales, etc. (Figuras 1 y 2).

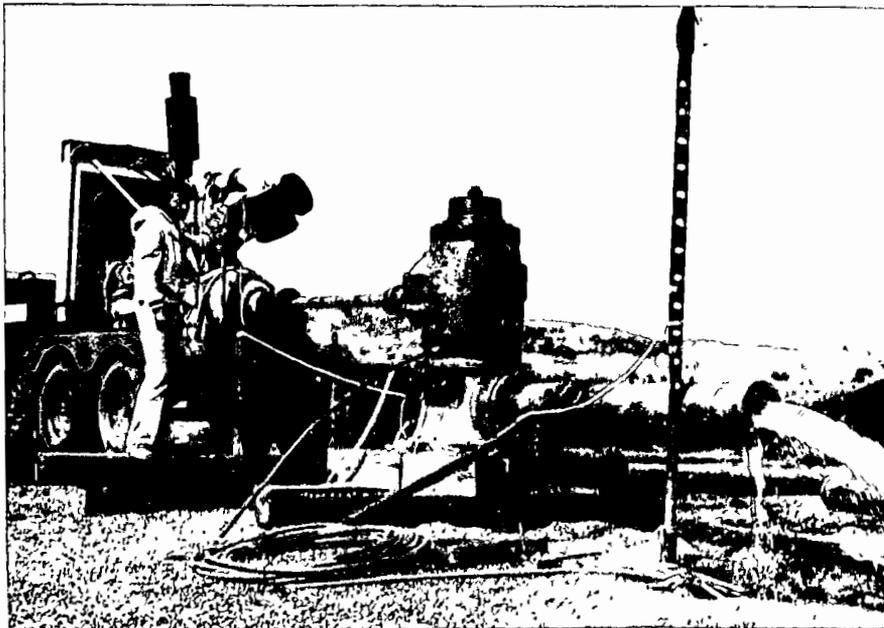
- Extracción de materias primas minerales.

La perforación es totalmente indispensable en la minería tanto para la exploración o búsqueda de minerales como para la explotación de los mismos. El hierro, el azufre, los metales preciosos representan solo algunos ejemplos del uso de la perforación.

Muy recientemente se puso en práctica un equipo de perforación especial para extraer nódulos de minerales del fondo del mar. (Figura 3)



AGUA SUBTERRANEA EN EL DESIERTO DE
SONORA
fig. 1



AGUA SUBTERRANEA EN EL EDO. DE MICHOACAN
fig. 2

- Exploración y Explotación de hidrocarburos.
Para nadie es desconocida la importancia de la perforación en la obtención de energéticos especialmente el petróleo y el gas. La perforación en el mar - en la búsqueda de petróleo es cada día más intensa, lo cual está desarrollando tecnologías revolucionarias. (Figura 4)

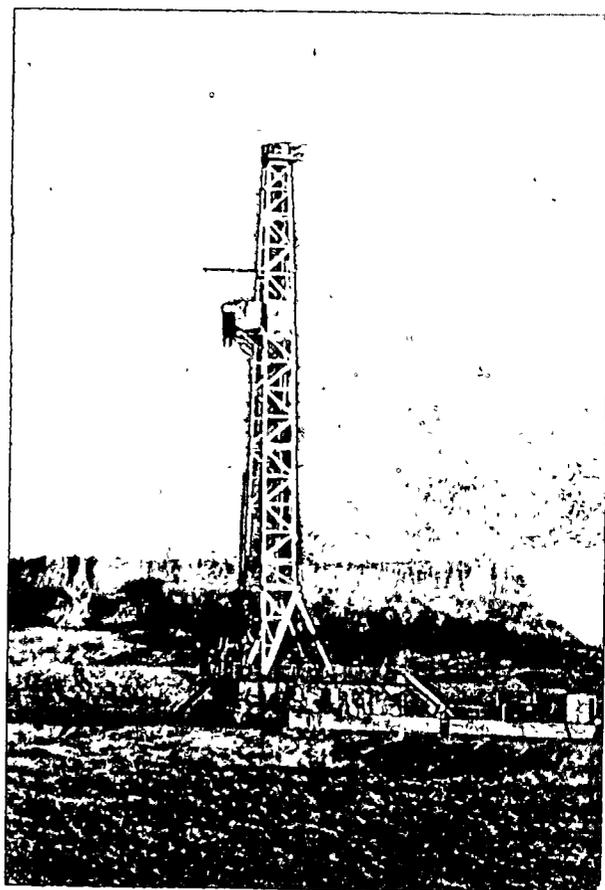
- Dentro del campo de la geotermia. El vapor de agua, energético cuya importancia cada vez es mayor, normalmente se localiza a grandes profundidades para lo cual se hace necesario aplicar la más moderna -- tecnología de perforación para su extracción.

- Es en el campo de la ingeniería civil. Para el estudio de las rocas y suelos, para el tratamiento de cimentaciones, en la explotación de bancos de préstamo, en la construcción de lumbreras y túneles, así como auxiliar en la construcción de cimentaciones, se puede apreciar el uso de la perforación en sus muy diversos métodos.



NUCLEO DE LUTITA DE 3 $\frac{1}{2}$ " DIAMETRO

fig. 3



PERFORADORA PARA POZOS PETROLEROS

fig. 4

Al tratar de condensar y señalar en forma general las aplicaciones de la perforación solo se pretende mostrar la enorme importancia de esta especialidad para la sociedad. El tema es muy amplio, por lo que, se tocarán brevemente algunas de las técnicas más importantes y para no volver árido el texto, se tratará sistemáticamente de señalar - aplicaciones específicas.

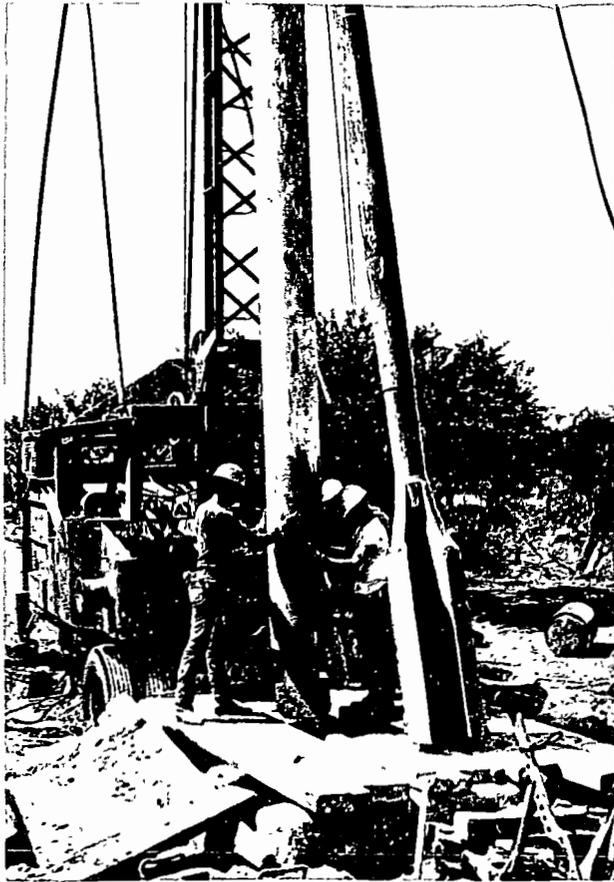
MATERIALES A PERFORAR

La perforación tiene o puede tener aplicaciones en todos los materiales conocidos, sin embargo, la tecnología de perforación se ha desarrollado muy importantemente dentro del campo de la mecánica de rocas mucho antes que existiera la definición de esta joven ciencia.

La perforación o excavación de rocas normalmente se lleva a cabo mediante la aplicación de esfuerzos directos, tales como el impacto, la presión, el desgaste por abrasión, la erosión y muy frecuentemente mediante la aplicación combinada de dichos esfuerzos. En todos los casos interviene una borca convencional que transmite los esfuerzos a la roca. (Figura 5 y 6)

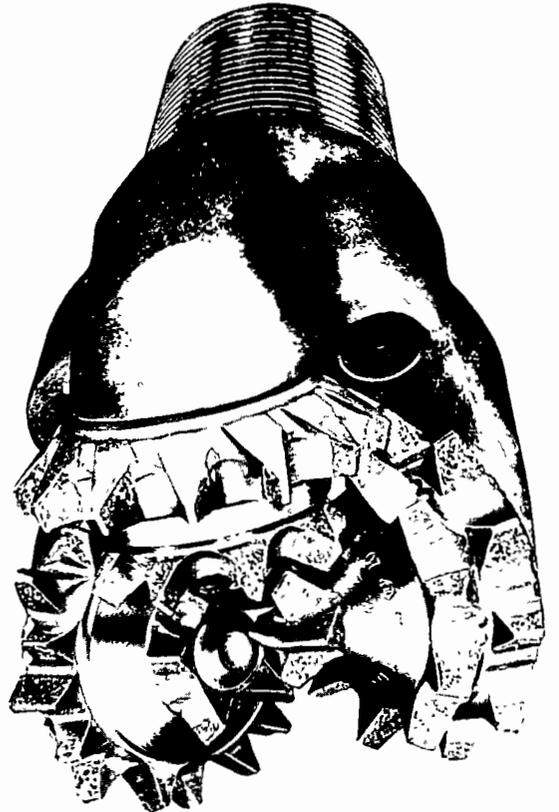
Por otro lado se están desarrollando otros métodos que básicamente consisten en la aplicación de esfuerzos inducidos como son: esfuerzos mecánicos, térmicos, de fusión y vaporización, así como mediante reacciones químicas.

En México es muy frecuente la perforación de rocas volcánicas como : fasilos, andesitas, riolitas y granitos; las rocas sedimentarias como: calizas, dolomitas, anhidritas, conglomerados, areniscas y lutitas; las



PERFORADORA DE PERCUSION SIMPLE

fig. 5



BROCA TRICONICA OSC - 3 J

fig. 6

rocas metamórficas como: los esquistos, gneiss y cuarcitas. Al señalar las rocas antes mencionadas solo se sjemplifican las rocas que con más frecuencia se encuentran dentro de la República Mexicana y - creemos conveniente señalar en que tipo de rocas se localizan diferentes materiales, así tenemos :

- Agua. En basaltos, andesitas, calizas, conglomerados areniscas, así como en materiales de relleno de los valles como arenas, gravas y boleos.
- Minerales. En los contactos de rocas volcánicas con rocas sedimentarias formando en muchas ocasiones zonas mineralizadas que no son sino rocas metamorfo--seadas. Los contactos de granitos con rocas sedimentarias generalmente dan lugar a zonas mineralizadas con presencia de plomo, zinc, plata, oro, etc.
- Hidrocarburos. Tanto el petróleo como el gas normalmente se localizan en rocas sedimentarias como calizas, areniscas y lutitas.
- Azufre. Se le localiza en los casquetes de caliza y -anhidrita de domos salinos, también se presenta en -

las rocas volcánicas extrusivas y se le puede concentrar a partir del petróleo y del gas.

- Vapor de agua. Se presenta en los contactos entre rocas sedimentarias y rocas ígneas, así como entre rocas ígneas intrusivas y extrusivas. En todos los casos una roca debe de ser portadora de agua y otra de calor .

RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL AREA

Con anterioridad a este tema ya fue discutida la participación de la geología en la Mecánica de Rocas, por lo tanto solo se mencionarán algunos aspectos importantes que hay que revisar antes de programar trabajos de perforación con fines exploratorios, de explotación o con diversos objetivos.

Se debe de hacer un reconocimiento geológico superficial y obtener todos los datos posibles en cuanto a los posibles materiales a perforar tales como tipo, dureza, fracturamiento y permeabilidad de las rocas. También es conveniente tener por lo menos una idea de la profundidad del nivel de saturación o nivel del agua, así como posibles presiones anormales de agua, vapor, gas, etc.

Los datos mencionados auxiliarán mucho en la selección del equipo y método de perforación más adecuado, así como adecuar las capacidades de bombas de lodos, compresores, etc.

Como un ejemplo puede señalarse una área de rocas calizas fracturadas y cavernosas donde se espera encontrar el agua a 100 metros de profundidad y se pretende hacer una perforación para obtener agua -

potable. En este caso es de esperar un problema de pérdida de circulación del fluido de perforación y posibles desviaciones de la vertical por lo cual de no contarse con agua suficiente para la perforación, lo mejor sería emplear equipos de percusión simple (pulseta) o de percusión neumática recomendándose más este último método ya que resulta más fácil controlar la verticalidad de la perforación y se puede utilizar el aire como fluido de perforación junto con agentes espumantes que aumentan la capacidad de levante del corte de perforación que tiene el aire solo. Por otro lado si se perfora utilizando el aire, se captará con mucha facilidad la presencia del agua cuyo objetivo, en este caso, es encontrarla.

METODOS DE PERFORACION

Básicamente existen dos métodos de perforación :

- Percusión
- Rotación

PERCUSION. Este procedimiento puede dividirse en :

- Percusión simple
- Percusión neumática

PERCUSION SIMPLE . El método original es el de percusión simple y elementalmente consiste en levantar una broca suspendida de un cable y dejarla caer para en esa forma ir desintegrando la roca extrayendo la rezaga o el corte de perforación con un bote o cuchara. Para aumentar la velocidad de perforación se requiere incrementar el peso de la broca para lo cual se añaden barretones de acero que incrementan el impacto en el fondo del pozo.

Se tienen noticias del uso de este procedimiento en China por el año 600 A.C.

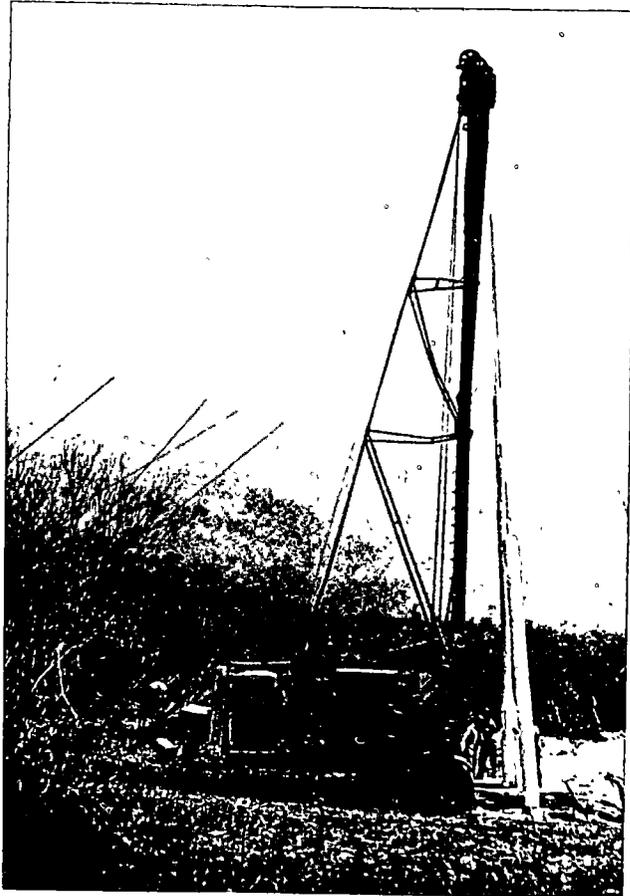
Las perforaciones modernas de percusión simple siguen el mismo sistema original aunque utilizan bastante peso para perforar cualquier

tipo de roca (Figura 7). Este método es el más versátil que existe -- ya que es posible aplicarlo en todo tipo de roca sin requerir herra--- mientas o procedimientos sofisticados. No obstante su versatilidad, - la percusión simple se usa cada vez menos en virtud de que el traba- jo es lento y en pozos profundos, cada vez más necesarios, se tienen resultados en tiempos largos. En pozos muy profundos dentro de la - industria petrolera prácticamente ya no tiene aplicación la percusión simple.

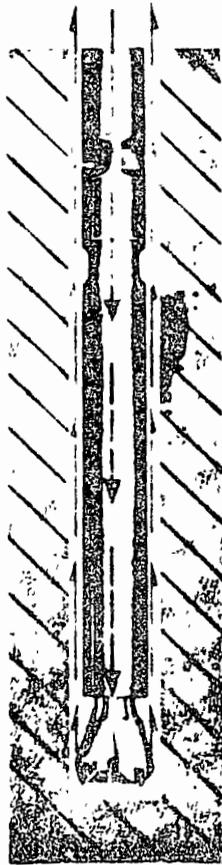
En formaciones que no se sostienen por si solas, normalmente se uti lizan ademes metálicos hincados también a golpe para sostener la pa red del pozo, así mismo se utilizan lodos para ejercer presión sobre la pared y sostenerla.

PERCUSION NEUMATICA. Este procedimiento consiste en el uso de un martillo (fig. 8) con un cilindro reciprocante accionado por la energ ía de aire, vapor o gas a presión. El cilindro descarga su fuerza - sobre una broca (fig. 9) de muy poco peso pero proporciona una enorm e cantidad de golpes a gran velocidad lo que permite velocidades de perforación muy altas.

Este procedimiento de percusión neumática viene combinado con el - método de rotación o rotatorio resultando en realidad una percusión neumática rotatoria que más adelante se vuelve a señalar.

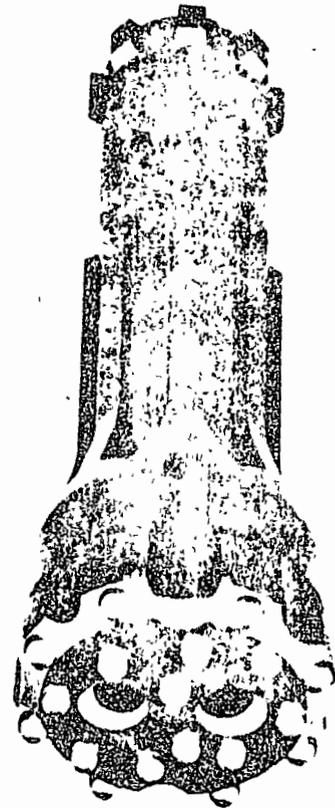


PERFORADORA DE PERCUSION SIMPLE
fig. 7



MARTILLO NEUMATICO
CON BROCA DE 6 $\frac{1}{2}$ DE DIAMETRO

fig. 8



BROCA DE PERCUSION NEUMATICA

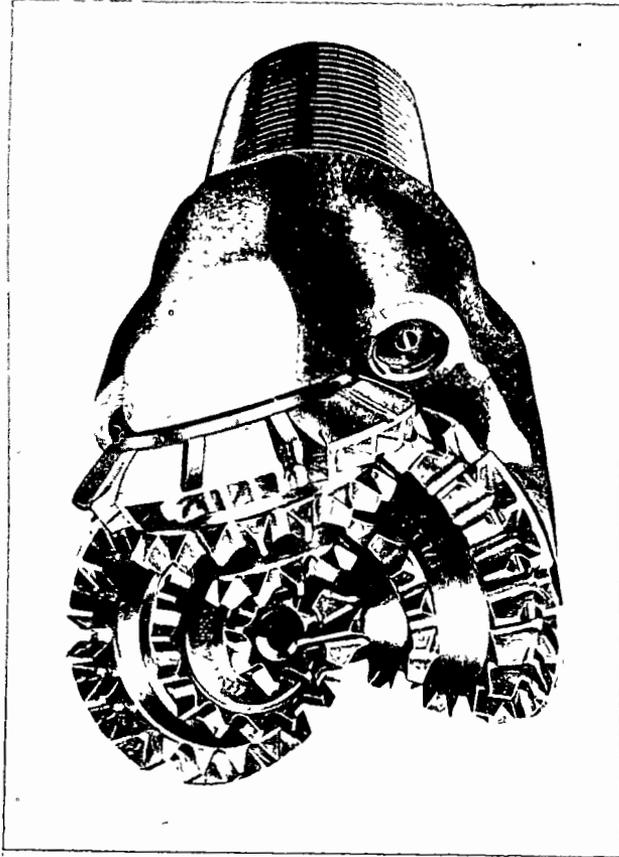
fig. 9

ROTACION. Este procedimiento de perforación consiste básicamente en utilizar una broca que (fig. 10) gira en el fondo del pozo accionada por una tubería que llega hasta la superficie donde una mesa o cabezal rotatorio (fig. 11) transmite la fuerza a la tubería de perforación la que a su vez proporciona peso a la broca. Por el interior de la tubería de perforación se hace circular un fluido (fig. 12) de perforación que puede ser agua, lodo, aire o emulsiones en aceite, dicho fluido entra y lubrica la broca y al regresar a la superficie arrastra los cortes de la perforación transportándolos por el área anular para eliminarlos del fondo del pozo.

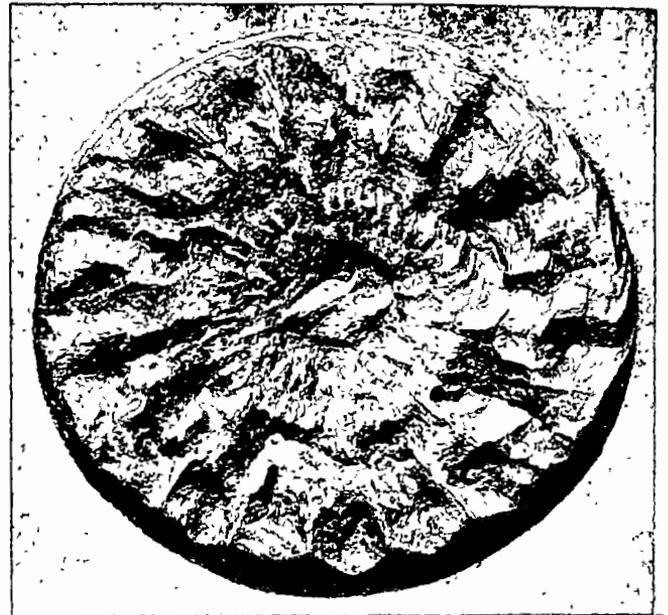
Existen métodos rotatorios que no utilizan fluidos de perforación como es el caso de la perforación rotatoria utilizando barras espirales que al girar extraen el material cortado. Estos métodos se utilizan en perforaciones a poca profundidad para estudio de suelos, para hincado de pilotes, para hacer drenes, etc. Solo se señala en forma general ya que al hablar de métodos rotatorios normalmente se involucra la utilización de fluidos de perforación.

En función de la forma de uso de los fluidos de perforación se pueden distinguir:

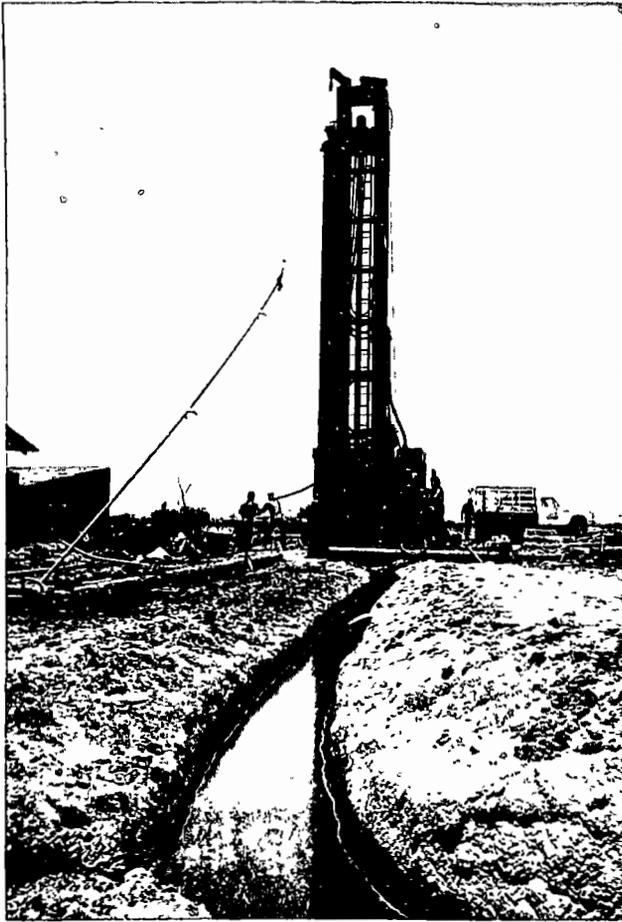
- Perforación rotatoria directa
- Perforación rotatoria inversa



BROCA TRICONICA W 7 R - J
fig. 23

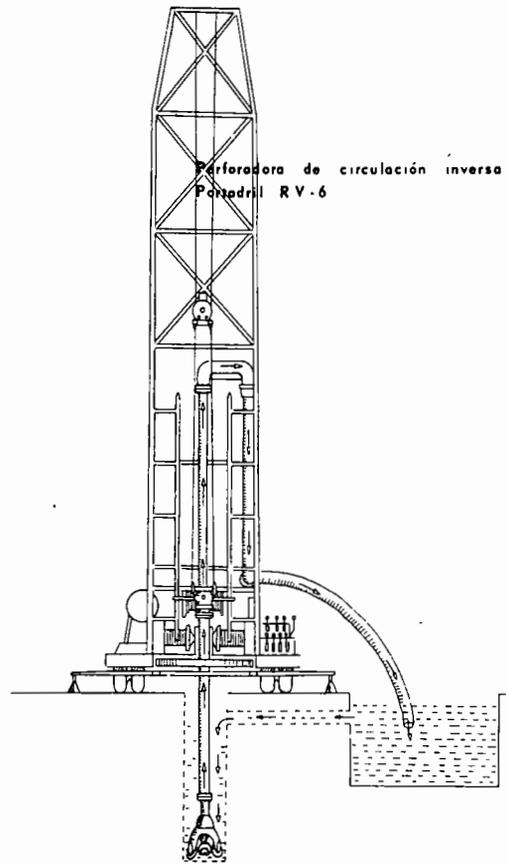


CRATERES FORMADOS SOBRE LA ROCA EN EL FONDO
DE UN POZO
fig. 24



PERFORADORA ROTATORIA DIRECTA
CANAL CON LODO

fig. 12



PERFORADORA DE CIRCULACION
INVERSA. PORTADRIL RV- 6

fig. 13

El sistema directo inyecta el fluido a través de la tubería de perforación ascendiendo el propio fluido por el espacio anular existente entre la tubería de perforación y la pared del pozo.

El sistema inverso (fig. 13) inyecta el fluido a través del espacio anular y lo extrae en el ascenso por el interior de la tubería de perforación que generalmente es de un diámetro grande en comparación con la tubería utilizada en el método rotatorio directo.

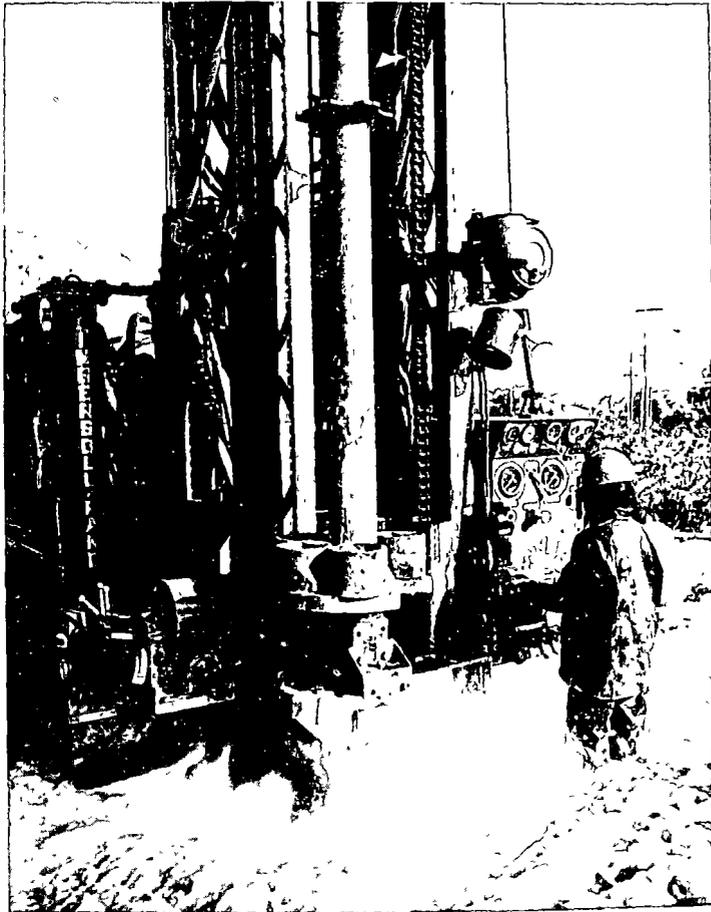
También pueden distinguirse los métodos de perforación rotatoria atendiendo al tipo de fluido de perforación que se utiliza así tenemos:

- Perforación rotatoria, utilizando agua o lodos.
- Perforación rotatoria neumática, utilizando aire, gas o vapor combinando espumantes o sin ellos. (figs. 14 y 15).

Dentro del método de perforación rotatoria directa existen métodos especiales en cuanto a la energía utilizada y su forma de aplicación a la broca o herramienta de perforación así tenemos la

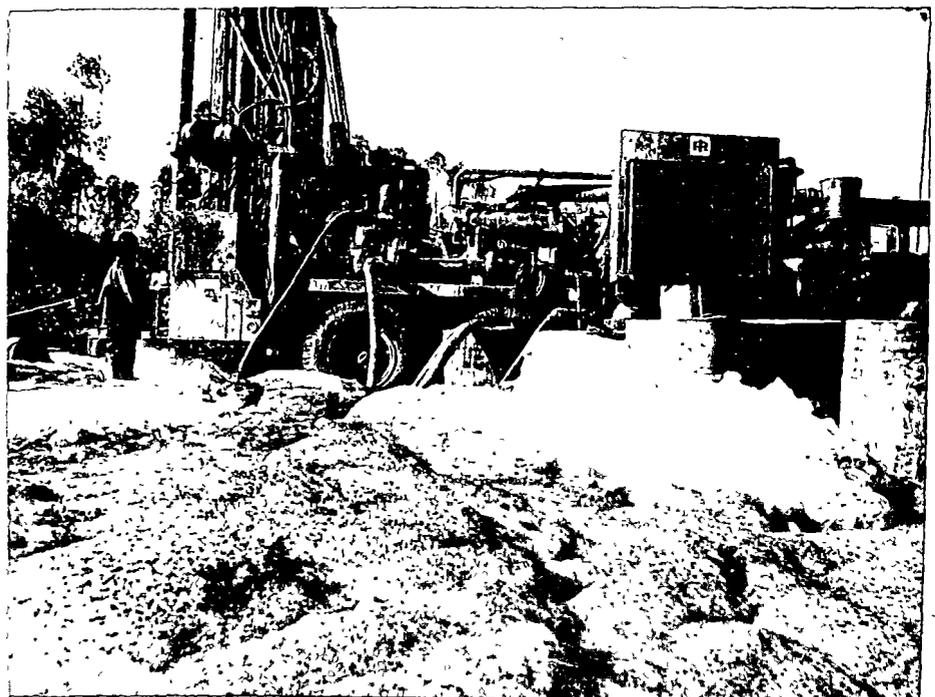
- Turboperforación
- Electroperforación

Por último se pueden señalar como muy importantes los experimentos



PERFORACION ROTATORIA UTILIZANDO
AIRE Y ESPUMANTES

fig. 14



PERFORACION ROTATORIA UTILIZANDO AIRE
Y ESPUMANTES

fig. 15

que se están haciendo para desarrollar nuevos métodos de perforación como son la perforación mediante

- Esfuerzos mecánicamente inducidos
- Esfuerzos térmicamente inducidos
- Fusión y vaporización
- Reacciones químicas

EQUIPOS DE PERFORACION

En los temas anteriores ya se han visto algunos de los equipos de perforación más conocidos, pero es conveniente mostrar otro tipo de equipos de perforación que aunque no muy comunes, su importancia es creciente.

En la figura 16 se muestran brocas de gran diámetro para perforación de túneles en roca.

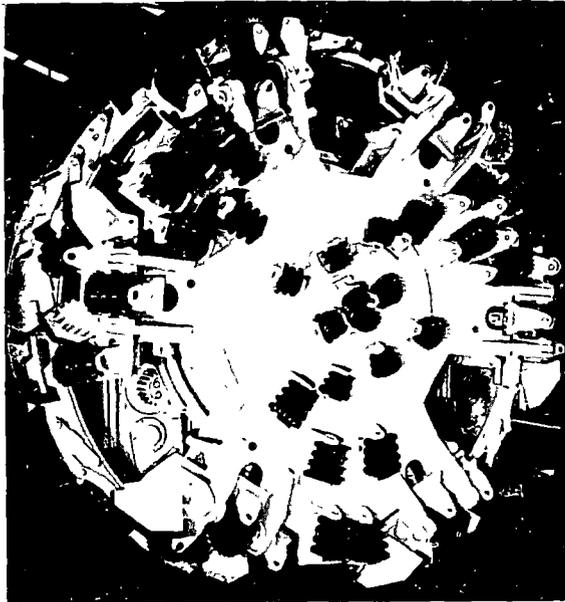
En la figura 17 aparecen los distintos tipos de equipo masivo que se utilizan normalmente para perforar en el mar principalmente en la búsqueda de petróleo y gas.

En las figuras 18 y 19 se muestran con mayor detalle un barco de perforación parecido a los que utiliza PEMEX en las plataformas litorales mexicanas.

En la figura 20 aparece una plataforma de perforación exploratoria -- apoyada sobre el fondo del mar para trabajar en 75 m. de agua.

En las figuras 21 y 22 se aprecian plataformas de perforación semisumergibles para perforar en mares muy difíciles por su oleaje y en --

profundidades de agua del orden de 200 metros. Este tipo de platafor_
mas es el equipo más sofisticado que se conoce actualmente.



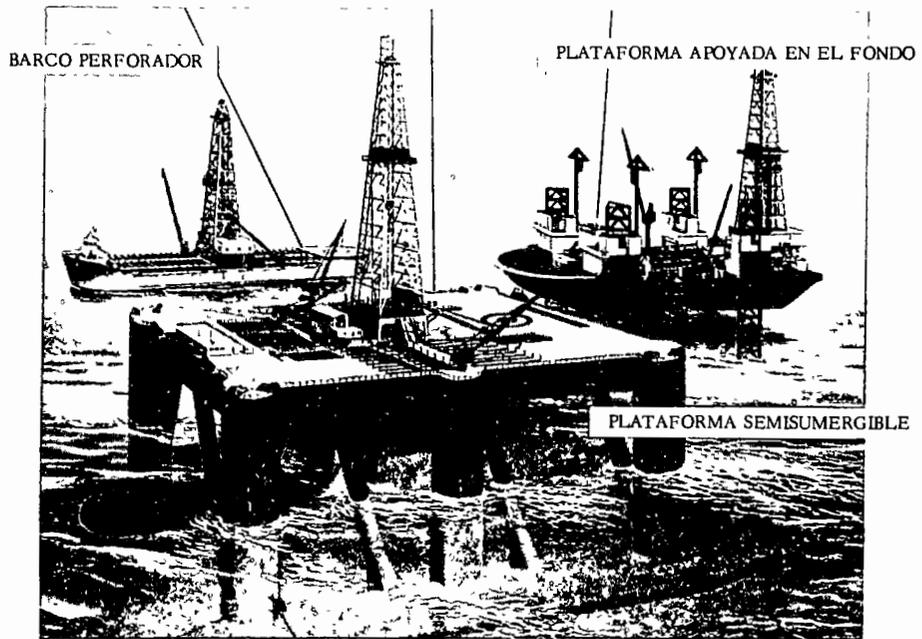
BROCA DE 20" DE DIAMETRO PARA
PERFORACION DE TUNELES

fig. 16



AMPLIADOR DE 160" DE DIAMETRO
PARA TIRO DE MINA





PERFORADORAS MARINAS

fig. 17

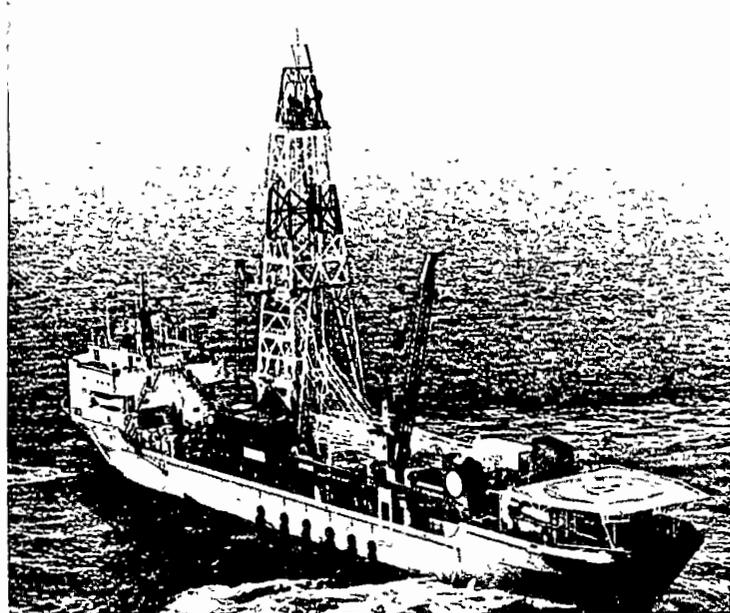
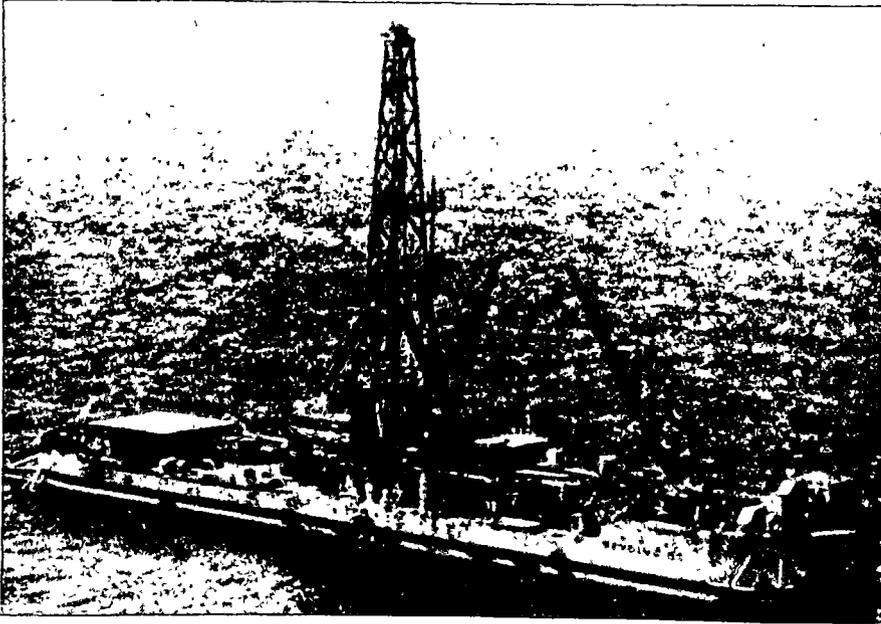
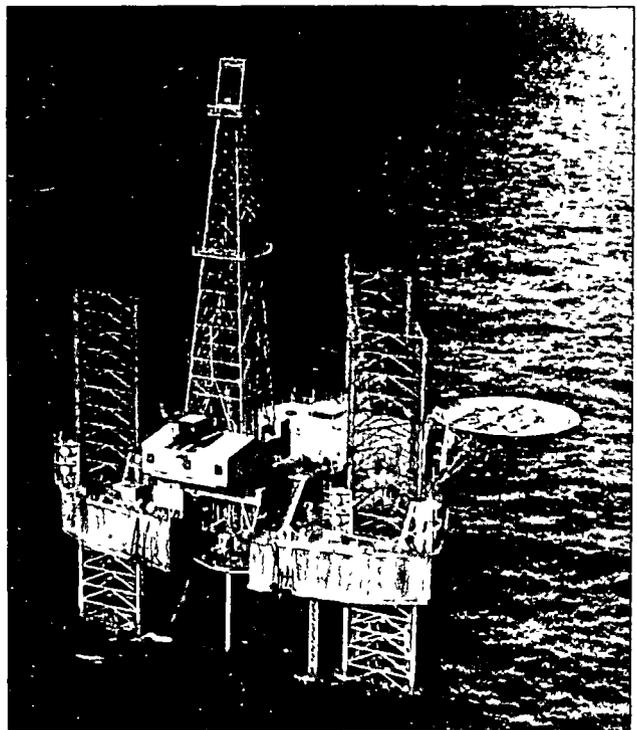


fig. 18



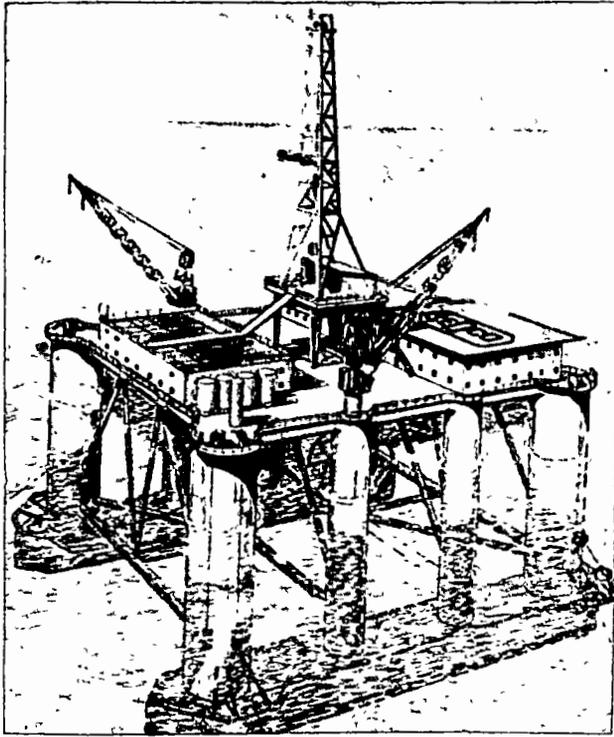
BARCO DE PERFORACION EN EL GOLFO DE MEXICO

fig. 19



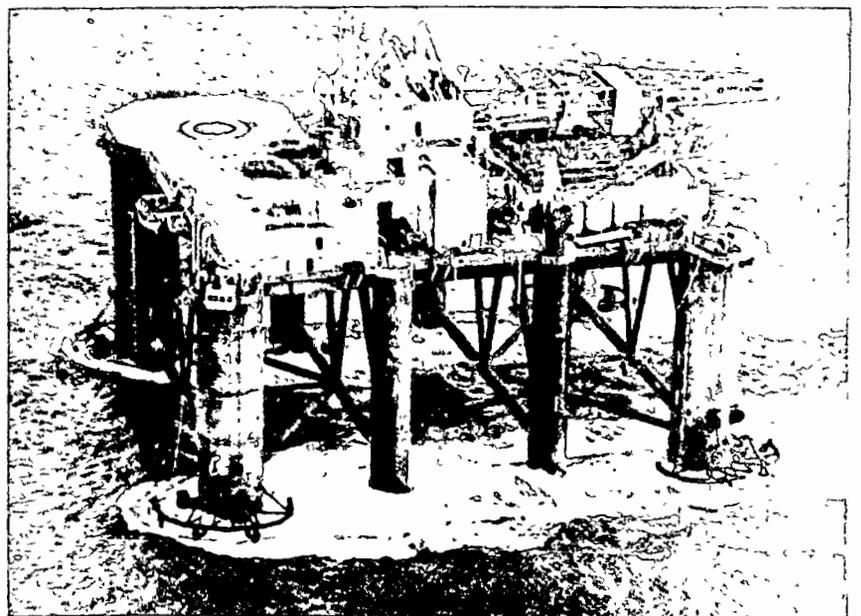
PLATAFORMA DE PERFORACION
APOYADA EN EL FONDO

fig. 20



PLATAFORMA DE PERFORACION
SEMISUMERGIBLE

fig. 21



PLATAFORMA DE PERFORACION SEMISUMERGIBLE EN TRANSPORT.

fig. 22

RESISTENCIA, PERFORABILIDAD DE LAS ROCAS Y VELOCIDAD DE PERFORACION

Se han efectuado numerosos intentos de desarrollar las fórmulas que relacionen la resistencia de las rocas con la perforabilidad de las mismas. Solo se han logrado obtener algunos resultados, algunos de los cuales se presentan enseguida, pero se presentan tantos factores que se considera difícil desarrollar una fórmula general que permita predecir la velocidad de perforación de diferentes tipos de rocas.

Los factores más importantes que intervienen en la velocidad de perforación de las rocas y especialmente utilizando perforadoras rotatorias son :

- Propiedades de las rocas a perforar
 - resistencia a la compresión simple y confinada
 - resistencia al quebramiento
 - porosidad
 - fracturamiento
 - dureza
- Peso sobre la broca y tipo de broca
- Velocidad de rotación
- Diámetro de la broca

- Torsión aplicada a la broca
- Fluído de perforación

El Buró de Minas de los Estados Unidos ha efectuado estudios de campo y de laboratorio utilizando perforadora rotatoria con broca para obtener núcleos con insertos de diamante en diámetro AX (4.52 cm.) llegando a la siguiente ecuación :

$$d = \frac{2 \pi (T - \mu r F_v)}{SA - F_v}$$

donde: d= Penetración por revolución (pulgadas/rev)

T= Torsión en la broca (pulgadas - libra)

μ = Coeficiente de fricción

F_v= Empuje (libras)

r= Radio de la broca (pulgadas)

S= Resistencia de roca a la perforación (libras/pulgada²)

A= Area de corte de la broca (pulgadas²)

Tomando en cuenta observaciones adicionales como son la relación de la resistencia de la roca a la compresión simple (C) y la penetración por revolución (d) y otras relaciones se llegó a la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\pi T}{5 C A}$$

donde: T= F_t r

Ft= Fuerza tangencial en la broca (libras)

C= Resistencia a la compresión simple de la roca (libras/pulgada ²)

A= $\pi/4 (D_o^2 - D_i^2)$

D_o= Diámetro exterior de la broca

D_i= Diámetro interior de la broca

El investigador W.C. Maurer desarrolló una fórmula para obtener la velocidad de perforación utilizando broca tricónica (figura 23) a partir de los mecanismos de formación de cráteres (fig. 24) y suponiendo una "limpieza perfecta" de los cortes de perforación entre los impactos de los dientes de la broca. (fig. 25) Esta última condición normalmente no se presenta. La fórmula es:

$$R = k \frac{MW^2}{D^2 S^2}$$

donde :

R= Velocidad de perforación (piez/hora)

k= perforabilidad de la formación (constante)

N= velocidad de rotación de la broca (r.p.m.)

W= peso sobre la broca (libras)

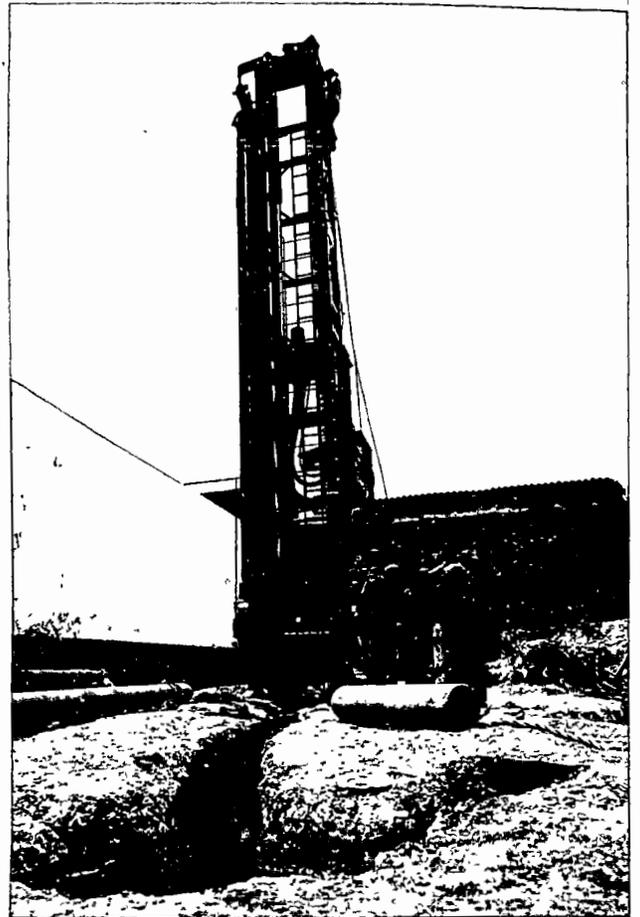
D= Diámetro de la broca (pulgadas)

S= resistencia a la perforación de la roca (libras/pulg²)



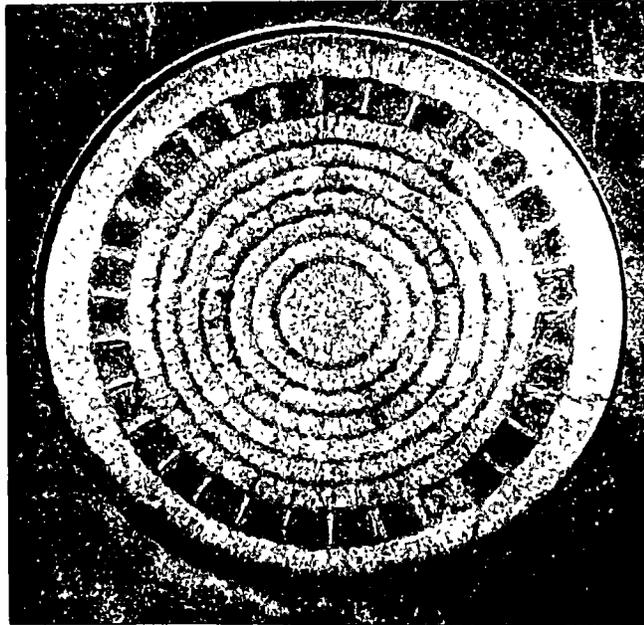
BROCA TRICONICA
CON BALAS DE CARBURO TUNGSTENO

fig. 10



PERFORADORA ROTATORIA

fig. 11



CRATERES FORMADOS SOBRE LA ROCA EN EL FONDO
DE UN POZO EN GRANITO ROSA

fig. 25

La resistencia a la compresión simple de las rocas de cualquier forma da una idea relativa de la resistencia a la perforación de las rocas. En algunos casos la resistencia a la compresión simple llega a ser la del acero dulce. Enseguida se presentan algunos ejemplos.

Roca	Resistencia a la compresión simple kg / cm ²
Areniscas	500 - 1500
Pizarras	300 - 800
Hematita de Minesota	6200
Cuarcita rosada	4800

De acuerdo con Maurer puede señalarse :

Tipo de roca	Resistencia a la compresión simple kg / cm ²
Blanda	0 - 500
Media	500 - 1000
Dura	1000 - 2000
Muy dura	> 2000

El mismo Maurer ha desarrollado otras fórmulas partiendo de la base de que para quebrar una roca debe aplicársele suficiente energía de tal manera que los esfuerzos inducidos excedan la resistencia de-

la roca. Una vez excedidos los esfuerzos necesarios para romper la roca, la energía necesaria para quebrar un volumen unitario de roca permanece casi constante y a este valor se le denomina "energía específica" y resulta muy útil para predecir el comportamiento de perforadoras o quebradoras a partir de pruebas de laboratorio. Las ecuaciones que intervienen en estas predicciones en cuanto a la velocidad a que una roca puede ser quebrada, triturada o rota (C.R.) son :

$$C. R. = \frac{P}{E} \text{ (cm}^3 \text{ / min)}$$

donde:

P= energía entregada a la roca (Joules / min)

E= energía específica (Joules / cm³)

1 Joule / segundo = 1 Watt = 0.00134 H. P.

Bond ha obtenido una fórmula para determinar aproximadamente la energía específica

$$E = 10 E_i \left(\frac{1}{\sqrt{p}} - \frac{1}{\sqrt{f}} \right) \text{ (Joules / cm}^3 \text{)}$$

donde : E_i = energía específica para quebrar la roca desde un tamaño infinito pequeño hasta 100 micrones (joules/cm³)

f = tamaño inicial de la partícula (micrones)

$p =$ tamaño final de la partícula (micrones)

Cuando la reducción es grande ($f \gg p$) la fórmula anterior se reduce a:

$$E = \frac{10 E_i}{\sqrt{p}}$$

En este caso la energía específica es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño de la partícula ya quebrada.

En la tabla siguiente se muestran algunos valores típicos de energía específica para quebrar varios tipos de rocas a presión atmosférica:

Energía específica para quebrar varios tipos de roca y materiales, en Joules/Cm³

Roca	Tamaño de la partícula quebrada		
	0.1 mm	1 mm	10 mm
Vidrio	30	10	3
Arenisca	110	35	11
Caliza	110	35	11
Dolomita	110	35	11
Cuarcita	120	38	12
Granito	140	45	14
Lutita	150	48	15
Basalto	210	67	21

De las consideraciones basadas en la energía específica Maurer obtiene:

$$R = \frac{P}{A E} \quad (\text{cm} / \text{min})$$

donde: R = velocidad de perforación
P = energía transmitida a la roca, joules/min
A = área transversal de la perforación cm^2
E = energía específica, joules/ cm^3

Enseguida se anotan valores de la energía específica necesaria para perforar la mayoría de las rocas a presión atmosférica con brocas convencionales. Dicha energía específica varía entre 50 y 1000 joules/ cm^3 .

Perforadora	Diámetro perforación cm.	Energía entregada a la roca h.p.	Velocidad de perforación cm/m.n.				Energía específica joules/cm ³			
			Tipo de roca				Tipo de roca			
			Sua ve	Me- dia	Dura	Muy dura	Sua ve	Me- dia	Dura	Muy dura
Rotatoria broca tricónica	20	30	50	10	5	2	80	420	840	2100
Percusión neumá tica en bancos de roca	7.6	11	-	-	60	40	-	-	180	270
Rotatoria diamante	5	10	-	-	20	5	-	-	1120	4500

En la medida en que la profundidad aumenta la velocidad de perforación disminuye en virtud del incremento de la presión del fluido de perforación, del incremento en la presión confinante y de la dificultad de remoción de los cortes, es decir la "energía específica" va aumentando con la profundidad y en virtud del comportamiento de las rocas a altas presiones confinantes puede decirse que de 6 000 m. en adelante la "energía específica" se iguala para todo tipo de rocas y por lo tanto la velocidad de perforación ya no varía al variar la roca.

FLUIDOS DE PERFORACION

Los métodos de perforación rotatorios requieren de la circulación de fluidos que pueden ser cualquier tipo de fluido aunque en terminos generales se utilice: agua, gas, suspensiones coloidales o emulsiones en aceite.

De acuerdo con el líquido base, los fluidos de perforación se pueden clasificar de acuerdo con dicha base en: gas, agua y aceite.

Los fluidos a base de gas pueden ser: aire seco, aire húmedo con gotas de agua o lodo, mezclas de algún gas humedo con espumantes, o mezclas del fluido gaseoso con gotas de aceite incluyendo en todos los casos la posibilidad de traer sólidos insolubles en suspensión .

Los fluidos a base de aceite pueden incluir sustancias solubles en -- aceite, agua emulsionada y materiales insolubles en aceite en suspensión.

Los fluidos a base de agua incluyen sustancias solubles o insolubles en suspensión.

Para controlar o mejorar la calidad y el comportamiento de los fluidos de perforación se utilizan diversos productos químicos.

En la mayoría de las perforaciones se utilizan "lodos" como fluidos de perforación que se pueden definir como suspensiones coloidales de sólidos en líquidos. El lodo más usado es el que se compone de agua y arcillas bentoníticas en suspensión.

Las principales funciones de los fluidos de perforación son:

- Mover los cortes de perforación del fondo del pozo
- Transportar los cortes del pozo a la superficie
- Enfriar la broca
- Mantener la estabilidad del pozo

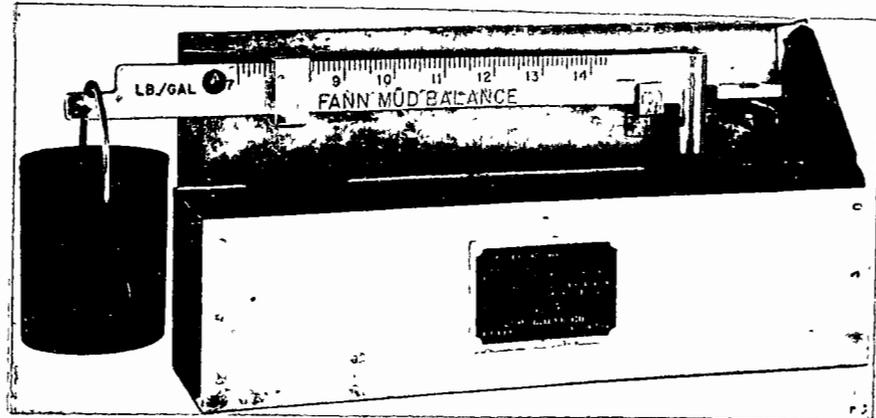
Procedimientos empleados para controlar los lodos.

- Densidad o peso del lodo. La densidad es el peso por unidad de volumen y en perforación normalmente se mide utilizando la balanza de lodo. (Fig. 26)

El agua prácticamente tiene una densidad de 1 kg/dm^3 y los lodos de perforación normalmente tienen densidades más elevadas.

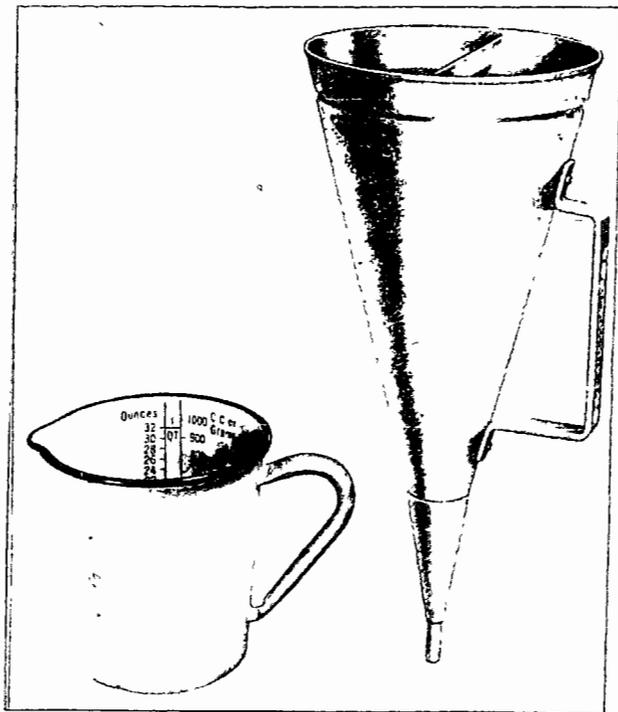
- Viscosidad. En el campo se utiliza como método rutinario para medir la viscosidad de los lodos el embudo de Marsh. (fig.27)

El embudo debe llenarse hasta la marca (en la parte baja de la malla de alambre que lleva) lo que da 1 500 mililitros, se le permite fluir hasta



BALANZA DE LODOS

fig. 26



CONO MARSH

fig. 27

llenar un recipiente de 946 mililitros, el tiempo empleado será la viscosidad Marsh. El agua tiene una viscosidad Marsh de 26 segundos.

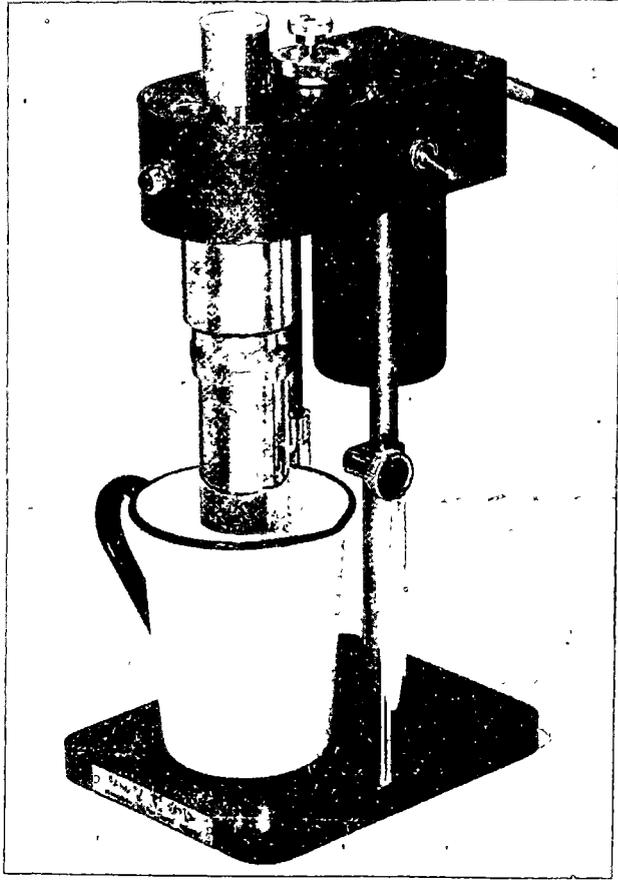
Para conocer la viscosidad plástica así como el punto de fluencia de los lodos se emplea el viscosímetro V.G. (fig. 28)

En un recipiente se coloca el lodo recientemente agitado se ajusta la superficie del lodo con marca del rotor. Se conecta el aparato a 600 r.p.m. y se toma una lectura, se disminuye la velocidad a 300 r.p.m. y se toma otra lectura. La viscosidad plástica en centipoises será la diferencia entre las dos lecturas mencionadas. El punto de fluencia en libras/100 pies² será la diferencia entre la lectura a 300 r.p.m. y la viscosidad plástica. La viscosidad aparente en centipoises es la lectura a 600 r.p.m. entre 2.

El control de los lodos requiere otro tipo de mediciones como son : resistencia del gel, la filtración, el contenido de arena (fig. 29), el pH, la resistividad y otras características.

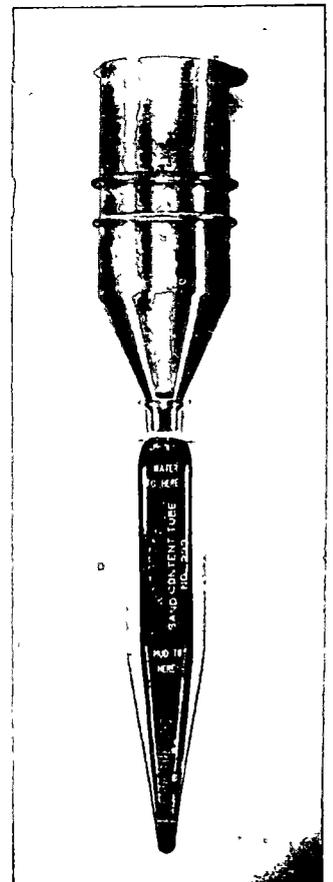
Velocidad de los fluídos de perforación .

Los fluídos de perforación, como ya se mencionó, entre otras funciones tienen la de transportar los cortes de perforación del fondo del pozo, a la superficie para eliminar dichos cortes de perforación del



VISCOCIMETRO

fig. 28



APARATO PARA MEDIR
EL CONTENIDO DE ARENA

fig. 29

pozo, para lograr esta función se requiere aparte de otras características que el fluido de perforación tenga una velocidad ascensional adecuada para poder elevar las partículas a la superficie.

Con lodo bentonítico se considera adecuado lograr una velocidad ascensional de 120 pies/min (60 cm/seg).

Con aire seco la velocidad ascensional debe ser entre 2000 y 3000 pies/min (1100 - 1650 cm/seg).

En la perforación de pozos para agua, utilizando diámetros de perforación grandes de 20" (50 cm) por ejemplo las bombas de lodos generalmente resultan chicas resultando una perforación lenta que requiere moler los cortes de perforación a un tamaño tal que pueden ser levantados por el lodo. Esta situación no se presenta en pozos petroleros donde la profundidad de los pozos amerita contar con todo el equipo de bombeo necesario y por otro lado no se presentan diámetros de perforación tan grandes como en la perforación de pozos de agua.

ADITIVOS A LOS FLUIDOS DE PERFORACION. Para controlar la calidad de los fluidos de perforación se agregan aditivos químicos que mejoran o controlan ciertas características, algunos de los más importantes son:

<u>Función</u>	<u>Producto</u>
Adelgazar el lodo evitar contaminación de anhidrita o cemento	Fosfatos complejos
Adelgazar el lodo o disminuir la viscosidad	Fosfatos complejos Taninos (Quebracho)
Aumentar el peso del lodo	Sulfato de Bario (barita)
Elevar pH	Carbonato de sodio Bicarbonato de sodio
Controlar contaminación de cemento y anhidrita	Carbonato de sodio Bicarbonato de sodio
Controlar pérdida de circulación	Carboximetil celulosa Mica Cáscara de nuez Tapones diesel - bentonita
Aumentar la viscosidad	Carboximetil celulosa
Aumentar la viscosidad del aire o gas	Espumantes

EJEMPLOS PRACTICOS

Diseño y Construcción de un pozo para abastecimiento de agua.

En los croquis que se muestran en seguida se observa la forma típica de construcción de pozos para agua que se utiliza generalmente en México. (figuras 30, 31 y 32)

En la figura 33 se aprecian los tipos de cedazos que se utilizan para permitir el paso del agua del acuífero al pozo a través del propio ademe ranurado o cedazo de protección.

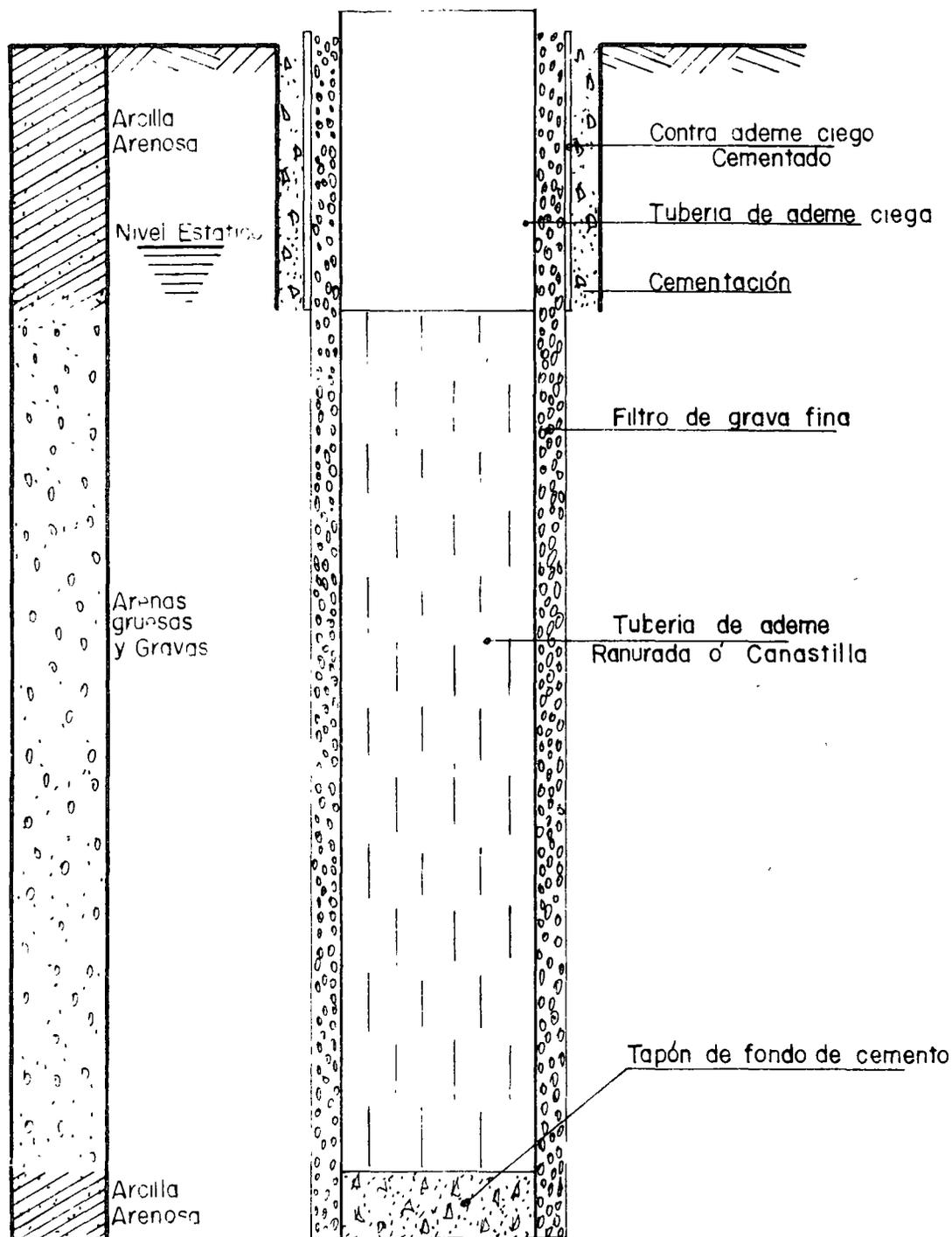
En las figuras 34 y 35 se puede observar el efecto de la inyección de aire a alta presión dentro del agua del pozo. Este procedimiento permite limpiar y desarrollar en forma primaria los pozos eliminando los lodos de perforación y estimulando los acuíferos al extraer los materiales más finos de los mismos incrementando la permeabilidad local.

En la figura 36 se observa el desarrollo, aforo y prueba de bombeo de un pozo.

Debido a la amplitud del tema no se trata con detalle el diseño y cons

ESTRATIGRAFIA

POZO TERMINADO

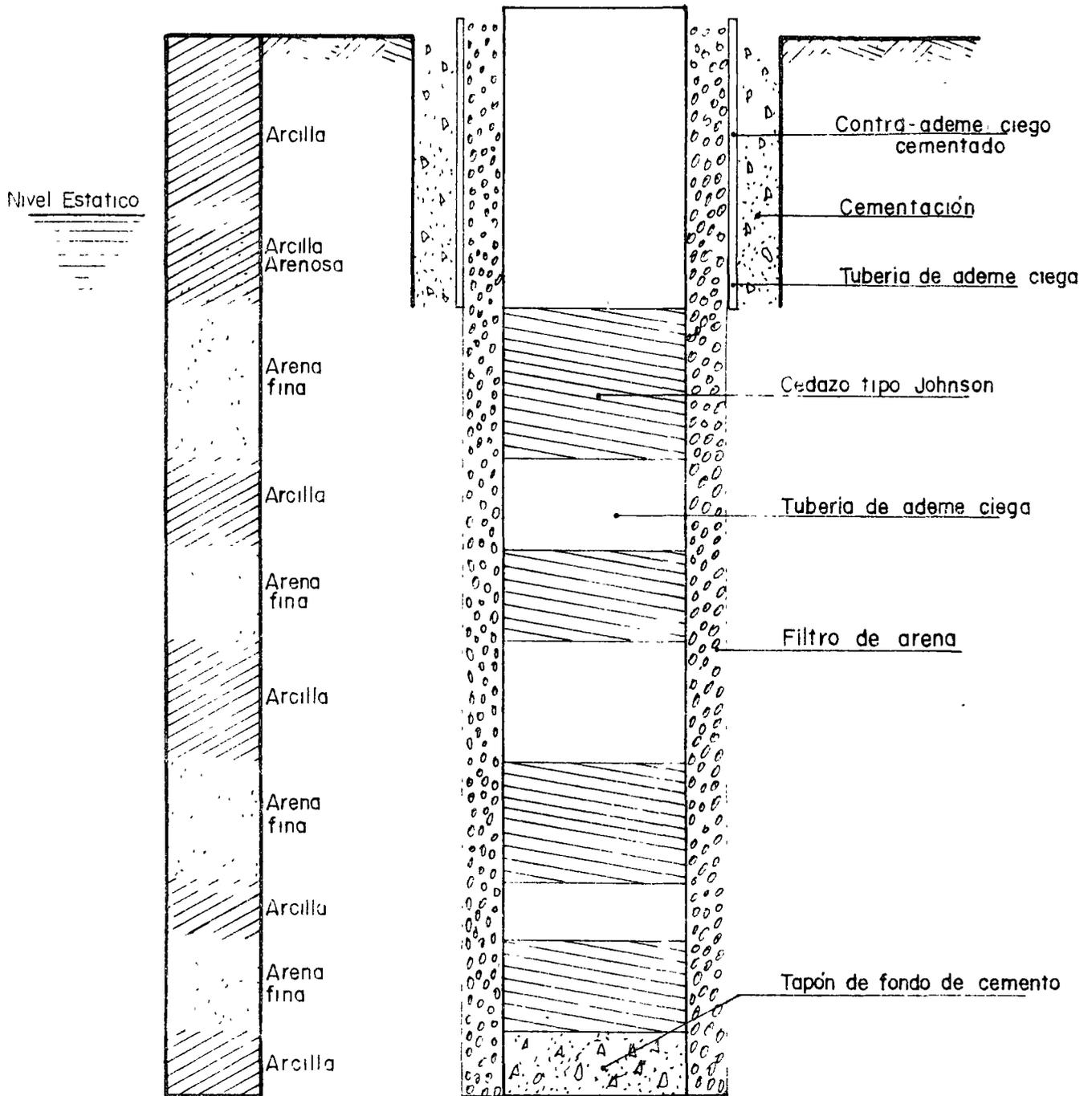


POZO PARA AGUA EN MATERIALES GRANULARES

fig. 30

ESTRATIGRAFIA

POZO TERMINADO

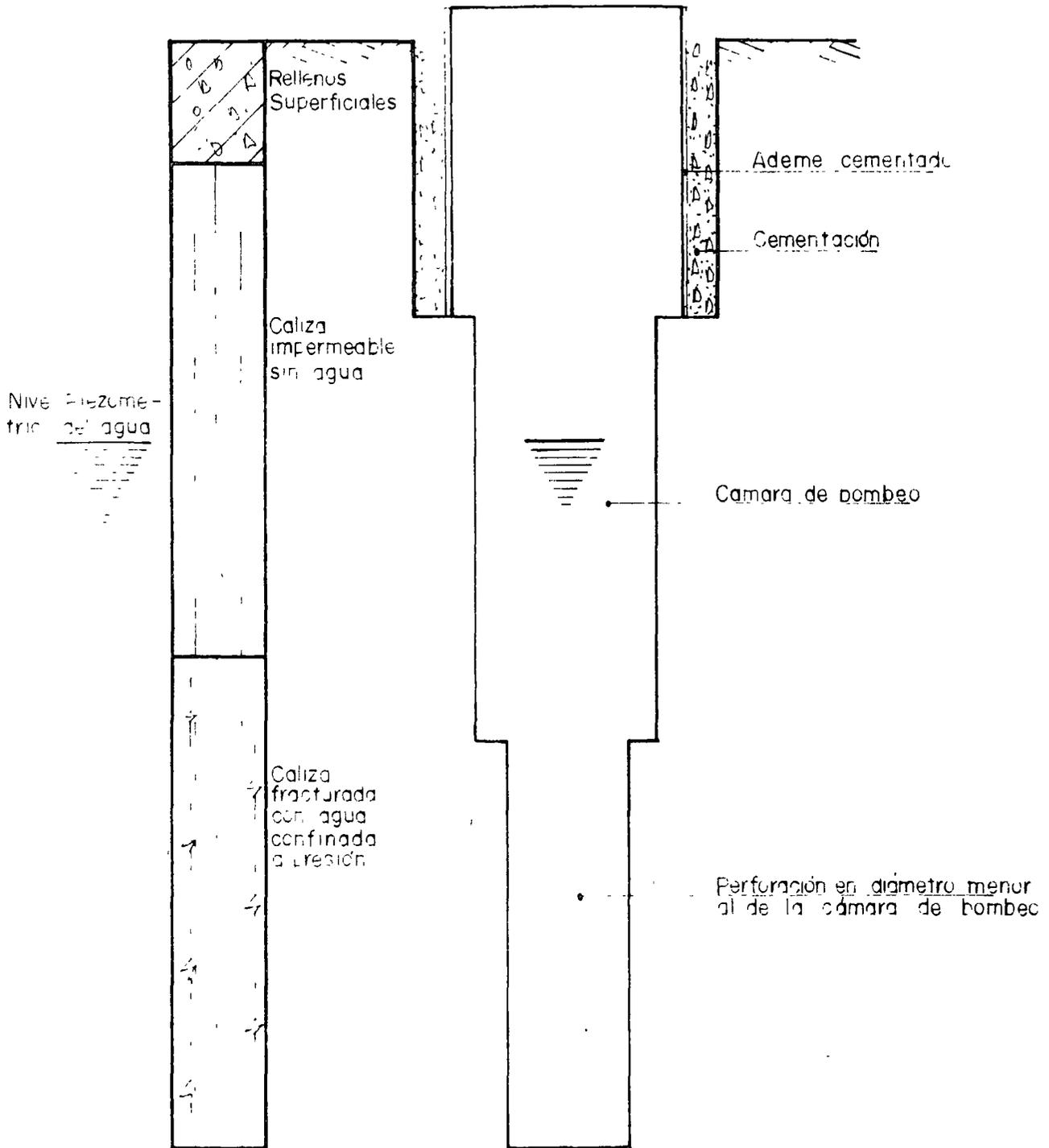


POZO PARA AGUA EN
MATERIALES GRANULARES MUY FINOS

fig. 31

ESTRATIGRAFIA

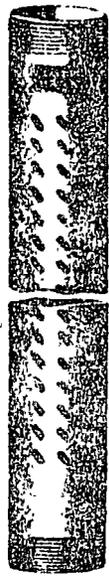
POZO TERMINADO



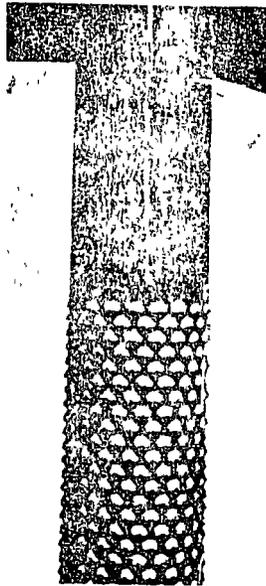
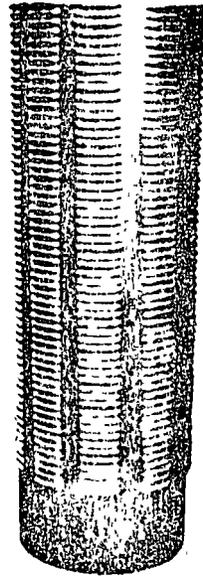
POZO PARA AGUA

EN CALIZAS

fig. 32

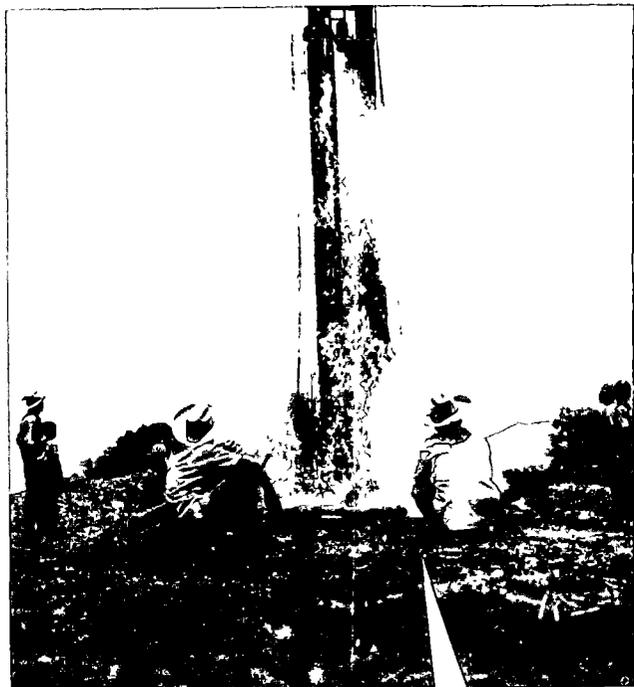


e 101

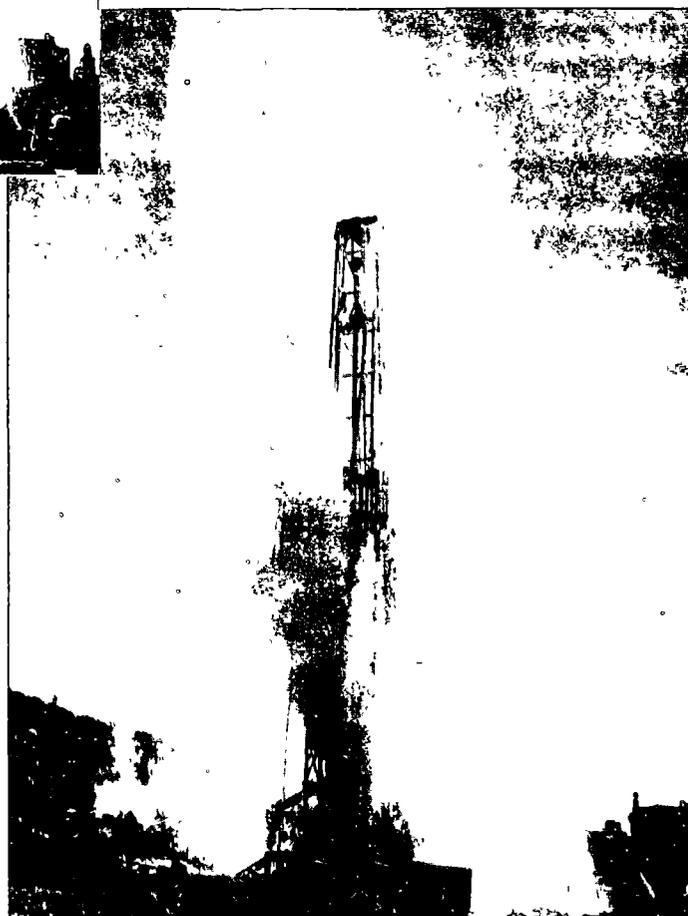
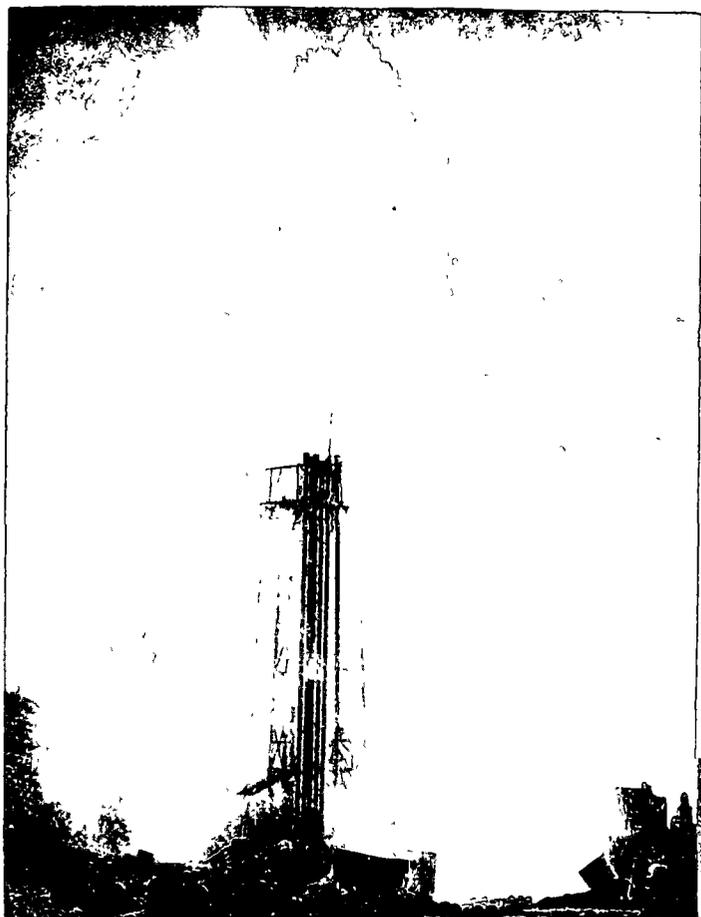


DIFERENTES TIPOS DE CEDAZOS

fig. 33

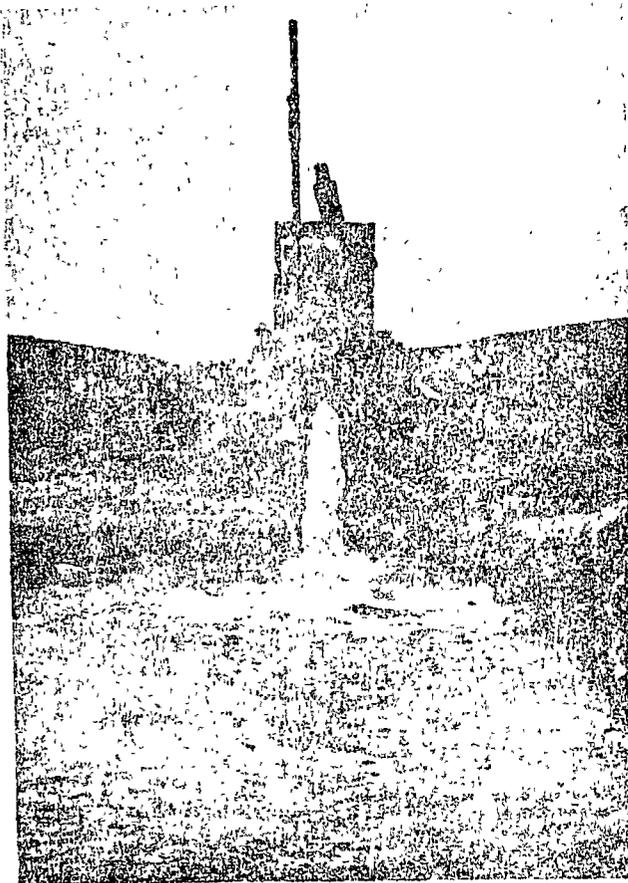


TRATAMIENTO DE UN POZO DE AGUA
CON AIRE COMPRIMIDO A ALTA
PRESION EN BASALTOS



TRATAMIENTO CON AIRE A ALTA
PRESION DE UN POZO PARA AGUA
EN CALIZAS

fig. 35



AFORO DE UN POZO CON BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA
Y MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

fig. 36

trucción de pozos para agua. Tampoco se trata lo relativo a pruebas de bombeo, aforos, determinación de la permeabilidad ni la forma en que se debe racionalmente explotar un acuífero.

Explotación de bancos de roca.

La explotación de bancos de roca (figura 37) requiere de la perforación para colocar los explosivos. De acuerdo con el volumen de explotación se utilizan diversos tipos de perforadoras buscando la mayor economía tanto en la perforación como en los explosivos.

El método más simple y primitivo es utilizar una barreta y un marro para hacer pequeños agujeros.

Un procedimiento muy empleado en México es utilizar perforadoras de "piso" manuales (figura 38) utilizando aire comprimido con lo cual se perforan pozos de unas $1\frac{1}{2}$ " de diámetro o menos a profundidades de 6 mm.

El uso de equipos de perforación chicos o medianos permite perforar con aire comprimido con bastante rapidez. Normalmente se emplean diámetros de 3" a 4" y se perfora a 20 ó 30 m. de profundidad.

Para explotaciones importantes conviene pensar en la posibilidad de perforar con equipos grandes en 6" o más de diámetro lo cual per-

mite realizar el trabajo con gran rapidez y generalmente a menores costos.



EXPLOTACION DE UN BANCO DE RO

fig. 37

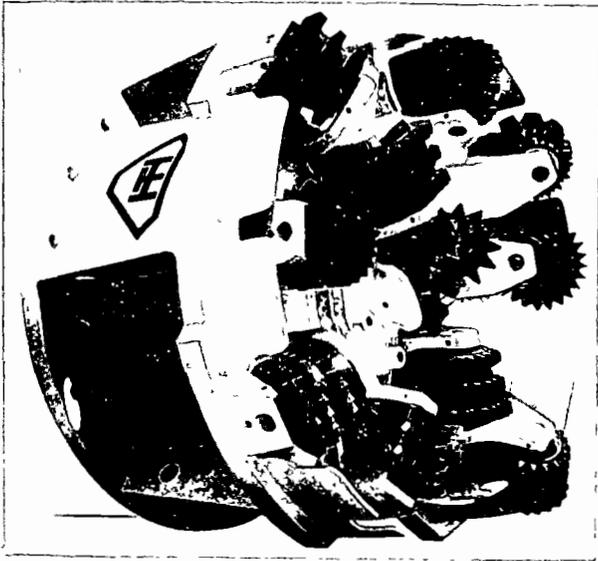


PERFORADORA DE PISO NEUMATICA MANUAL

fig. 38

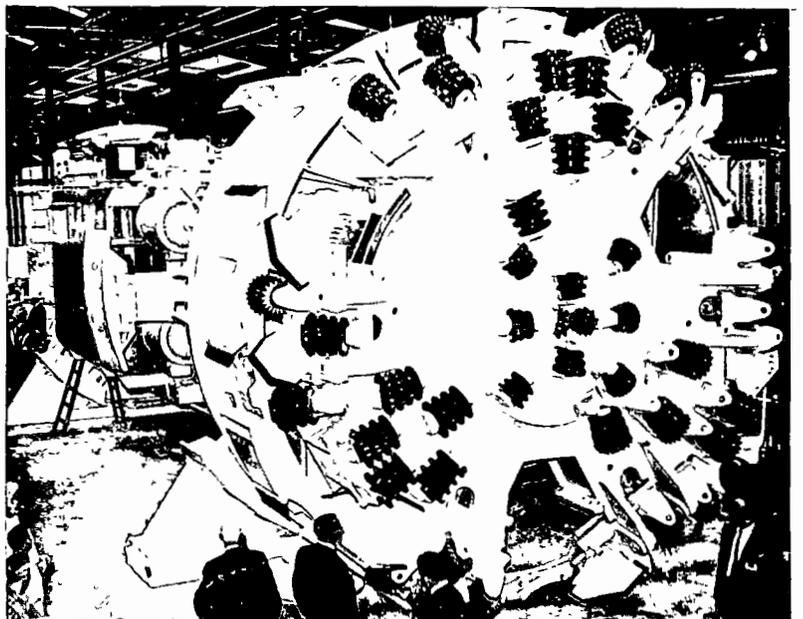
EXCAVACION DE TUNELES Y LUMBRERAS

Los métodos de perforación rotatorios para hacer agujeros verticales se han desarrollado importantemente y en la actualidad es posible perforar en grandes diámetros tanto en posición vertical como es el caso de lumbreras y tiros de mina como en posición horizontal como es el caso de túneles. Estos equipos se están empleando cada vez más tanto en la ingeniería civil como en la minería . (Figuras 39 y 40)



BROCA DE 72" DE DIAMETRO

fig. 39

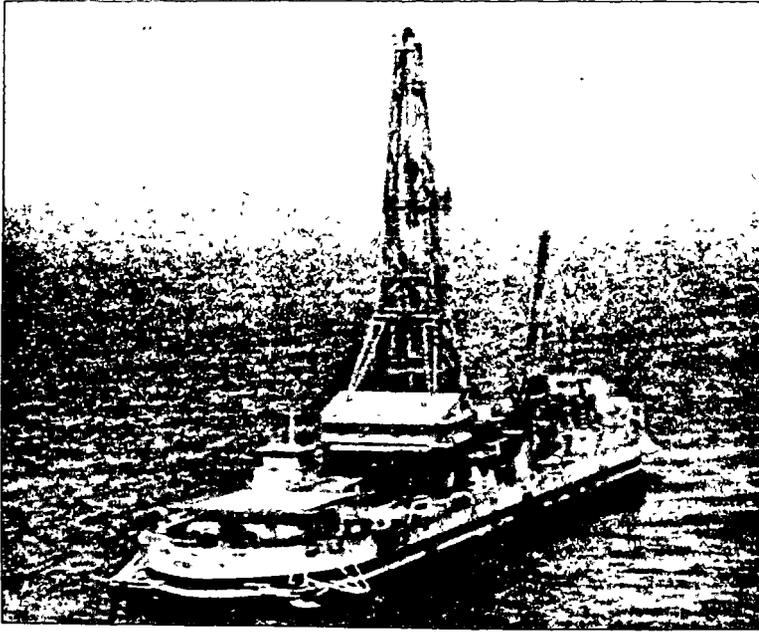


BROCA PARA PERFORACION DE TUNELES EN ROCA

fig. 40

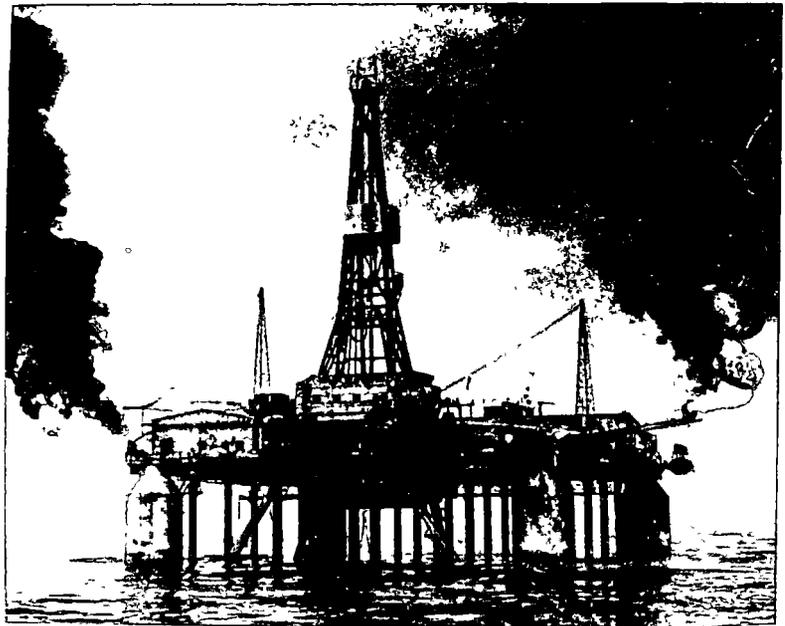
PERFORACION EN EL MAR

Tanto para la exploración de hidrocarburos como para la explotación de los mismos dentro de las plataformas litorales, cada vez se perfora más en el mar. Actualmente se están haciendo perforaciones en el mar en la búsqueda de minerales. En la figura 41 aparece un barco perforando en el Golfo de México en busca de petróleo o gas. En la figura 42 se observa una plataforma semisumergible perforando en el Mar del Norte, uno de los sitios de mayor dificultad, debido al fuerte oleaje que impera; se pueden observar los quemadores del gas que ya se encontró en el pozo trabajando.



BARCO DE PERFORACION EN EL GOLFO DE MEXICO

fig. 41



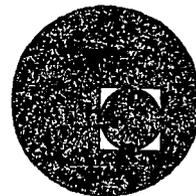
PLATAFORMA DE PERFORACION SEMISUMERGIBLE

fig. 42





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA

TEMA 10: TOPICOS DIVERSOS

10.3. Sistema CON-COR

ING. HEINZ LESSER JONES

Marzo, 1978



SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
SUBSECRETARIA DE CONSTRUCCION
DIRECCION DE GEOHIDROLOGIA Y DE ZONAS ARIDAS

PERFORACION CON EL EMPLEO DE TUBERIA DOBLE

Información Técnica de Divulgación para los Ingenieros y Operadores de los 10 - Equipos Con-Cor propiedad de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, preparada por la Dirección de Geohidrología y de - Zonas Aridas.

OCTUBRE DE 1975

Nuevo y Eficiente Método de Perforación Rotatoria Para Exploración
y Explotación de Aguas Subterráneas.

Estas Máquinas CON-COR CC-2000 WA Walker Neer tienen capacidad para perforar hasta 600 m de profundidad con diámetro de 12 1/4" empleando tubería doble de perforación con diámetro exterior de ---
4 1/2"

La moderna máquina perforadora de tipo rotatorio que utiliza tubería doble de perforación (2 tubos concéntricos) como las 10 recientemente adquiridas por la Secretaría de Recursos Hidráulicos a través de la Dirección de Geohidrología y de Zonas Áridas, se conoce como perforadora CON-COR (Continuus Coring) o sea de muestreo continuo. Tiene, como característica fundamental, el poder funcionar con circulación de fluidos controlados en cualquiera de 3 diferentes maneras distintivas, cada una de las cuales puede adaptarse para aplicarse en procedimientos específicos de perforación como sigue:

##'

1) CIRCULACION CONFINADA INVERSA: El agujero que se está perforando, se circunda y aisla alrededor de la barrena por medio de una caja inductora o portabarrena cilíndrica. (También puede utilizarse arriba de la barrena un empaque elástico especial como el que se ilustra más adelante, Figs. 3 y 4). Con esos aislamientos todos los fluídos de circulación, en las operaciones de perforación, se establecen y encauzan por el interior de la tubería doble de perforación y, los fluídos, agua o lodos, que hay en el pozo, o más bien, ocupando el espacio anular entre la pared del pozo y la sarta de la tubería de perforación, permanecen prácticamente estáticos. Los fluídos de circulación que se aplican para la perforación, en la operación de este equipo, pueden ser: aire; agua; mezclas de aire con agua; lodos; mezclas de espumante o cualquier otro elemento, gas ó líquido.

En este sistema, los fluídos penetran, en su circulación descendente, por el espacio anular que queda entre la doble tubería de perforación y retornan a la superficie, con muy alta-velocidad, por dentro del tubo interior, pasando a través del cabezal rotatorio hidráulico "swivell", para salir hacia la manguera de descarga. Este procedimiento de circulación se utiliza, tanto para iniciar el pozo, como para perforarlo, atravesando,-

también zonas permeables con pérdidas de circulación, con espesores hasta de 15 a 25 mt. Se puede perforar, además, con martillos neumáticos o bien con barrenas cortadoras de núcleos o corazones, con extracción continua de éstos y puede emplearse para otros objetivos, tales como muestreos aislados de acuíferos de diferentes salinidades.

2) SIFONEO CON CIRCULACION INVERSA: El fluido para sifoneo puede ser aire u otro gas. El aire o gas penetra en descenso por el interior del espacio anular de la doble tubería y, a cierta profundidad en el pozo, o a profundidades que se fijan por conveniencia, se provoca la difusión del aire o gas, hacia el tubo interior de la tubería doble de perforación, para aligerar la columna del líquido contenida en él. Esta columna líquida, así aligerada, se eleva con grandes incrementos de velocidad a medida que es desplazada por los líquidos más pesados, no aligerados, que están contenidos y provienen del espacio anular entre las paredes del pozo y la sarta de la tubería de perforación. Lo anterior ocasiona que los líquidos de dicho espacio anular, entre pared del pozo y sarta perforadora, se desplacen rápidamente hacia el fondo de la barrena y dicho flujo-recolecta y encauza los cortes de ella, ya sean núcleos ó corazones, ó las esquirlas de los recortes de la perforación,----

haciéndolos penetrar hacia la garganta del tubo interior y viajar, en sentido ascendente, por el interior de éste y, manteniendo el sifoneo de aire o gas, se les fuerza a subir para salir, finalmente y, a muy alta velocidad, pasando por el cabezal hidráulico giratorio "Swivell" siendo expulsados hacia la manguera de descarga. En este procedimiento de circulación, el espacio anular entre pozo y sarta de perforación, se mantiene prácticamente lleno de líquido. El agua que puede producir una formación acuífera así perforada, se utiliza para este propósito. Este sistema de perforación, con doble tubería, permite el sifoneo con circulación inversa para varios objetivos como son: la propia perforación, que es más eficiente y rápida pues no se remuelen los cortes de la perforación; también es muy útil para operaciones de pesca, extracción de agua para pruebas de producción y salinidad; y para su empleo en la propia perforación; extracción de recortes de la barrena; extracción de arenas; lodos, azolves y desarrollo del pozo, para lograr el mayor incremento posible en su rendimiento productor.

3) CIRCULACION DIRECTA O CONVENCIONAL: con la doble tubería el fluido de perforación circula penetrando y descendiendo hacia el pozo, bien sea por el espacio anular entre dicha doble tubería o bien a través de ésta y también por el tubo interior,

encauzándose hacia la superficie inferior de corte de la barra, para retornar a la superficie con velocidad moderada, fluyendo por el espacio anular entre la tubería de perforación y la pared del pozo, en la misma forma que se establece la circulación directa de perforación de cualquier otro equipo rotatorio que opera con tubería simple, convencional, de perforación.

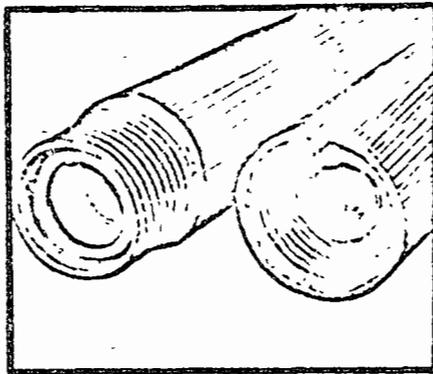
ADITAMENTOS.

CONEXION DIFUSORA DE AIRE: (Fig. 2) Con este sistema de perforación y circulación con tubería doble puede emplearse un aditamento conectable a la tubería de perforación, a profundidad conveniente, cuya utilización permite la aplicación de sifoneo con aire, muy útil en distintas aplicaciones ventajosas de la circulación inversa. Este aditamento difunde el aire comprimido que proviene de la compresora de la máquina, inyectado por el espacio anular de la sarta de la doble tubería pasando al tubo interior de éste a través de decenas de pequeños orificios. Esta conexión difusora está provista de una válvula (check) anular que impide la oclusión o taponamiento del espacio anular entre la doble tubería con los recortes o detritus contenidos en el tubo interior, cuando se desconectan tramos de la sarta de la tubería perforadora en la mesa de operaciones de la máquina. Esta operación ocasiona un desequilibrio temporal que sujeta a mayor presión a los fluidos contenidos en el tubo interior, misma que

excede a la que actúa dentro del espacio anular entre la doble tubería.

EMPAQUE ELASTICO NO ROTATORIO: (Figs. 3 y 4). Utilizable, sustituyendo a la caja inductora portabarrena, para confinar y controlar, con mayor eficiencia, el flujo de la circulación en la perforación dentro de la doble tubería. Ambos ensamblajes, mostrados en las Figuras 3 y 4, pueden emplearse con cualquier tipo de fluido de perforación gaseosa, líquido o mezclas de éstos. La Fig. 5 ilustra un empaque similar para su empleo en perforación convencional, con barrena de martillo neumático.

En el próximo Boletín Informativo se hará un resumen de las ventajas que presenta la perforación rotatoria con doble tubería en comparación con los otros métodos convencionales de perforación.



TUBERIA DOBLE DE PERFORACION

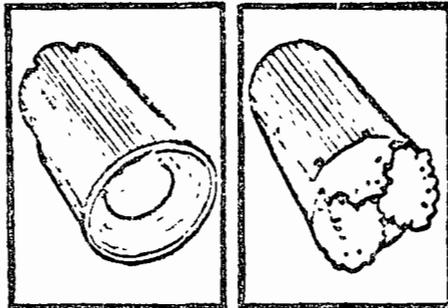


FIG. 1

CAJA INDUCTORA O PORTA
BARRENAS CILINDRICA

COMPRESSED AIR
(AIRE DE COMPRESORA
DE LA MAQUINA)

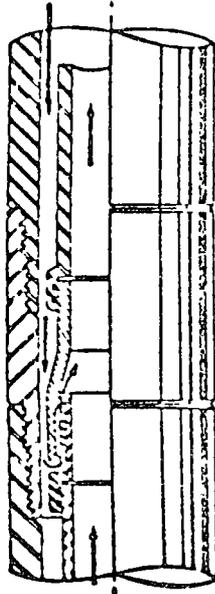


FIGURA 2

CON-COR AIR DIFFUSER STAGING SUB WITH ANNULAR CHECK VALVE
(CONEXION DIFUSORA CON-COR ADAPTABLE A PROFUNDIDAD COVEN-
CIONAL A LA TUBERIA DOBLE DE PERFORACION CON VALVULA CHECK
ANULAR)

ANY LIQUID OR GASEOUS CIRCULATING FLUID
(TRAYECTORIA DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION LIQUIDOS O GASEOSOS)

REAMING SHELL
(CABEZA RIMADORA)

NONROTATING ELASTOMERIC PACKER IN
DRILLING POSITION
(CUERPO DE RONDANAS ELASTICAS CAMBIABLES
DE HULE DEL ADITAMENTO EMPACADOR NO ROTATORIO
EN SU POSICION PARA PERFORAR.
ESTE CUERPO EMPACADOR SE CAMBIA PARA
PERFORAR A DISTINTOS DIAMETROS.

TO DRILL BIT
(A LA BARRENA)

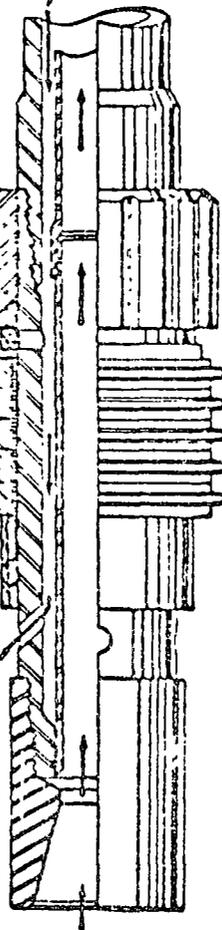


FIGURA 3

CON - COR NON - ROTATING ELASTOMERIC PACKER WITH FLUID REVERSING
CONTROL AND REAMUP SHELL FEATURES

(EMPAQUE ELASTICO NO ROTATORIO CONTROLABLE PARA CIRCULACION
INVERSA CON SU ADITAMENTO DE RIMA EN SU PARTE SUPERIOR)

ANY LIQUID OR GASEOUS CIRCULATING FLUID
 (TRAYECTORIA DE LOS FLUIDOS DE PERFORACION
 LIQUIDOS O GASEOSOS)

REAMING SHELL
 (CABEZA RIMADORA)

NONROTATING ELASTOMERIC PACKER IN HOLE
 EXIT POSITION

(EMPAQUE NO ROTATORIO DE RONDANAS ELAS-
 TICAS EN SU POSICION CAMBIABLE PARA DAR
 SALIDA HACIA EL POZO DE LOS FLUIDOS DE
 PERFORACION.)

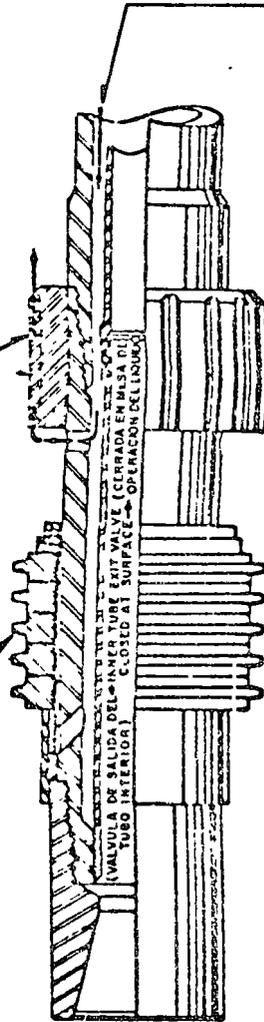


FIGURA 4

CON - COR NON - ROTATING ELASTOMERIC PACKER WITH FLUID REVERSING
 CONTROL AND REAMUP SHELL FEATURES

(EMPAQUE ELASTICO NO ROTATORIO CONTROLABLE PARA CIRCULACION
 INVERSA CON SU ADITAMENTO DE RIMA EN SU PARTE SUPERIOR.)

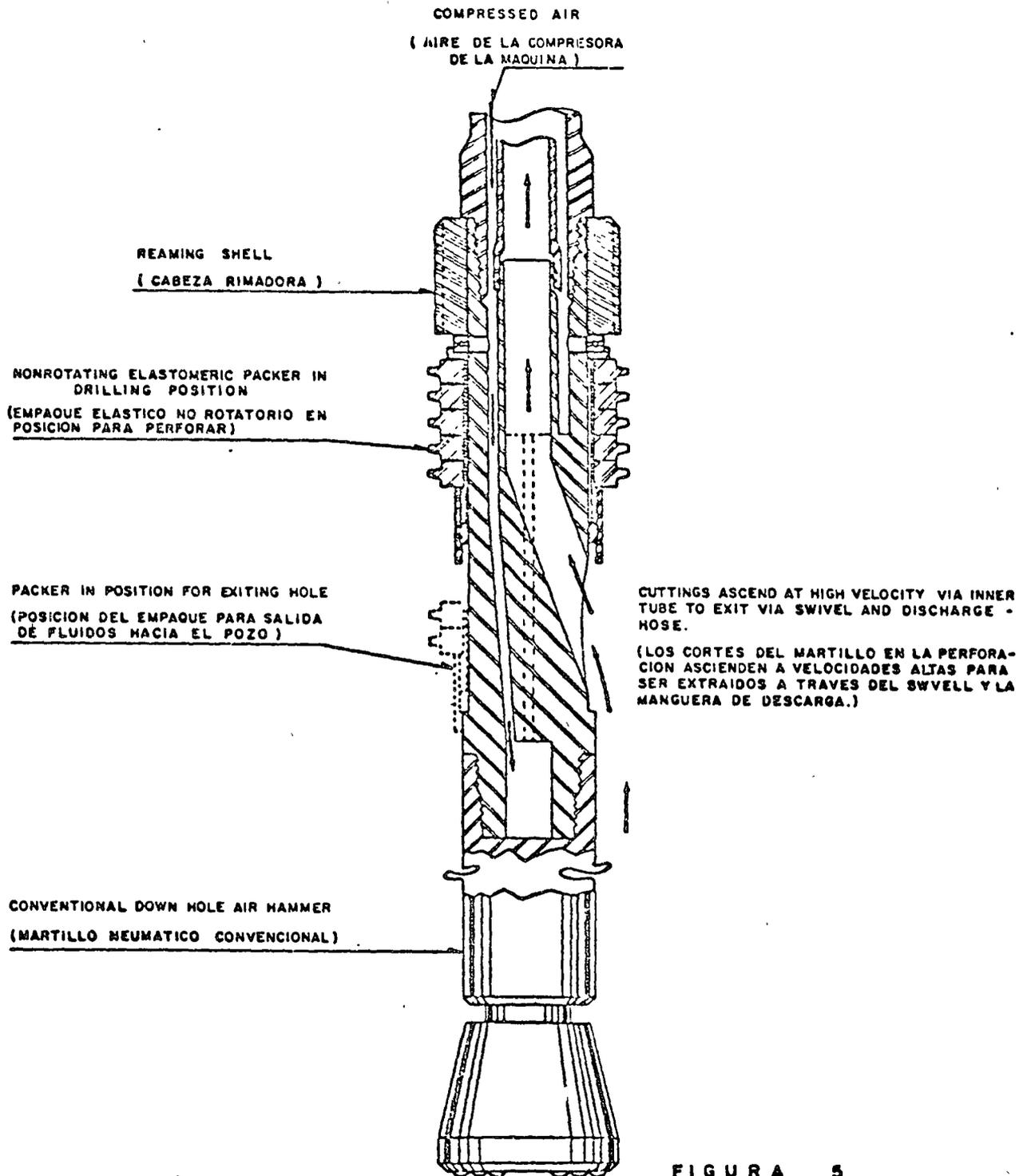


FIGURA 5

CON-COR PACKER CROSSOVER ASSEMBLY FOR USE WITH CONVENTIONAL AIR HAMMERS

(ADITAMENTO EMPACADOR PARA UTILIZARSE EN PERFORACION CON DOBLE TUBERIA EMPLEANDO MARTILLO NEUMATICO CONVENCIONAL)

VENTAJAS DEL USO DE TUBERÍA DOBLE DE PERFORACIÓN, TIPO CONCOR, CON RELACION A LA PERFORACIÓN ROTATORIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA.

En comparación con la rotación directa convencional con empleo de lodos, sobresalen las siguientes ventajas.

OPERACION CON AGUA O LODOS.

a).- Obtención de información continua de muestras inalteradas para su registro geológico: Considerando que todos los recortes y esquirlas producidos por el ataque de la barrena salen a la superficie a gran velocidad y directamente del fondo de la perforación, éstas no se mezclan con otros cortes contenidos en los lodos del pozo como es el caso en la circulación directa convencional. Consecuentemente, dichos recortes como muestras de la perforación, se logran, para su observación inmediata directa, en la secuencia exacta de su perforación. Estos recortes son esquirlas de gran tamaño pues no están sujetos a su remolido en la superficie de ataque de la barrena ni tampoco ocupan ningún espacio entre las paredes del pozo y la sarta de estabilizadores (drill collars) y tubería de perforación.

b).- Se reduce el costo de preparación de lodos: En la perforación con doble tubería, principalmente en roca, la mayoría de las veces se utiliza agua limpia como fluido de perforación, pues no se hace necesario el empleo de lodos. Si por otra parte, se tiene la necesidad de usar lodos por condiciones especiales, éstos pueden prepararse con gases y de baja viscosidad y resistencia, con características de mayor estabilidad, puesto que no se presentará una liberación significativa de coloides y abrasivos que contaminen al lodo, como los que provengan del

remolido de los cortes de perforación de la barrenadora y los que ocurren a lo largo de la sarta de perforación en los estabilizadores y uniones de dicha sarta.

c).- Facilidad de control en problemas de pérdidas de circulación: Esta ventaja se deriva de una mayor eficiencia en el enjarre de las paredes del pozo, pues se reducen sus pérdidas por filtrado y se mejora el control de los parámetros del lodo. Además, en la mayoría de situaciones con pérdidas de circulación, durante la perforación de pozos para agua, el perforador puede cambiar la circulación de fluidos de perforación, simplemente confinándolos dentro de la doble tubería, aislando así la zona problema de pérdida.

d).- Reduce el desgaste de los estabilizadores (drill collars) uniones de la sarta, y de los roles de escape de la barrenadora: Esta ventaja proviene de que toda la sarta de perforación queda dentro de agua o lodo, no mezclados por recortes abrasivos ó por el material remolido de ellos.

e).- Menor costo de las operaciones de perforación y aplicaciones: Como consecuencia de la alta y constante capacidad y alta velocidad de remoción y extracción de los cortes de perforación por la doble tubería, capacidad que es independiente del diámetro a que se perfora.

OPERACION CON AIRE.

a).- Reducción en la inversión y gastos de operación por concepto de compresor y unidades métricas: El volumen de aire requerido es mucho menor puesto que, en la doble tubería, un determinado peso de recortes de perforación, que son extraídos por el tubo interior, demandan en el sistema convencional,

un mucho mayor volumen de aire para extraer el mismo peso de recortes vía el amplio espacio anular entre pared de pozo y sarta de perforación. Esto permite, en los equipos de doble tubería, la instalación de compresores relativamente pequeños y motores de bajo caballaje y, alternativamente, perforar pozos de mayor diámetro y profundidad con una determinada capacidad de compresor.

b).- Control de altas entradas de agua a la perforación por aportaciones de formaciones acuíferas:- Este control se logra empleando el empaque elástico, las conexiones difusoras de aire y sus accesorios para contrarrestar las pérdidas de presión en el martillo neumático, dada la baja capacidad del compresor que se requiere para evacuar el agua del pozo.

c).- La sarta de perforación no está sujeta a desgaste externo:- La abrasión e impacto del chiflón de aire con recortes de perforación se confina dentro del tubo interior que es reemplazable y de bajo costo. Además el desgaste del tubo interior se reduce significativamente si se toma en cuenta que su geometría reduce los efectos de turbulencia, condición que no se consigue en la irregularidad de la geometría del espacio anular entre agujero y sarta de perforación.

SISTEMA DE PERFORACION PARA POZOS DE AGUA CON SIFONEO DE AIRE CON DOBLE TUBERIA

El sistema, con sarta doble de perforación, combina las herramientas y técnicas que utilizan la circulación inversa para vencer condiciones adversas de perforación. Ofrece ventajas en áreas donde se requiere un muestreo crítico del subsuelo. En zonas con pérdidas de circulación de los fluidos de perforación, economizan volúmenes de fluidos utilizados en la circulación, en operaciones de gran diámetro. La utilización común del sistema de perforación con tubería doble incluye:

- a) Perforación para pozos de agua con sifoneo de aire.
- b) Perforación de sondeos de pequeño diámetro para exploración minera.
- c) Perforación de tiros de gran diámetro.
- d) Empleo de aire en la perforación con máquinas rotatorias convencionales.

Se están desarrollando otras aplicaciones como son:

Explotación minera por medio de disolución. Perforaciones de gran diámetro para cimentaciones. Evitar el polvo de la perforación para pozos de explotación de canteras y para empleo de explosivos. Perforación marina y explotación minera marina.

Conversión de equipos de perforación.

La conversión consiste en adaptar barrenas y equipos de perforación al sistema de doble tubería; en ésta las barrenas pueden ser las convencionales de

roles, martillo neumático, y barrenas muestreadoras para extracción de núcleos.

Gran parte de los equipos de perforación rotatorios convencionales y los de sondeo para extracción de núcleos, con barrenas de diamante, se pueden convertir al sistema de perforación con doble tubería. Para ello hay que considerar la capacidad de los malacates de la máquina, adaptar una abertura de descarga uniforme y contar con suficiente peso sobre la barrena, como factores fundamentales, que tienen que evaluarse para una determinada aplicación de este tipo de perforación.

Una apropiada conversión de una perforadora, adaptándole un sistema de doble tubería bien diseñado ofrece un método de perforación relativamente económico para su aplicación en las condiciones geológicas más adversas.

SISTEMA DE PERFORACION CON SIFONEO DE AIRE.

El propósito de este sistema es perforar pozos de agua de mayores diámetros con volúmenes económicos de fluidos de circulación. Una sarta de tubería doble de 6 5/8" con un tubo interior de 3", en su diámetro interior, podrá perforar de una sola pasada un pozo de 26" de diámetro iniciado y perforado sin ampliaciones. El rendimiento en eficiencia de avance en diámetro de 26", ha sido registrado de 0.60 a 10 mt. por hora, y se han tenido promedios de 6 mt. por hora a una profundidad de 400 mt.

El sistema de sifoneo con aire utiliza doble tubería y funciona bajo el método de circulación inversa.

Los implementos esenciales para perforar con este sistema incluyen un swivel doble (cabezal hidráulico giratorio para doble tubería) tubería doble -

de perforación, "Kelly" o barretón giratorio doble, tubería de perforación doble y lastra-barrenas o estabilizadores (Drill Collars) acondicionados a la sarta de doble tubería; una unión difusora de aire que se conecta a la sarta en la cual el aire penetra por pequeños orificios hacia la tubería interior y una unión o sustituto múltiple sobre la barrena. Pueden utilizarse barrenas tricónicas standard. Para este sistema, es indispensable que el diámetro interior de la tubería doble sea muy uniforme en su geometría para mantener una descarga constante y para depender de un eficiente sistema de sifoneo con aire, con circulación inversa, la descarga del tubo interior debe ser aumentada en su diámetro en el desfogue de ésta.

Una apropiada selección de barrena y el peso adecuado sobre ella, determinarán los rendimientos máximos de penetración.

PERFORACION CON CIRCULACION INVERSA DE FLUIDOS.

Se caracteriza por un flujo inverso en los fluidos de perforación cuando se compara con el sistema directo de circulación utilizada en la perforación rotatoria convencional (véase figura).

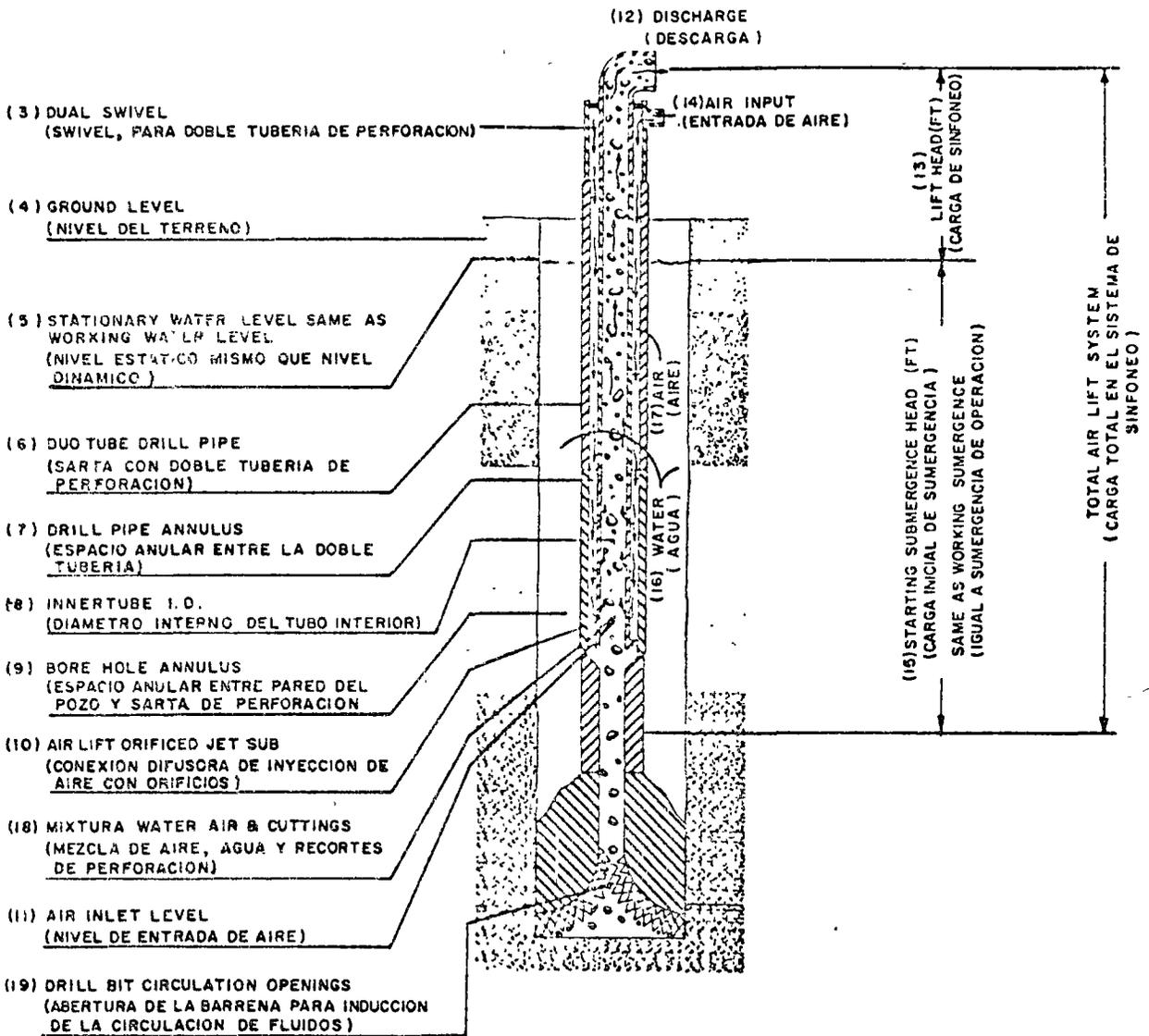
En la perforación con doble tubería los fluidos de perforación y los cortes de la barrena retornan en sentido ascendente por el interior del tubo interno el cual es de paredes muy lisas y uniformes (8). Este retorno del fluido por el tubo interior se induce por flujo de gravedad en movimiento descendente que actúa dentro del espacio anular entre pared de pozo y sarta de perforación. La presión hidrostática de la columna de agua en el pozo (16) ocasiona que ésta bajo la acción de esta carga, penetre por la cara inferior de la superficie de ataque de la

barrena arrastrando sus recortes. El fluido y los recortes de perforación penetran al tubo interior a través de las aberturas en la barrena para establecer dicha circulación (19). El nivel del agua que llena el pozo se mantiene cercano a la superficie del terreno (4) para impedir la socavación y caídos de su pared en la formación que se está perforando y para mantener el flujo de fluidos hacia la barrena. Los efectos de erosión, cavitación y caídos en la pared del pozo, son mínimos debido a que la velocidad del flujo, que pueda ocurrir en el espacio anular entre la sarta de perforación y paredes del pozo, es muy baja.

La carga de agua (16) en el exterior de la sarta de perforación soporta la pared del pozo.

LA PERFORACION CON SIFONEO DE AIRE.

Se concibe fácilmente cuando se considera que la sarta de perforación que se sumerge en el pozo se llena de agua, tanto en el tubo interior como en el espacio entre éste y el exterior, hasta el nivel estático (5) que tiene el agujero. Para iniciación de la perforación con este sistema de aire comprimido (17) se introduce la sarta de perforación a través del swivell doble (3) (cabezal hidráulico rotatorio). El aire pasa en sentido descendente a la sarta de perforación doble a través de su espacio anular entre ambos tubos (7) hasta que llega a la unión difusora ó inyectora de aire que está provista de orificios (10). El aire es inyectado hacia el interior del tubo interno a través de su comunicación por medio de esos orificios (11) de dicha unión difusora. El aire que tiene una densidad mucho menor que el agua y los recortes de perforación, se levanta en forma de burbujas a través del fluido de perforación, creando una mezcla de aire, agua y sólidos (recortes de



DuoTube™ SYSTEM FOR AIR LIFT WATER WELL DRILLING

Introduction to "Dual Tube"

Dual Tube™ Drilling Systems are tools and techniques that utilize reverse circulation to overcome adverse drilling conditions. It offers advantages in areas of critical sampling, lost circulation zones, economical circulation volumes and large diameter drilling. Some common uses of Dual Tube drilling systems include:

- (a) Air Lift Water Well Drilling
- (b) Slim Hole Mineral Exploration Drilling
- (c) Big Hole Shaft Drilling
- (d) Air Assist Conventional Drilling

Other applications being developed include: Solution mining, Large diameter drilling for foundations, Dust suppression for blast hole drilling, Offshore anchor hole drilling, and Ocean mining.

Converting Drilling Equipment consists of adapting rock bits and drilling rigs to a system. Standard rock bits, hammer bits and core bits have been utilized with Dual drill pipe.

Most conventional rotary drilling rigs and diamond core drills will convert to a DuoTube drilling system. Complete hoisting capability, uniform discharge opening and sufficient bit weight are primary factors to evaluate for a given application.

Drilco Industrial DuoTube™ with the all new resilient coupling, double compression seals and rubber stabilizer lugs provides rugged and reliable service to reverse circulation drilling.

A properly-converted drilling rig and well-designed DuoTube drilling system offers a relatively economical method of drilling adverse geological conditions.

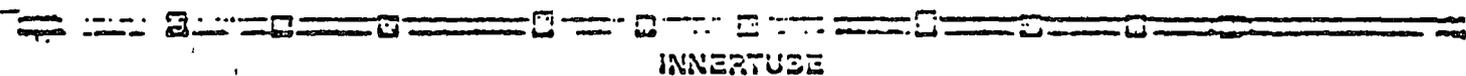
DuoTube™ DRILL PIPE COMPONENTS

DuoTube Drill Pipe™ is constructed of two concentric tubes, one within the other, consisting of an Outertube and an Innertube. The Outertube is made up in accordance with desired drill pipe specifications and applicable threaded tool-joint connections. The Innertube is made of tubing with a slip-fit pin to seal box connections. The Innertube is constructed in such a manner that both ends are fixed between shoulders within the Outertube.

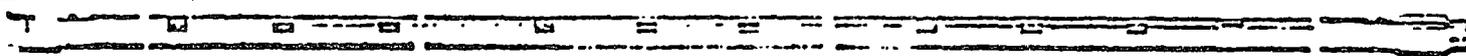
The *Rubber Stabilizer Lugs*, patented *Resilient Coupling* and *Double Compression Seals*, are the result of continued Drilco Industrial engineering design, and is an advancement in the art of connecting two concentric tubes. The above features have significantly improved Dual drill pipe.

Drilco Industrial's DuoTube is manufactured as upset or flush O.D. drill pipe. Upset drill pipe is most commonly used for *Air Lift Water Well Drilling*.

DuoTube™ UPSET DRILL PIPE



INNERTUBE



ASSEMBLED DRILL PIPE

DRILCO INDUSTRIAL DuoTube™

TOOL JOINT CONNECTION SIZE & TYPE	OD INS.	INNER TUBE ID INS.	OD INS.	WALL INS.	DRILL PIPE		APPROXIMATE WEIGHT PER LENGTH LBS.	
					UPSET	WT/FT	RANGE 1	RANGE 2
4½ IF	6½	2½	4½	.337	EUE	16.60	530	795
5½ IF	7½	3	5½	.361	X-LINE	20.00	760	1140
6½ IF	8½	4	6½	.352	X-LINE	24.00	892	1338
8½ DI-22	9½	4½	7½	.375	X-LINE	29.70	1140	1710
9½ DI-22	11½	5	8½	.400	X-LINE	36.00	1454	2161
9½ DI-22	12	6	9½	.435	X-LINE	43.50	1720	2580
13½ DI-24	18	8	13½	.514	—	72.00	2500	3750

perforación) 18. La mezcla resultante es muy ligera y menos pesada que la columna de fluidos contenida en el pozo (16). La tendencia natural del agua a equilibrar su propio nivel ocasiona que la columna más pesada contenida en el espacio anular entre pozo y sarta de perforación genere presión en sentido descendente induciendo su flujo a través de las aberturas de la barrena (19) pasando hacia el tubo interior y recolectando en su vuelta en sentido ascendente los cortes y esquirlas que provienen del ataque de la barrena. El fluido de perforación y los recortes de ella se descargan al exterior hacia la fosa de lodos o de abastecimiento de agua. La fosa o fosas deben contener un volumen adecuado y necesario para asentar y extraer de ellas el material sólido de los cortes de perforación.

Los requerimientos de la utilización del aire para su aplicación en el sifoneo, con doble tubería de perforación, son complejos. Intervienen para su cálculo los parámetros de diámetro interior del tubo interno, el dimensionamiento del pozo, el rendimiento óptimo en avances de perforación. Los rangos eficientes de velocidad de operación y los mejores parámetros obtenidos por sifoneo considerando carga a vencer y submergencia y finalmente un buen criterio. El control de la velocidad de flujo de la circulación es probablemente la determinación del factor más importante para diseñar un sistema eficiente de sifoneo con aire. Una velocidad relativamente constante es muy deseable y podría ser la más eficiente, pero esta condición no puede lograrse debido a que la velocidad de flujo en el tubo interior está sujeta a las variables muy cambiantes de la operación en la perforación en la cual el sifoneo puede diseñarse mejor, si se mantienen las velocidades de inyección de aire y descarga de los fluidos entre rangos razonablemente eficientes.

GLOSARIO Y DEFINICIONES: FIGURA ILUSTRATIVA.

1) DUO TUBETM. Es la marca industrial de la doble tubería DRILLCO (Empresa dedicada a suministrar implementos para la industria de la perforación).

2) "DUAL TUBE". Tubería doble de perforación, es el término adoptado por la industria para describir 2 o más tubos concéntricos uno dentro del otro utilizados como tubería de perforación.

SISTEMA DE PERFORACION POR MEDIO DE SIFONEO CON AIRE.

El sistema de perforación con sifoneo y con la utilización de tubería doble, aplica los mismos datos básicos convencionales del bombeo o sifoneo por medio de aire. En el análisis del sifoneo con aire, se utilizan ciertos términos comunes que se ilustran en la figura con las definiciones que en dicha figura se muestran.

4) GROUND LEVEL. Nivel del terreno. Es el punto de referencia para otros niveles que algunas veces se expresan como elevaciones.

5) STATIONARY WATER LEVEL. Nivel Estático (estacionario): Es la distancia desde la superficie del terreno hasta el espejo del agua en el pozo, cuando no hay movimiento en él y cuando el agua se mantiene en su posición estática.

DRAWN DOWN. Abatimiento: Es la distancia de los descensos de nivel del agua con relación al nivel estático. Este descenso es muy pequeño o de poca significación cuando se emplea el sistema de sifoneo con doble tubería.

WORKING WATER LEVEL: Nivel dinámico: es la distancia desde la superficie del terreno hasta el espejo del agua en el pozo, cuando se sifonea. En el sistema de sifoneo con doble tubería este nivel es generalmente el mismo que el nivel estático con un abatimiento pequeño en éste.

6) **DOU TUBE DRILL PIPE.** Tubería doble de perforación. Son dos tubos concéntricos uno dentro del otro identificables como tubo interno y tubo externo.

7) **DRILL PIPE ANNULUS.** Espacio anular entre la sarta de perforación. En el espacio anular entre tubo interno y externo de la doble tubería y constituye el pasaje para la inyección del aire hasta la conexión inyectora o difusora de éste.

8) **INNERTUBE I.D.** Diámetro interior del tubo interno. Es su diámetro interior el factor fijo que define la sección que determina el gasto de flujo en la circulación.

9) **BOREHOLE ANNULUS.** Area anular entre pared de pozo y sarta de perforación.

11) **AIR INLET LEVEL.** Nivel de inyección de aire. Es la distancia desde el nivel del terreno hasta la parte superior de la conexión inyectora de aire por medio de orificios. La colocación en la sarta de esta conexión inyectora puede variar desde pocos metros hasta decenas de metros en su ubicación en la sarta, arriba de la barrena.

12) **DISCHARGE LEVEL.** Nivel de descarga: El nivel de la parte superior del desfogue del tubo de descarga sobre el nivel del terreno el cual puede variar con los movimientos ascendentes y descendentes de la sarta de perfo-

ción con el Kelly.

13) TOTAL STARTING LIFT. Altura total de iniciación de sifoneo. Es la distancia desde el nivel estático hasta la parte superior del tubo de descarga.

TOTAL WORKING LIFT. Carga total en la operación de sifoneo: Es la distancia desde el nivel dinámico del agua del pozo hasta la parte superior de la tubería de descarga. Esta representada esencialmente por el concepto 13 me nos el movimiento descendente del Kelly (barretón rotatorio).

15) STARTING SUMERGENCE. Sumergencia de iniciación: - Es la distancia desde el nivel estático del agua en el pozo hasta la entrada de aire en la sarta de perforación. Constituye la carga hidrostática o de agua que debe vencerse por medio de aire comprimido para iniciar la aereación de la columna de descarga. La presión inicial se determina multiplicando la medida lineal correspondiente a la carga de sumergencia por .434. Cuando esta multiplicación se ha ce usando sistema de pies y libras su resultado es igual a libras sobre pulgada cuadrada o sea la presión necesaria para iniciar el flujo en el sistema.

WORKING SUBMURGENCE. Submurgencia de operación. Es la distancia desde el nivel dinámico de agua en el pozo hasta el nivel de la conexión inyectora de aire. Constituye la carga hidrostática que debe vencerse por medio de aire comprimido cuando el sistema de sifoneo está en operación. La presión de trabajo o de operación se determina multiplicando la medida lineal correspondiente a la carga hidrostática de trabajo por .434. Si la operación se hace por el sistema de pies y pulgadas el resultado equivale a una presión expresada en libras sobre -

pulgada cuadrada necesarias para mantener fluyendo el sistema.

PERCENTAGE OF SUBMERGENCE. Porcentaje de submergencia:

Se expresa, en general, en términos de porcentaje en relación a la longitud total de la sarta de perforación. Por ejemplo si la distancia entre nivel de descarga y la conexión de inyección de aire es de 100' y la distancia desde el nivel de descarga hasta el nivel del agua (carga de sifoneo) es 30', el porcentaje de submergencia está representado por $\frac{100 - 30}{100} \Rightarrow 70\%$.

BOMBEO CON AIRE.

(Air lift)

Profundidad de la salida del aire en el interior del pozo.

Depende de dos factores el primero de los cuales es evidentemente la profundidad del pozo y la del nivel de bombeo. Suponiendo que el pozo tenga suficiente profundidad se tratará siempre de obtener la su mergencia adecuada.

En la siguiente página además de un glosario de terminos empleados se dan las sumergencias óptimas y admitidas en forma general. En la figura 2 se han gráficado estos valores.

El poder o no lograr esta sumergencia dependerá también de la presión que sea capaz de levantar el compresor de que se disponga por ejemplo:

Supongamos que tratamos de bombear un pozo de las siguientes características.

Altura del brocal sobre el nivel del mar = 1550 m.s.n.m.

Profundidad del pozo = 150 m bajo brocal

Profundidad del nivel dinámico = 50 m bajo brocal.

Compresor de que disponemos = 160 p.c.m. con una presión de 100 lb/inch².

Tubería de aire de 2" , en la superficie se tienen además, 2 codos estandar de 90°, una válvula de compuerta, una de globo y 15 m de tubería.

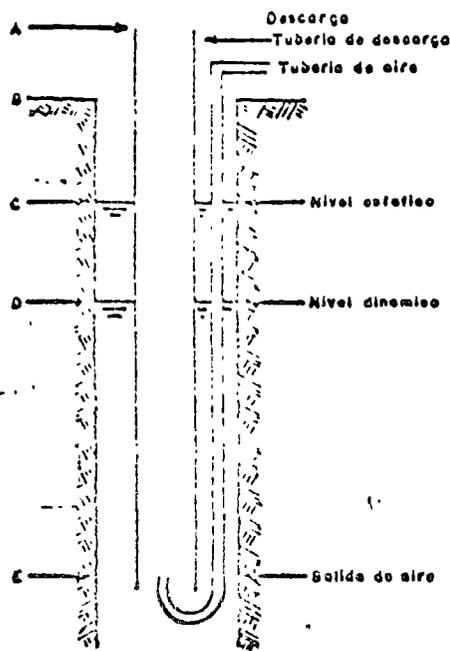
Veamos primero cual es la sumergencia óptima y mínima para un bombeo de 50 m. En la fig. # 2

Optima = 32 m

Mínima admisible 22 m

Trataremos de bombear con la sumergencia óptima o sea 32 m bajo -

Fig. 1



TERMINOS Y DEFINICIONES

Altura de la descarga sobre el brocal ó terreno A - B

Nivel estático.- Profundidad bajo el brocal ó terreno a que se encuentra el agua, sin bombeo. B - C

Nivel dinámico.- Profundidad bajo el brocal ó terreno a que se encuentra el agua después de estabilizarse al pozo en el bombeo. B - D.

Abatimiento.- Diferencia de profundidad, entre los niveles dinámicos y estático. C - D

Elevación.- Distancia vertical total, desde el nivel dinámico, hasta la descarga. A - D.

Sumergencia.- Distancia desde la salida del aire, hasta el nivel dinámico. E - D., normalmente se expresa como un porcentaje. DE / AE.

Tab 1

PORCENTAJE DE SUMERGENCIAS EN BOMBEO CON AIRE

ELEVACION H (M)	% SUMERGENCIA COMUNMENTE ADMITIDO	% SUMERGENCIA OPTIMA	TIPO DE COMPRESOR
5 - 25	55 - 70	65 - 70	NORMAL
25 - 30	45 - 70	65 - 70	
30 - 40	45 - 65	65	
40 - 45	40 - 65	60 - 65	
45 - 60	40 - 60	55 - 60	
60 - 75	40 - 60	55 - 60	ALTA PRESION
75 - 105	37 - 55	50 - 55	
105 - 120	37 - 50	45 - 50	
120 - 200	35 - 45	40 - 45	
200 - 215	35 - 40	40	

$$\% S = \frac{100 S}{L + S}$$

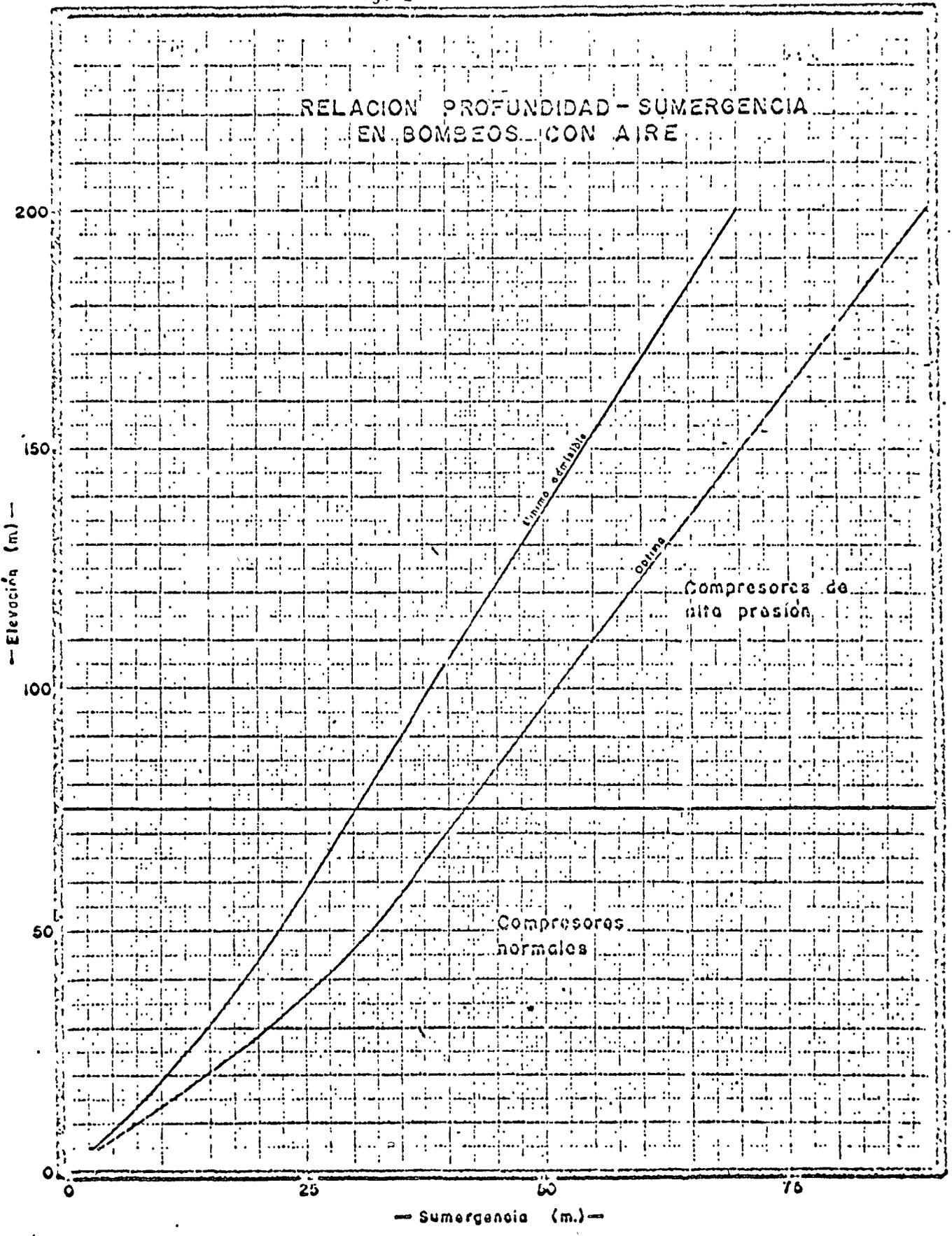
$$L + S$$

S = SUMERGENCIA (D E)

L = BOMBEO TOTAL (A E)

Fig. 2

RELACION PROFUNDIDAD - SUMERGENCIA EN BOMBEO CON AIRE



el nivel dinámico que se tenía a 50 m bajo brocal.

Longitud de tubería.

Hasta el nivel dinámico = 50 m

Sumergida = 32 m

En la superficie = 15 m

Longitud equivalente de piezas especiales (Tabla 2)

Codos estandar 90° 2x1.58 m = 3.16 m

Valvula compuerta = 0.68 m

Valvula globo = 17.98 m

Total. = 118.82 m

Veamos ahora cual es la presión que tenemos que vencer.

Recordaremos que 10 m de columna de agua ejercen una presión de 1 Kg/cm².

32 m de columna $\div 10$ = 3.20 Kg/cm²,

Por otra parte la altitud del nivel de bombeo es:

1550 m - 50 m = 1500 m.s.n.m.

En la tabla No. 3 vemos que a esa altitud la presión atmosférica es = 0.86 Kg/cm².

Presión en la línea 4.06 Kg/cm².

Calcularemos ahora las pérdidas de presión por conducción.

En la fig. No. 3 vemos que con una presión en la línea de 4 Kg/cm², tubería de 2" y un caudal de 150 p.c.m. semejante al de nuestro compresor que es de 160 p.c.m. la pérdida de presión es de 0.052 Kg/cm². por cada 100 m de tubo. Habíamos obtenido una longitud de 118.82 m; entonces

100m - 0.052 Kg/cm²

118m - X

X = 0.061 Kg/cm².

Entonces la presión total sera

BOMBEO CON AIRE: LONGITUD EQUIVALENTE, EN m, A TUBERIA RECTA DE CODOS, UNIONES T Y VALVULAS.

Tamaño nom.	Cedula No.	Diam. Inter.		Valv. globo.	Valv. ángulo.	Valv. compuerta.	val. check.	Tapon macho.	Codo 45°
Tubería.		pulg.	m.m.						
1	40	1.049	26.64	9.05	4.14	0.35	3.60	0.48	0.43
1 1/2	40	1.610	40.89	13.69	5.91	0.53	5.52	0.73	0.65
2	40	2.067	52.50	17.98	7.62	0.68	7.07	0.94	0.84
2 1/2	40	2.469	62.71	21.34	9.11	0.82	8.47	1.13	1.01
3	40	3.068	77.93	26.52	11.31	1.01	10.55	1.40	1.25

Tamaño nom.	Cedula No.	Diam. Inter.		Codo 90°	Codo 90°	"T" standar.	Codo cerrado.	Codo 90° soldadura		
Tubería.		pulg.	m.m.	standar.	radio largo.	 		radio corto	radio largo.	
1	40	1.049	26.64	0.80	0.53	0.53	1.58	1.33	0.43	0.34
1 1/2	40	1.610	40.89	1.23	0.82	0.82	2.47	2.04	0.64	0.49
2	40	2.067	52.50	1.58	1.05	1.05	3.14	2.62	0.85	0.64
2 1/2	40	2.469	62.71	1.89	1.26	1.26	3.78	3.14	1.06	0.76
3	40	3.068	77.93	2.35	1.55	1.55	4.69	3.90	1.25	0.94

TABLA 2

LECTURAS BAROMÉTRICAS, PRESIONES ATMOSFÉRICAS Y PUNTO DE EBULLICIÓN DEL AGUA A DIFERENTES ALTITUDES.

Altitud		Lectura Barométrica		Presión Atmosférica				Punto de Ebullición	
les	metros	In. Hg.	mm. Hg.	Atmósferas	Kg/cm ²	psf	Ft. agua	°c	°F
1,000	304.8	31.0	788	1.03	1.07	15.2	35.2	100.90	213.8
500	152.4	30.5	775	1.02	1.06	15.0	34.6	100.40	212.9
0	0	29.9	760	1.00	1.03	14.7	33.9	99.90	212.0
500	152.4	29.4	747	0.98	1.01	14.4	33.3	99.40	211.1
1,000	304.8	28.9	734	0.97	1.00	14.2	32.8	98.90	210.2
1,500	457.2	28.3	719	0.95	0.98	13.9	32.1	98.40	209.3
2,000	609.6	27.8	706	0.93	0.96	13.7	31.5	97.90	208.4
2,500	762.0	27.3	694	0.91	0.94	13.4	31.0	97.35	207.4
3,000	914.4	26.8	681	0.90	0.93	13.2	30.4	96.85	206.5
3,500	1,066.8	26.3	668	0.88	0.91	12.9	29.8	96.35	205.6
4,000	1,219.2	25.8	655	0.86	0.89	12.7	29.2	95.85	204.7
4,500	1,371.6	25.4	645	0.84	0.87	12.4	28.8	95.35	203.8
5,000	1,524.0	24.9	633	0.83	0.86	12.2	28.2	94.85	202.9
5,500	1,676.4	24.4	620	0.82	0.84	12.0	27.6	94.29	202.0
6,000	1,828.8	24.0	610	0.80	0.83	11.8	27.2	93.80	201.0
6,500	1,981.2	23.5	597	0.78	0.81	11.5	26.7	93.30	200.1
7,000	2,133.6	23.1	587	0.77	0.80	11.3	26.2	92.80	199.2
7,500	2,286.0	22.7	577	0.75	0.78	11.1	25.7	92.30	198.3
8,000	2,438.4	22.2	564	0.74	0.77	10.9	25.2	91.80	197.4
8,500	2,590.8	21.8	554	0.73	0.75	10.7	24.7	91.30	196.5
9,000	2,743.2	21.4	544	0.71	0.74	10.5	24.3	90.74	195.5
9,500	2,895.6	21.0	533	0.70	0.73	10.3	23.8	90.24	194.6
10,000	3,048.0	20.6	523	0.69	0.71	10.1	23.4	89.74	193.7
15,000	4,572.0	16.9	429	0.56	0.58	8.3	19.2	84.36	181.0

$$\begin{aligned} \text{Presión en la línea} &= 4.06 \text{ Kg/cm}^2 \\ \text{Perdidas presión} &= \underline{0.06 \text{ Kg/cm}^2} \\ \text{Total} &= 4.12 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tenemos un compresor de:

$100 \text{ lb/inch}^2 \times 0.0704 = 7.04 \text{ Kg/cm}^2$ que es ampliamente suficiente para satisfacer la sumergencia óptima de 32 m que requeríamos.

Veamos ahora que cantidad de agua podemos obtener:

Obtendremos primero el % de sumergencia:

$$\% S = \frac{100 S}{L + S}$$

S = sumergencia en m.

L = bombeo total en m.

$$\% S = \frac{100 \times 32}{50 + 32} = 39 \%$$

Supongamos que en nuestro dispositivo de bombeo, la línea de aire es interior; entonces en la fig. No. 5 vemos que para una profundidad de 82 m y una sumergencia de 40% (aproximada) requerimos un caudal de 27 p.c.m. para obtener 1 l/seg. Como nuestro compresor es de 160 p.c.m.

$$\frac{160}{27} = 5.9 \text{ l/seg}$$

Velocidad de salida en la descarga.

El tamaño de la tubería de descarga es probablemente la operación más importante en el diseño de un bombeo con aire.

La velocidad de la mezcla aire-agua en la descarga es sumamente importante.

Hay dos tipos de pérdidas principales en la tubería:

- 1.- La que se tiene en el desplazamiento de las burbujas de aire en el agua, pues se mueven algo más rápido que ella.
- 2.- La fricción normal de la mezcla con la o las tuberías.

Cuando la velocidad del flujo se incrementa, la fricción aumenta - - -

Fig. 4

Cantidad de aire requerido en cfm para bombear un
seg. a distintas profundidades y surgencias con
línea de aire exterior

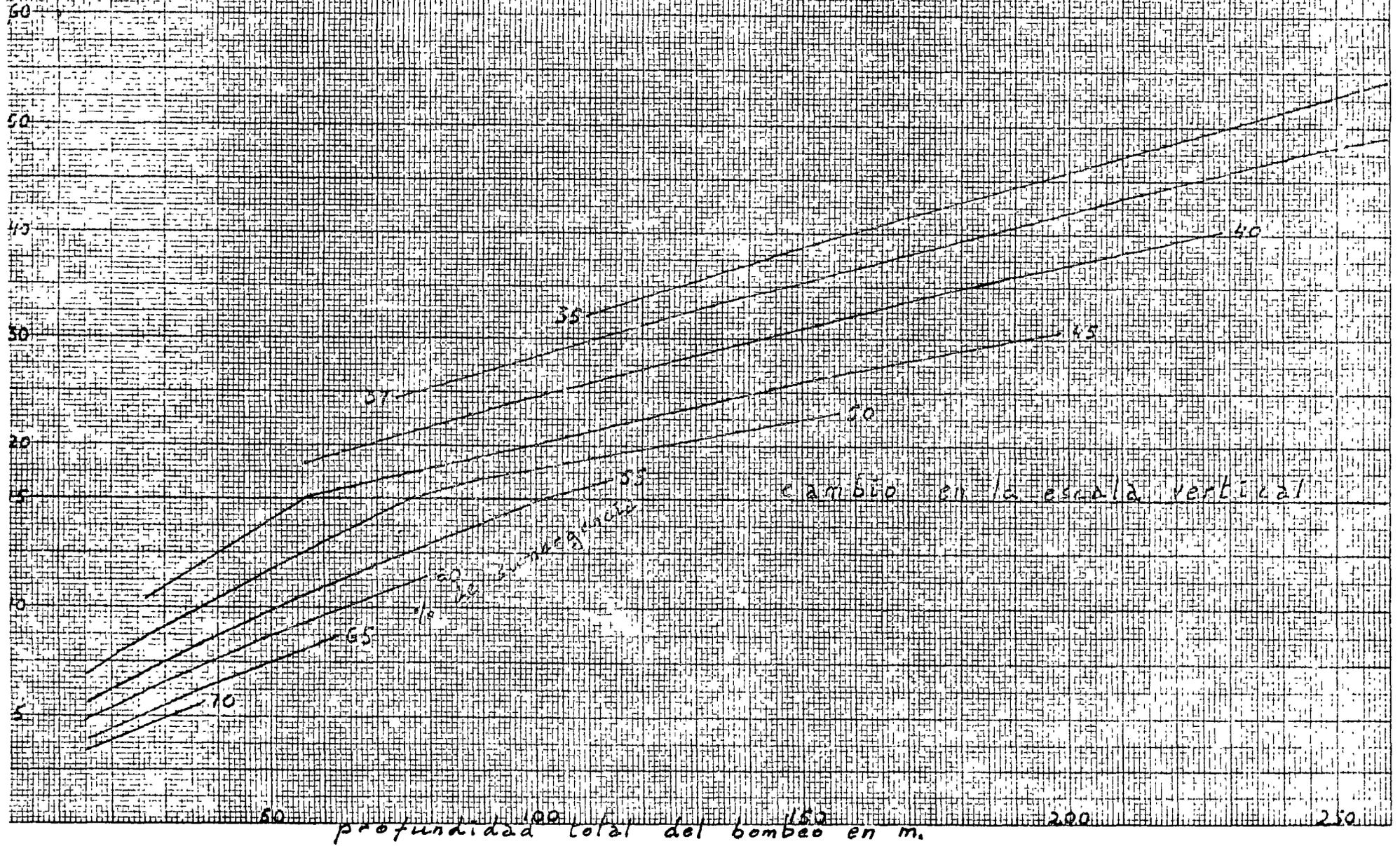


Fig. 5

Cantidad de aire requerido en cfm para bombear un
 1/2" a distintas profundidades y eficiencias con
 un 6" de aire central

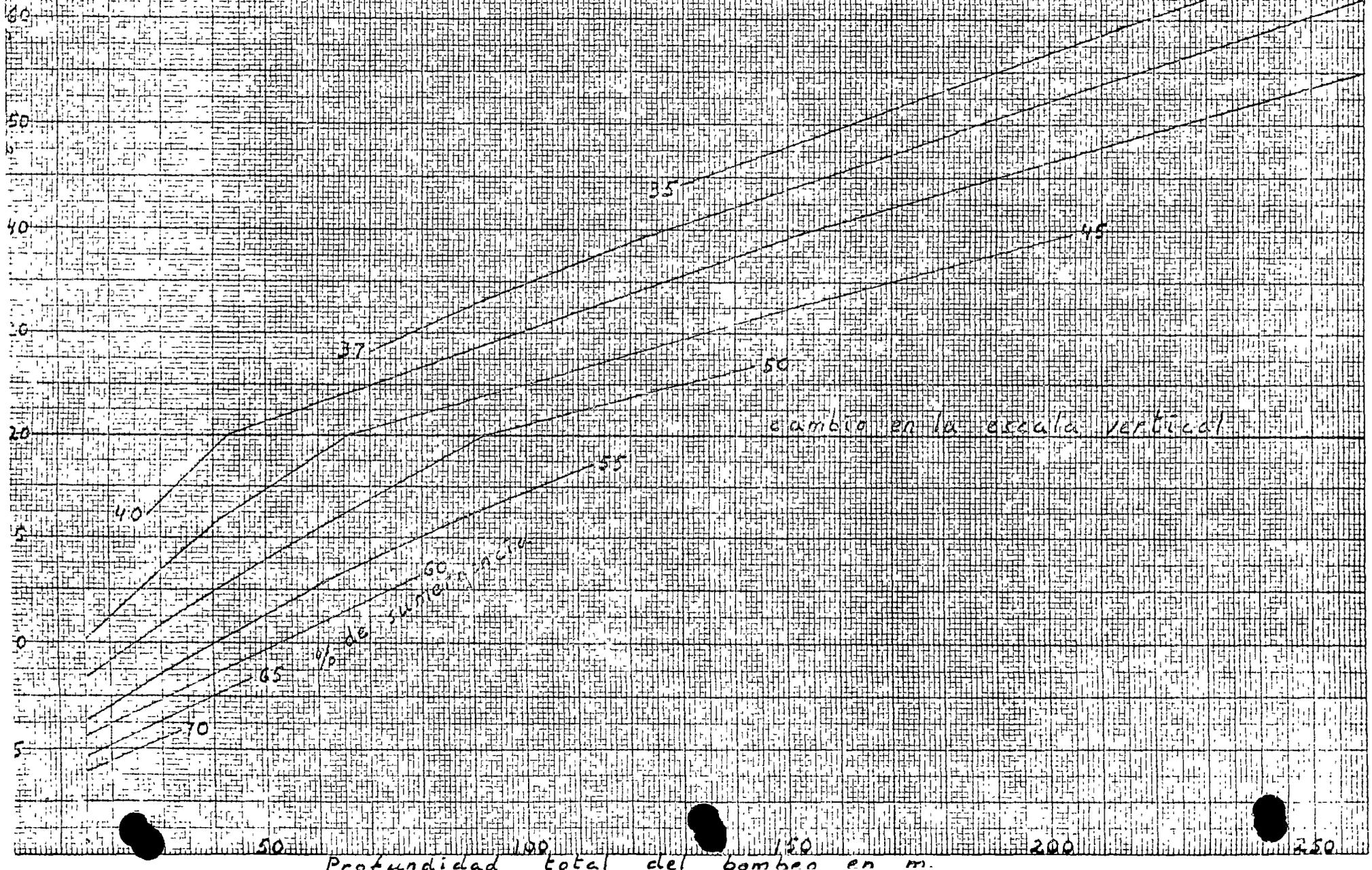
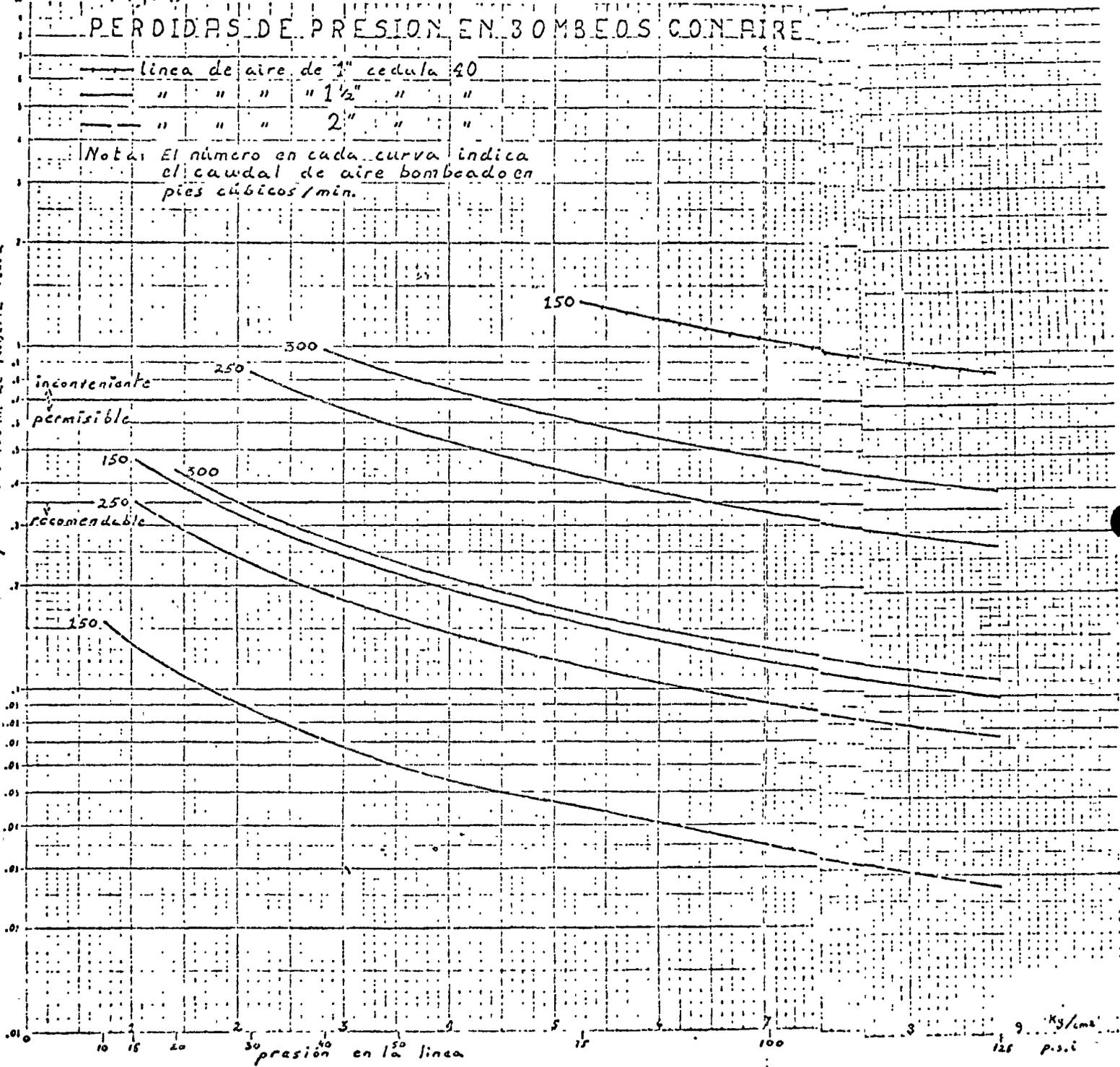


Fig. 3

PERDIDAS DE PRESION EN 30 MBOCOS CON AIRE

— línea de aire de 1" cedula 40
 — " " " " 1 1/2" " "
 — " " " " 2" " "

Nota: El número en cada curva indica el caudal de aire bombeado en pies cúbicos/min.



también viceversa. También hay pérdidas por fricción en la descarga del aire y el agua en ese punto necesita adquirir una aceleración para entrar al tubo.

Siempre es deseable mantener una velocidad constante en la tubería para una mayor eficiencia, pero en la práctica esto no es posible. Cuando el aire penetra en la columna de agua, se encuentra más presurizado y el volumen de las burbujas, es mínimo. Al ascender por la columna la presión hidrostática se reduce y las burbujas se expanden proporcionalmente a esta reducción. Al llegar a la descarga en la superficie teóricamente se ha alcanzado la presión atmosférica.

Así pues una velocidad constante es prácticamente inalcanzable y el sistema se considerará bien diseñado si se mantienen velocidades dentro de rangos razonablemente eficientes.

A continuación mostramos con un ejemplo el cálculo para una tubería de descarga bien diseñada. Las tablas que se anexan con solo una gufa no excluyen la verificación de velocidades en el trabajo.

Veamos en el ejemplo que venimos utilizando, que velocidades resultan:

Volumen de aire = 160 p.c.m.

Tubería de aire = $\phi = 2''$

Supongamos que nuestra tubería de agua es de $\phi = 4''$

Calculemos primero la velocidad de descarga del aire $\phi = 2'' : \frac{2}{12} =$

0.167 ft.

Area del tubo de aire

$$A = \frac{D^2}{4} = 0.785 \cdot D^2$$

$$A = 0.785 \times 0.167^2 = 0.0219 \text{ ft}^2$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{160 \text{ ft}^3/\text{min}}{0.0219 \text{ ft}^2} = 7306 \text{ ft}/\text{min}$$

Esta velocidad es muy alta, veamos con que caudal de aire obtenemos la velocidad adecuada.

En la fig. 6 obtenemos que para una sumergencia de 39% se recomienda una velocidad de 1860 ft/min.

$$Q = vA = 1860 \times 0.0219 = 40.73 \text{ p.c.m.}$$

Que es aproximadamente la cuarta parte de el caudal que proporciona nuestro compresor.

Veamos ahora la velocidad en la descarga:

$$\phi^2 = 4'' ; \frac{4}{12} = 0.333 \text{ ft.}$$

Area del tubo de

$$A^2 = 0.785 \times 0.333^2 = 0.872 \text{ ft}^2$$

Como en nuestro bombeo la línea de aire es interior, el area de descarga:

$$A_d = A_2 - A_1 = 0.872 - 0.0219 = 0.653 \text{ ft}^2$$

$$A = 0.653 \text{ ft}^2$$

Veamos el caudal:

$$Q \text{ aire} = 160 \text{ p.c.m.}$$

$$Q \text{ agua} = 5.9 \text{ l/seg (calculado anteriormente)}$$

$$5.9 \times 2.12 = 12.51 \text{ p.c.m.}$$

$$Q \text{ total} = 160 + 12.51 = 172.51 \text{ p.c.m.}$$

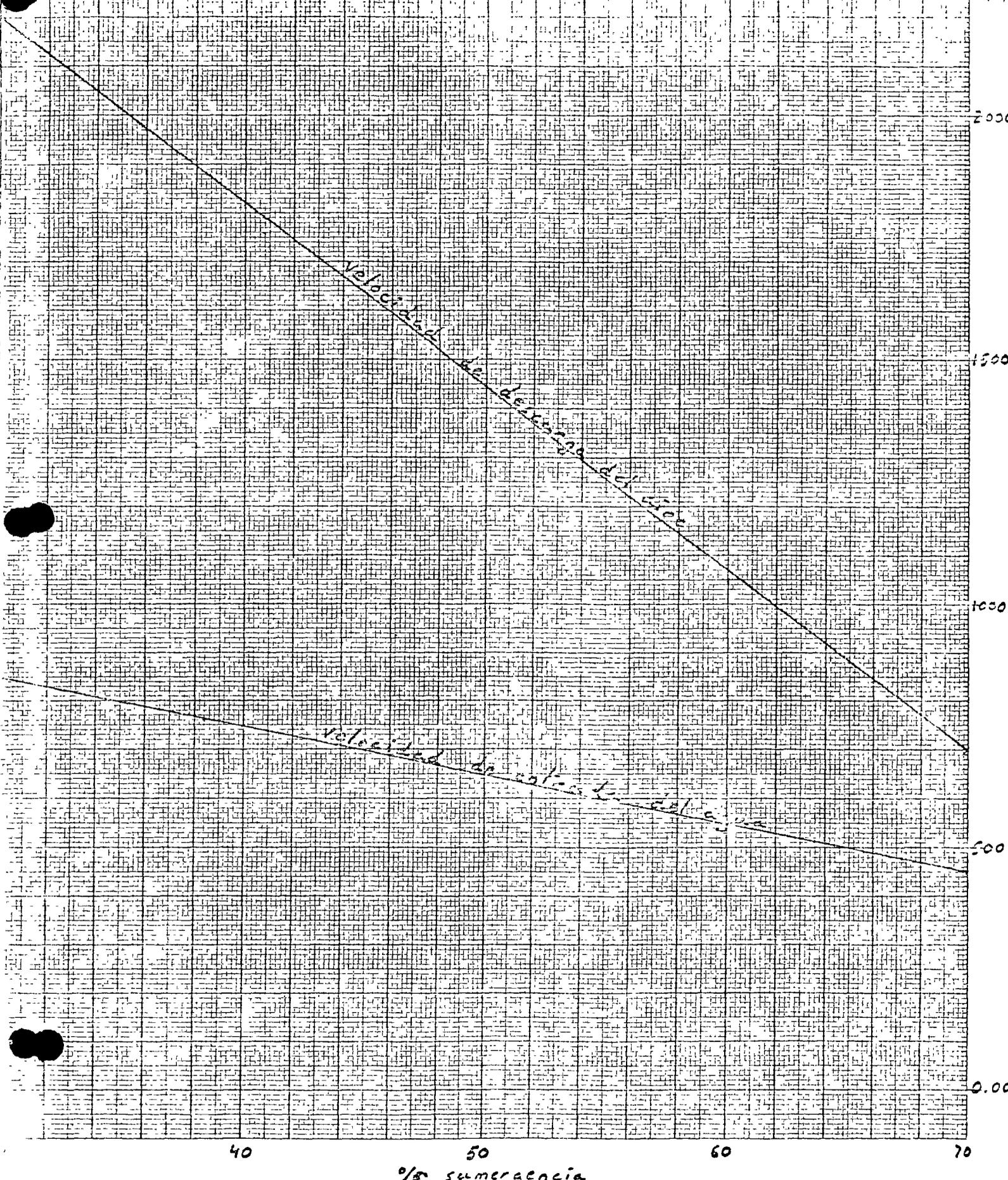
$$V = \frac{172.5}{0.0653} = 2642 \text{ ft/min.}$$

Velocidad que resulta también muy alta pues podemos ver en la fig - 6 que la adecuada con 39% de sumergencia es 760 ft/min.

En conclusión podemos decir que nuestro sistema esta desequilibrado por lo cual, si el bombeo fuera permanente, es necesario o bien reducir el caudal de aire y por tanto el de agua, o bien aumentar el diametro de tuberías.

Supongamos que queremos utilizar las tuberías y que no necesitamos ese caudal de 5.9 lt/seg.

Velocidades de entrada y salida recomendadas
en tubería recta de diámetro 100 mm



Podemos calcular cual seria el volúmen de aire mas adecuado a nuestra tubería de 2"

$$Q = vA = 1860 \times 0.0219 = 40.73 \text{ p.c.m.}$$

Lo que equivaldría a:

$$\frac{40.73}{27} = 1.51 \text{ l/seg} = 3.20 \text{ p.c.m.}$$

Entonces la velocidad de entrada del agua:

$$V = \frac{40.73 + 3.20}{0.0653} = 672.74 \text{ ft/min.}$$

que resulta adecuada.

Supongamos ahora el caso contrario o sea que queremos los 5.9 l/seg. - o sea que pretendemos utilizar los 160 p.c.m. de nuestro compresor.

Veamos que tuberías debemos usar.

En la descarga del aire

$$Q = 160 \text{ p.c.m.}$$

$$V = 1860 \text{ ft/min.}$$

$$A = \frac{160}{1860} = 0.086 \text{ ft}^2$$

$$A = 0.785 D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{0.086}{0.785}} = \sqrt{0.109} = 0.331 \text{ ft} = 3.97''$$

ó sea un tubo de 4"

Para la entrada del agua:

$$Q = 160 + 12.51 = 172.5 \text{ p.c.m.}$$

$$V = 760 \text{ ft/min.}$$

$$A = 0.785 (D_2^2 - D_1^2) \text{ dado que se sigue considerando línea de aire interior.}$$

$$0.227 = 0.785 (D_2^2) - 0.785 \times 0.331^2$$

$$D_2^2 = \frac{0.227 + 0.086}{0.785} = 0.399$$

$$D_2 = \sqrt{0.399} = 0.632 \text{ ft} = 7.60''$$

ó sea un tubo de 8"

Con objeto de simplificar se anexan las fig. 7 y 8 donde se gráficán - las relaciones entre caudales y diámetros de la tubería de descarga del - - -

aire para distintas sumergencias en los casos de línea exterior e interior.

En la fig 8 podemos ver que con una línea de 4" que obtuvimos en el cálculo anterior se pueden esperar aproximadamente unos 7 lt/seg. que se semeja bastante a los 6 lt/seg en que basamos el cálculo.

φ nominal de tubería de descarga en pulgadas

1
2
3
4
5

Tabla de escala

40%
50%
60%
70%

Nota - Las distintas curvas corresponden a los porcentajes de surgencia indicados

Gráfica de relaciones aproximadas entre el diámetro de la tubería de descarga y el caudal, con línea de aire exterior

FIG. NO. 7

Gráfica de relaciones aproximadas entre el diámetro de la tubería de descarga y el caudal, con línea de aire interior

Nota. - Las distintas curvas corresponden a los porcentajes de succión





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PERFORACION DE POZOS PARA AGUA.

TEMA: FLUJO DE AGUA EN MATERIALES
PERMEABLES.

PROF. ING. RUBEN CHAVEZ GUILLEN.

marzo de 1978.

FLUJO DE AGUA EN MATERIALES PERMEABLES

Por el Ing. Rubén Chávez G.

I.- LA PERMEABILIDAD.

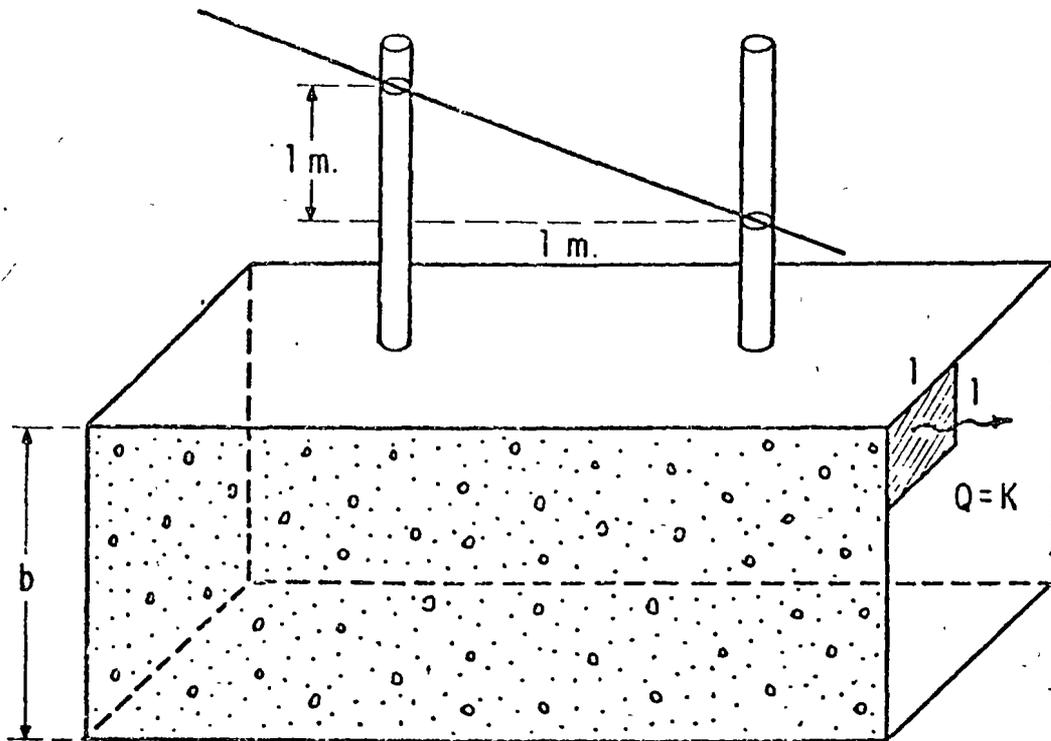
1.1.- INTRODUCCION.

La permeabilidad de un material es una de las características que mayor interés revisten para el ingeniero. Así, por ejemplo, en el campo de la Mecánica de Suelos la permeabilidad juega un papel muy importante en varios fenómenos, entre ellos el de la consolidación, y su conocimiento es indispensable para cuantificar el caudal de agua que circula a través del elemento permeable de una estructura o por debajo de ella. La característica en cuestión también interviene en forma preponderante en problemas agrológicos, tales como el diseño de sistemas de drenaje. En el campo de la Geohidrología la permeabilidad tiene importancia primordial: de ella depende fundamentalmente el rendimiento de las captaciones y la velocidad de circulación del agua subterránea; su conocimiento es esencial para cuantificar los caudales de flujo subterráneo y la velocidad de propagación de un contaminante en el subsuelo; así mismo, es uno de los datos básicos para simular el comportamiento de un acuífero. Y, probablemente, es en este campo donde su determinación plantea mayores dificultades.

1.2.- CONCEPTO DE PERMEABILIDAD.

Ley de Darcy.-

En 1856 Henri Darcy estudió experimentalmente el fenómeno del flujo a través de filtros de arena. Como resultado de sus observaciones estableció la ley que lleva su nombre, la cual constituye una de las bases de la Teoría del Flujo en Medios Porosos. De acuerdo con esta ley, la velocidad con que circula un fluido a través de un material poroso es directamente proporcional a la pérdida de carga hidráulica e inversamente proporcional a la longitud recorrida, esto es, directamente proporcional al gradiente hidráulico.



Matemáticamente, lo anterior puede expresarse:

$$v = K.i$$

siendo: v , la velocidad aparente de flujo; i , el gradiente - hidráulico, y K , el Coeficiente de Permeabilidad, también llamado Permeabilidad Efectiva y Conductividad Hidráulica.

De lo anterior resulta evidente que el coeficiente de permeabilidad tiene unidades de velocidad, ya que el gradiente es adimensional. Dicho coeficiente puede expresarse en diversas unidades consistentes; en el sistema métrico decimal generalmente se expresa en cm/seg. En la tabla siguiente se presentan los rangos de valores de la permeabilidad correspondientes a los materiales granulares más comunes.

Material	Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg).	
Arcilla	10^{-6}	- 10^{-9}
Arenas finas. Mezcla de arena, limo y arcilla	10^{-3}	- 10^{-7}
Arena gruesa. Mezclas de grava y arena.	10^{-3}	- 1
Grava	1	- 10^2

Puesto que

$$Q = A \cdot v$$

se tiene

$$Q = A \cdot K \cdot i$$

de donde se desprende la siguiente definición de la característica de que se trata: la permeabilidad de un material poroso es la cantidad de fluido que pasa a través de una sección de área unitaria, transversal al flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario.

Factores que Influyen en el Valor de la Permeabilidad.-

El valor del coeficiente K depende tanto de las características del medio como de algunas características del fluido. Se ha demostrado que para considerar separadamente la influencia de ambos factores, dicho coeficiente puede expresarse:

$$K = k_i \cdot \frac{\gamma}{\mu}$$

siendo: k_i , la permeabilidad intrínseca o específica dependiente exclusivamente de las características del material; γ y μ , el peso específico y la viscosidad dinámica del fluido, respectivamente.

A su vez, k_i puede expresarse en función de una longitud característica, llamada "Radio Hidráulico" del medio.

$$k_i = cd^2$$

en que: d es el diámetro efectivo, y C, el llamado Factor de Forma, que toma en cuenta: forma y acomodo de los granos, estructura y estratificación, grado de compactación o cementación, presencia de agujeros o fisuras, etc.

Rango de Validez de la Ley de Darcy.-

Por analogía con el flujo en tuberías se define un "Número de Reynolds", Nr , para el medio poroso, como sigue:

$$Nr = v \cdot d / \nu$$

en que: v es la velocidad aparente de flujo, dada por la Ley de Darcy; d , una longitud característica (diámetro medio o diámetro efectivo de los granos), y ν , la viscosidad cinemática del fluido.

Tal número es un indicador del régimen de flujo. Mediante experimentos de laboratorio diversos investigadores han demostrado que cuando Nr toma valores menores de 1, el régimen es laminar; para valores mayores de 10, es turbulento, y para valores entre 5 y 10 se presenta la transición entre ambos. Afortunadamente, en la gran mayoría de los casos el flujo a través de materiales granulares es laminar y, por tanto, la Ley de Darcy es aplicable.

1.3.- DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD.

Existen varios procedimientos para determinar la permeabilidad de un material. Algunos de ellos consisten en la utilización de aparatos específicamente diseñados para tal fin, como los permeámetros; otros, en cambio, permiten determinar el valor del coeficiente en cuestión mediante pruebas que persiguen otro objetivo, tales como la prueba de consolidación y la prueba horizontal de capilaridad.

Todos estos procedimientos fueron desarrollados en el campo de la Mecánica de Suelos y proporcionan valores muy precisos de la permeabilidad. En la mayoría de los problemas tratados por esta Disciplina, el medio puede suponerse, para efectos prácticos, homogéneo con respecto a sus características hidráulicas, puesto que éstas muchas veces son controladas artificialmente; por consiguiente, el valor de la permeabilidad obtenido a partir del análisis de una o varias muestras puede considerarse representativo de todo el medio.

Sin embargo, en el campo de la Geohidrología las condiciones son totalmente diferentes: en el subsuelo -

todas las formaciones geológicas presentan una mayor o menor heterogeneidad, por lo que un valor prácticamente puntual de la permeabilidad, por preciso que sea, obtenido mediante los métodos antes señalados, resulta de muy poca utilidad; y esto independientemente de la gran dificultad que existe para reproducir en el laboratorio las condiciones que el material tenía in situ. Por esta razón, dentro de esta Especialidad se han desarrollado pruebas de campo tendientes a determinar más bien un valor medio de la permeabilidad correspondiente a un cierto volumen de material. Tal es el objetivo de las llamadas "Pruebas de Bombeo".

II.- PRUEBAS DE BOMBEO.

2.1.- GENERALIDADES.

El conocimiento de las características físicas e hidráulicas del sistema acuífero es básico para el estudio de los problemas señalados.

Generalmente, un buen corte geológico derivado de la clasificación de las muestras de los materiales atravesados durante la perforación, proporciona una idea del tipo de sistema de que se trata. De la correlación de la litología de los materiales con los rangos de permeabilidad correspondientes, puede deducirse la transmisibilidad del acuífero; lógicamente, el valor así obtenido es sólo aproximado, ya que durante la perforación y el muestreo se alteran las condiciones que tiene el material in situ, especialmente por lo que se refiere al acomodo y grado de compactación, factores que tienen gran influencia en la permeabilidad.

2.2.- OBJETIVOS DE LA PRUEBA.

Sin embargo, la transmisibilidad deducida en esta forma es prácticamente puntual, y la respuesta de los niveles al bombeo depende más bien de la transmisibilidad media de la porción de acuífero afectada por el mismo. Por otra parte, dicha respuesta no sólo es función de la transmisibilidad, sino también de otras propiedades hidráulicas y de las condiciones de frontera particulares del sistema de que se trata. Es necesario, pues, efectuar una prueba que dé una idea del tipo de sistema, y proporcione valores de las características hidráulicas del acuífero en el área de influencia del bombeo. Tales son los objetivos de la llamada "prueba de bombeo".

La prueba consiste en observar los efectos provocados en la superficie freática o piezométrica de un acuífero por la extracción de un caudal conocido. Los efectos (abatimientos) son registrados en el pozo de bombeo y en pozos próximos a él.

2.3.- SELECCION DEL SITIO DE PRUEBA.

En ocasiones, el sitio de la prueba está obligado; por ejemplo, cuando se trata de un problema de carácter local o interesa conocer las características hidráulicas del acuífero en un sitio específico.

En estudios geohidrológicos de carácter regional, generalmente hay cierta flexibilidad para elegir el sitio de prueba. Habiendo disponibilidad presupuestal para construir pozos con este fin, la prueba puede llevarse a cabo en el sitio que más convenga; aunque lo más frecuente es que tengan que utilizarse pozos ya existentes. Si en el área de interés hay varios pozos utilizables para el propósito de que se trata, en la elección del más adecuado deben considerarse los aspectos siguientes:

- que el equipo de bombeo se encuentre en condiciones apropiadas para sostener un caudal constante durante la prueba.
- que la profundidad al nivel del agua sea fácilmente medible.
- que el caudal de extracción pueda ser fácilmente aforado.
- que el agua bombeada no se infiltre hasta el acuífero en las proximidades del pozo.
- que las características constructivas y el corte geológico del pozo sean conocidos, y
- que los pozos próximos no operen durante la prueba.

Puesto que no es fácil que se cumplan simultáneamente todos estos requisitos, en cada caso deberá juzgarse con cierto criterio, si el incumplimiento de uno o varios de ellos obstaculiza significativamente o no, el buen desarrollo y la interpretación de la prueba.

2.4.- POZOS DE OBSERVACION.

Para la interpretación completa de una prueba, lo ideal es contar con uno o varios pozos de observación dispuestos a diferentes distancias del pozo de bombeo. Cuando esto es posible las características deducidas son más confiables y representativas de un área mayor. Por ello, es muy recomendable disponer al menos de un pozo de observación.

Ubicación de los Pozos de Observación.

De gran importancia es la adecuada ubicación de los pozos de observación con respecto al de bombeo. No hay una regla fija que indique la distancia a que deben situarse, ya que ésta depende de las condiciones locales particulares de cada caso. En términos generales, el emplazamiento de los pozos de observación a distancias entre 30 y 100 m del pozo de bombeo, es adecuado en la mayoría de los casos; aunque para una ubicación más cuidadosa deben contemplarse los aspectos siguientes: el tipo y la transmisibilidad del acuífero, el caudal de descarga, la ubicación y longitud del cedazo del pozo de bombeo.

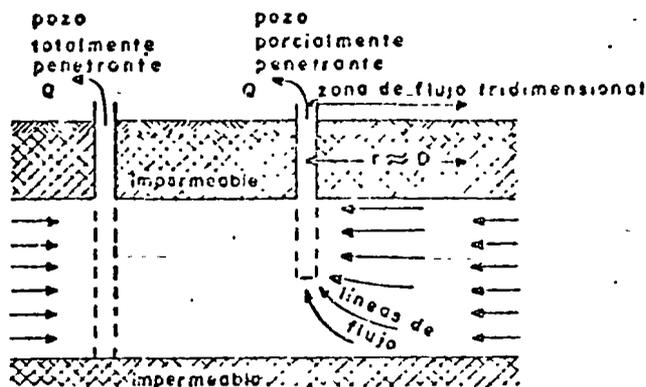
En acuíferos confinados la propagación de los efectos del bombeo es muy rápida y, por tanto, los abatimientos pueden ser medibles a distancias hasta de varios cientos de metros, incluso para tiempos cortos de bombeo. Por esta razón, en este tipo de acuíferos los pozos de observación pueden situarse bastante alejados del pozo de prueba. En cambio, en los acuíferos freáticos la propagación de los abatimientos es mucho más lenta; por consiguiente, los pozos de observación deben situarse más próximos al de bombeo, a fin de que los abatimientos sean medibles sin prolongar demasiado la prueba.

Mientras mayor es la transmisibilidad de un acuífero más extenso es el cono de abatimientos. Entonces, en un acuífero de alta transmisibilidad los pozos de observación pueden situarse más alejados del pozo de bombeo, que en un acuífero de transmisibilidad baja.

La magnitud de los abatimientos es directamente proporcional al caudal bombeado. Si éste es pequeño, los abatimientos provocados en pozos de observación relativamente alejados pueden no ser medibles, aun cuando la influencia del bombeo ya se haya extendido hasta ellos. Por tanto, mientras más bajo sea el caudal extraído, más próximos deben situarse los pozos de observación.

Cuando el cedazo del pozo de bombeo capta la mayor parte del espesor del acuífero, el flujo es predominantemente lateral. En este caso, los pozos de observación registran el mismo abatimiento independientemente de la posición y de la ubicación de su cedazo. Por el contrario, si el cedazo

del pozo bombeado capta sólo una parte del espesor del acuífero, la distribución vertical de los abatimientos no es uniforme, debido a que el flujo es tridimensional en las proximidades del pozo; como consecuencia, los abatimientos registrados en un pozo de observación dependen de la ubicación y longitud de su cedazo, y la interpretación de la prueba resulta bastante más complicada. Por esta razón, en tal caso es preferible emplazar los pozos de observación a distancias mayores de 1.5 veces el espesor del acuífero, para las cuales el flujo es prácticamente horizontal.



Profundidad de los Pozos de Observación.---

Tan importante como su ubicación con respecto al pozo de bombeo, es la adecuada profundidad de los pozos de observación. Naturalmente, debe cuidarse que estos capten el mismo acuífero que está siendo bombeado. Cuando el pozo de bombeo capta la mayor parte del espesor del acuífero, y éste es más o menos homogéneo, no es necesario que los pozos de observación penetren totalmente al acuífero, siendo suficiente un cedazo de longitud reducida, de preferencia ubicado a la profundidad en que se encuentra la parte media del cedazo del pozo de bombeo.

Sin embargo, si el acuífero tiene intercalaciones de materiales arcillosos, es conveniente que el cedazo de los pozos de observación sea de mayor longitud o, todavía mejor, que se construyan pozos de observación que capten cada estrato permeable, con el propósito de definir la intercon-

ción entre ellos. Así mismo, cuando se trata de acuíferos se miconfinados, es conveniente instalar también pozos de obser-
vación en el estrato semiconfinante, con el objeto de regis-
trar los abatimientos provocados en él, lo que permite un co-
nocimiento más preciso de su permeabilidad vertical.

Limitaciones.-

Obviamente, el empleo de pozos de observación -
enfrenta una gran dificultad: su construcción en la mayoría
de los casos no es viable por limitaciones económicas. Por -
otra parte, aun cuando dichas limitaciones no sean muy se- -
rias, es frecuente que no se aprecie lo suficiente la utili-
dad de una prueba confiable, y que la construcción de los po-
zos "testigo" se considere un gasto inútil.

Al respecto, cabe aclarar que el costo de tales
pozos no es muy significativo, ya que su diámetro puede ser -
muy reducido y, por lo general, no se requiere que penetren -
totalmente al acuífero; por el otro lado, el mejor conocimien-
to del tipo de sistema y de sus características hidráulicas,
que se logra cuando se dispone de ellos, es invaluable en el
estudio de diversos problemas de agua subterránea.

Cuando no se dispone de medios económicos para
construirlos, pero se tiene cierta libertad para elegir el em-
plazamiento del pozo de bombeo, éste puede ubicarse en las --
proximidades de pozos existentes para utilizarlos en la prue-
ba, siempre y cuando las características de ellos sean adecua-
das para tal fin. Lo más común, sin embargo, es que no se -
disponga de pozos de observación, y que la prueba se limite a
observar los abatimientos en el pozo de bombeo. Debido a que
en su interior y en su vecindad inmediata se presentan efectos
locales complejos, difíciles de tomar en cuenta en las solu-
ciones teóricas (concentraciones de flujo; influencia del fil-
tro de grava; pérdidas por entrada, fluctuaciones, cambios de
dirección; turbulencias. . .), la interpretación de las prue-
bas en este caso es aún muy dudosa y, por lo mismo, los resul-
tados de ella deben tomarse con ciertas reservas.

2.5.- DURACION DE LA PRUEBA.

La duración recomendable de una prueba de bombeo
depende de las características del sistema acuífero estudiado
y de la precisión con que se desca conocer sus característi-
cas hidráulicas; desde luego, en la práctica está sujeta a la

disponibilidad de los pozos (cuando se utilizan pozos particulares) y a limitaciones económicas. Una prueba de larga duración tiene varias ventajas: las características deducidas de su interpretación son representativas de una área mayor, ya que los efectos del bombeo se propagan a mayor distancia; en ocasiones, revela la presencia de fronteras laterales; en algunos casos, se alcanza la estabilización del cono de abatimiento, facilitando la interpretación de la prueba.

La duración recomendable varía entre varias horas y varios días, siendo conveniente prolongarla tanto como sea posible, sobre todo cuando se cuenta con pozos de observación; en caso contrario, no se justifica realizar pruebas largas y, en general, son suficientes unas cuantas horas de bombeo. En todo caso, el graficado, en el sitio de prueba, del comportamiento de los niveles del agua proporciona elementos de juicio para continuar o suspender la prueba, como se indica más adelante.

Para verificar los resultados deducidos mediante la llamada "etapa de bombeo" ó "etapa de abatimiento", se lleva a cabo la llamada "etapa de recuperación", que consiste en observar el comportamiento de los niveles al suspender el bombeo durante un cierto tiempo; la duración de esta etapa es, generalmente, semejante a la de la etapa anterior.

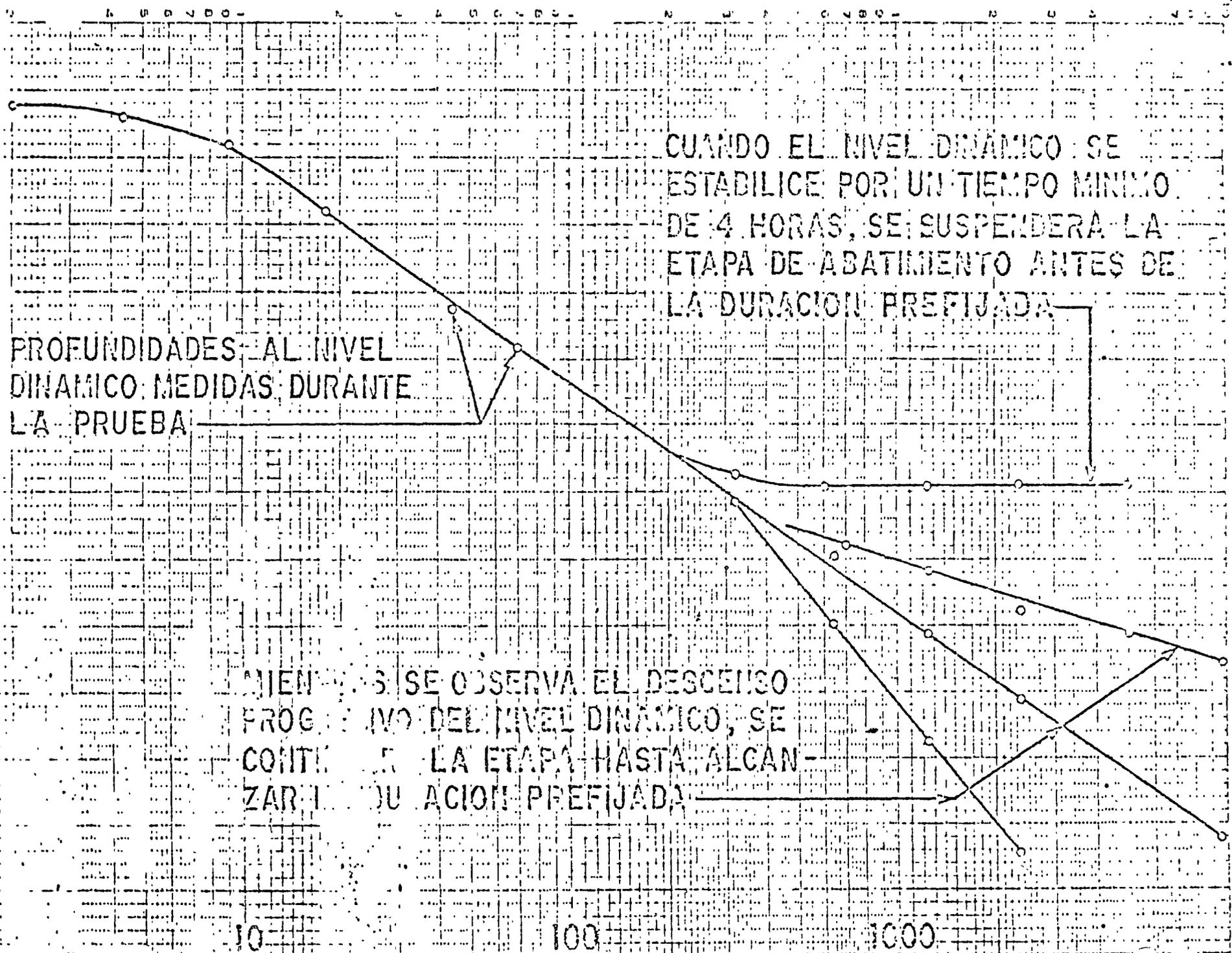
2.6.- EJECUCION DE LA PRUEBA.

Antes de iniciar la prueba, se revisará el equipo a utilizar (cronómetros, sondas, cintas métricas, escuadra para aforo, etc.), para verificar su correcto funcionamiento. El cable de las sondas deberá ser previamente calibrado. Cuando se cuente con varias sondas, se procurará, en lo posible, que todas las observaciones en un pozo se efectúen con la misma sonda.

Seguidamente, se llevarán a cabo las actividades siguientes:

a).- Inmediatamente antes de iniciar el bombeo, se medirá la profundidad al nivel estático en el pozo de bombeo y en el (o los) de observación. Se anotará la hora de iniciación de la prueba y las lecturas iniciales con el nombre de los pozos a que correspondan.

TIEMPO DE BOMBEO, EN MINUTOS



b).- Se iniciará el bombeo, procurando mantener un caudal constante, y se procederá a medir la profundidad al nivel del agua en el pozo de bombeo y en el (o los) de observación, con la secuela de tiempos que se indica a continuación:

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA INICIACION DEL BOMBEO
1	Inmediatamente antes de iniciar el bombeo.
2	15 Segundos
3	30 Segundos
4	1 Minuto
5	2 Minutos
6	4 Minutos
7	8 Minutos
8	15 Minutos
9	30 Minutos
10	1 Hora
11	2 Horas
12	4 Horas
13	8 Horas
14	16 Horas
15	24 Horas
16	32 Horas
17	40 Horas
18	48 Horas

c).- A intervalos de tiempo seleccionados, se harán las observaciones o lecturas necesarias para cuantificar el caudal de bombeo.

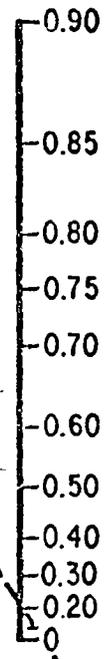
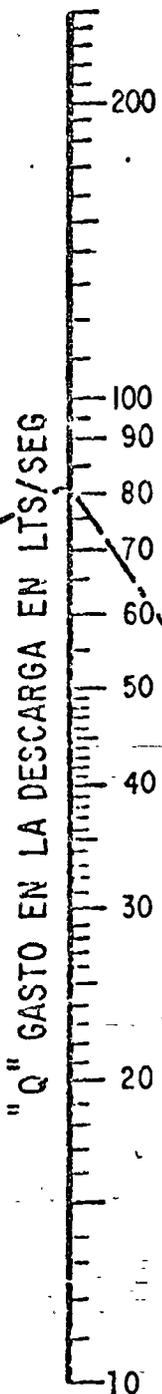
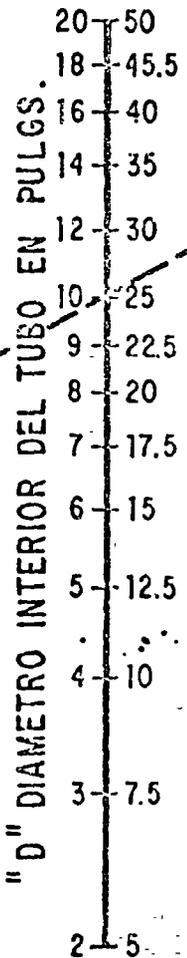
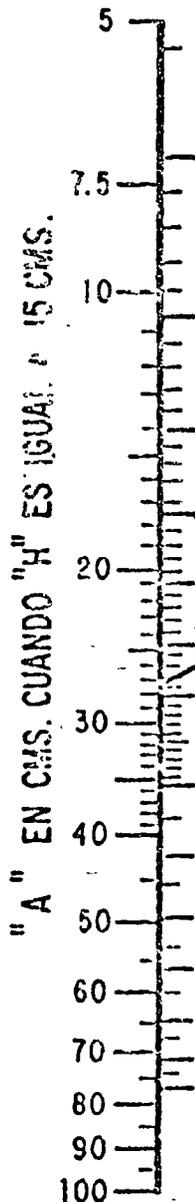
d).- Con las observaciones realizadas, se construirá, en el sitio de prueba, la gráfica de variación del nivel dinámico en el tiempo, para el pozo de bombeo y para cada uno de los pozos de observación. En la graficación podrá utilizarse papel con trazado aritmético o semilogarítmico (los tiempos se llevarán en la escala logarítmica). Estas gráficas son útiles para juzgar el correcto desarrollo de la prueba: permiten detectar errores de medición, variaciones sensibles de caudal y otras anomalías causadas por factores externos, y constituyen un elemento de juicio para continuar o suspender una prueba.

NOMOGRAMA PARA CALCULAR EL GASTO A TRAVÉS DE UN TUBO

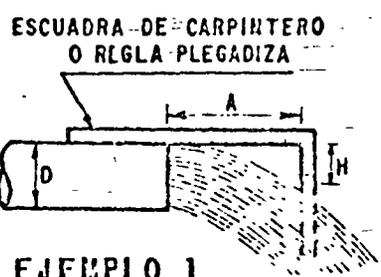
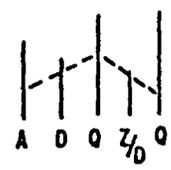
FORMULA RESUELTA

$$Q = 0.0174 \frac{A D^2}{\sqrt{H}}$$

D, H, A, EN CM.
Q EN LPS

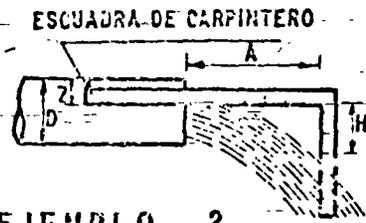


SOLUCION



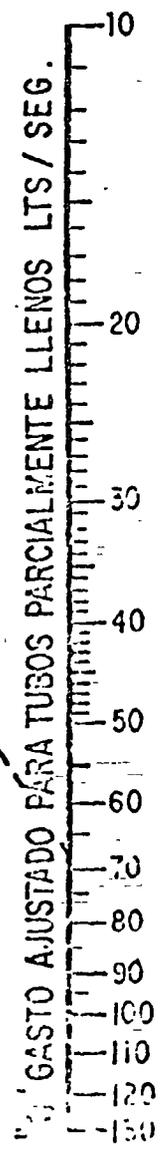
EJEMPLO 1
TUBO LLENO

-) EL DIAMETRO DEL TUBO 25 (10")
-) "A" = 27.5 cm.
-) "H" = 15 cm.
-) "Q" = 81 LTS./SEG.



EJEMPLO 2
TUBO PARCIALMENTE LLENO

-) EL DIAMETRO DEL TUBO 25 (10")
-) "A" = 27.5 cm.
-) "H" = 15 cm.
-) "Z" = 5 cm.
-) $Z/D = \frac{\text{FALTANTE}}{\text{DIAMETRO}} = \frac{5}{25} = \frac{1}{5} = 0.20$
-) Q = 81 LTS./SEG



VALORES DEL COEFICIENTE
DE
DESCARGA K' EN TUBERIAS

DIAMETRO DE ORIFICIO (")	DIAMETRO DE DESCARGA EN PULGADAS							
	3	4	5	6	7	8	10	12
2	0.639	0.453	0.552	0.553				
2 1/4	0.892	0.950	0.715	0.705	0.697			
2 1/2	1.243	0.973	0.901	0.851	0.870	0.859		
2 3/4		1.256	1.117	1.074	1.057	1.048		
3		1.852	1.355	1.298	1.276	1.253	1.231	
3 1/4		2.405	1.655	1.553	1.503	1.452	1.461	
3 1/2			2.014	1.845	1.767	1.735	1.706	
3 3/4			2.305	2.165	2.051	2.005	1.953	1.939
4			3.097	2.545	2.357	2.305	2.248	2.220
4 1/4				2.979	2.759	2.642	2.553	2.513
4 1/2				3.575	3.172	3.021	2.890	2.830
4 3/4				4.205	3.615	3.420	3.240	3.162
5				4.973	4.177	3.957	3.805	3.531
5 1/4					4.852	4.350	4.024	3.904
5 1/2					5.259	4.689	4.476	4.310
5 3/4					5.572	5.545	4.954	4.749
6						5.355	5.479	5.192
6 1/4						7.220	6.019	5.591
6 1/2						8.299	6.650	6.213
6 3/4							7.303	6.754
7							8.042	7.395
7 1/4							8.833	8.008
7 1/2							9.931	8.555
7 3/4							11.047	9.405
8							12.334	10.135
8 1/4							13.533	10.995
8 1/2								11.930
8 3/4								13.015
9								14.301
9 1/4								15.523
9 1/2								17.454
9 3/4								18.657
10								19.593

$$Q = K' \sqrt{h}$$

Q en lps

h en cm.

e).- La duración de la etapa de bombeo, fijada inicialmente como se indicó en (2.5) podrá modificarse con el criterio siguiente:

- Si el caudal de bombeo varía apreciablemente, en forma continua e incontrolable, se suspenderá la prueba.
- Cuando en la gráfica nivel dinámico-tiempo, - del pozo bombeado (en trazado semilogarítmico o artimético) se observe una estabilización del nivel dinámico por un tiempo mínimo de 4 hs, podrá suspenderse la etapa de bombeo antes de alcanzar la duración prefijada, (ver gráfica anexa).

f).- Una vez concluida la etapa de bombeo, se iniciará la de recuperación, en la que se efectuarán observaciones en los tiempos indicados a continuación:

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA SUSPENSION DEL BOMBEO
1	Inmediatamente antes de suspender el bombeo.
2	15 Segundos
3	30 Segundos
4	1 Minuto
5	2 Minutos
6	4 Minutos
7	8 Minutos
8	15 Minutos
9	30 Minutos
10	1 Hora
11	2 Horas
12	4 Horas
13	8 Horas
14	16 Horas
15	24 Horas
16	32 Horas
17	40 Horas
18	48 Horas

g).- Los tiempos indicados en los incisos b) y f) son una guía de la frecuencia con la que deben realizarse las observaciones. Si, por cualquier causa, no puede hacer-



se contacto con el nivel dinámico en el tiempo señalado, se hará la medición y se indicará el tiempo real a que corresponde.

2.7.- COMENTARIOS GENERALES.

De todo lo expuesto se desprende que una prueba de bombeo requiere una cuidadosa programación e implica un cierto gasto más o menos significativo. Desde luego, la duración del bombeo y el número de pozos de observación recomendables en cada caso particular, depende del tipo de problema de que se trate. En muchos casos no se justifica una prueba larga, ni la construcción de pozos "testigo"; por ejemplo, cuando se trata de problemas de carácter muy local. En cambio, cuando se trata de problemas más complejos o de carácter regional, como el cálculo de la disponibilidad de agua subterránea de una zona, o el diseño de un campo de pozos o de un sistema de drenaje agrícola, se justifica plenamente el gasto que implica la ejecución de una prueba completa, ya que un conocimiento insuficiente o equivocado de las características del sistema, se puede traducir en graves perjuicios económicos.

III.- ANALISIS DE LAS PRUEBAS.

La interpretación de las pruebas de bombeo en acuíferos granulares, se basa en soluciones teóricas deducidas resolviendo la ecuación diferencial de flujo, para las condiciones de frontera representativas de diversos sistemas. Dichas soluciones expresan matemáticamente el comportamiento de los niveles piezométricos en el área estudiada por el bombeo.

Al realizar una prueba, la gráfica de las observaciones sugiere el tipo de sistema de que se trata. Mediante consideraciones geológicas, hidrológicas y topográficas, basadas en la información complementaria disponible (cortes geológicos, registros eléctricos, geología superficial, presencia de canales o ríos, pendiente topográfica, etc.), se confirma, modifica o descarta la suposición hecha inicialmente. Una vez identificado el sistema, a partir de las ecuaciones correspondientes pueden deducirse las características hidráulicas buscadas.

Naturalmente, para que el problema sea atacable analíticamente, es necesario simplificar los sistemas constac

rados, introduciendo algunas hipótesis. Las más comunes son:

- el acuífero tiene extensión lateral infinita.
- el acuífero es homogéneo, isótropo y de espesor uniforme en el área afectada por el bombeo.
- la superficie piezométrica o la superficie freática, según el caso, es aproximadamente horizontal en el área de influencia del bombeo, antes de iniciarse la prueba.
- el caudal de descarga es constante.
- el pozo capta totalmente el espesor del acuífero.

Aparentemente, estas hipótesis limitan seriamente la aplicabilidad de las soluciones a casos reales; sin embargo, no deben considerarse en forma rigurosa sino con un enfoque práctico. Es claro que las condiciones naturales siempre diferirán en cierta medida de las condiciones teóricas; pero en muchos casos tales desviaciones no son significativas desde el punto de vista práctico.

Conviene aclarar, sobre todo, que las hipótesis señaladas deben cumplirse, exclusivamente, en el área afectada por el bombeo, la cual no es de extensión muy considerable. Este hecho hace a las hipótesis más "razonables". En efecto, las características hidráulicas y el espesor medio de un acuífero, generalmente no presentan variaciones importantes en el área comprendida por el cono de abatimientos; en condiciones naturales la superficie freática o la superficie piezométrica tienen gradientes muy pequeños, por lo que pueden suponerse prácticamente horizontales; en cuanto a la homogeneidad, la presencia de intercalaciones de materiales de litología y permeabilidad diferentes a las del acuífero, sólo afectan localmente la distribución de abatimientos, pero no influyen significativamente en el comportamiento de conjunto del acuífero.

Obviamente, cuando las condiciones reales se apartan notablemente de las establecidas en las hipótesis, las soluciones basadas en éstas dejan de ser aplicables, y es ne-

cesario utilizar otras soluciones cuyas hipótesis se ajusten razonablemente a la situación real.

3.1.- MECANISMO DEL FLUJO HACIA UN POZO.

'' Cuando un pozo es bombeado, la superficie freática (o piezométrica) del acuífero es abatida en sus alrededores. El abatimiento provocado es máximo en el pozo de bombeo y decrece conforme aumenta la distancia al pozo, hasta ser prácticamente nulo. Como el abatimiento a cierta distancia del pozo es el mismo en todas direcciones, el área de influencia del bombeo es un círculo (si el acuífero es relativamente homogéneo e isótropo) cuyo radio depende de las características hidráulicas y del tiempo de bombeo, entre otros factores.

Dado que la presión mínima se tiene en el pozo de bombeo, el agua fluye hacia él desde todas direcciones. Si el flujo es horizontal, conforme el agua se acerca al pozo, se mueve a través de superficies cilíndricas de área cada vez menor; como consecuencia, la velocidad del agua va incrementando conforme ésta se acerca al pozo. Puesto que la velocidad es proporcional al gradiente hidráulico, de acuerdo con la ley de Darcy, la pendiente de la superficie piezométrica incrementa gradualmente hacia el pozo, lo que da a dicha superficie una forma aproximadamente cónica. Por ello, a la depresión piezométrica provocada por el bombeo, se le acostumbra llamar "cono de depresión".

El agua bombeada por el pozo es tomada del almacenamiento del acuífero. Si no hay recarga vertical en el área afectada por el bombeo, la depresión piezométrica se va expandiendo afectando un área cada vez mayor. Al crecer el área afectada, los abatimientos necesarios para mantener la extracción del pozo son cada vez menores, alcanzándose un momento en el que la superficie piezométrica se estabiliza en las proximidades del pozo. En estas condiciones se dice que el flujo está establecido.

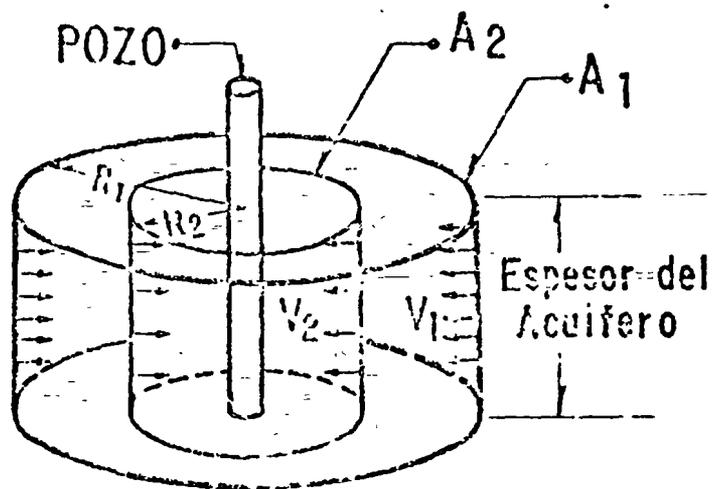
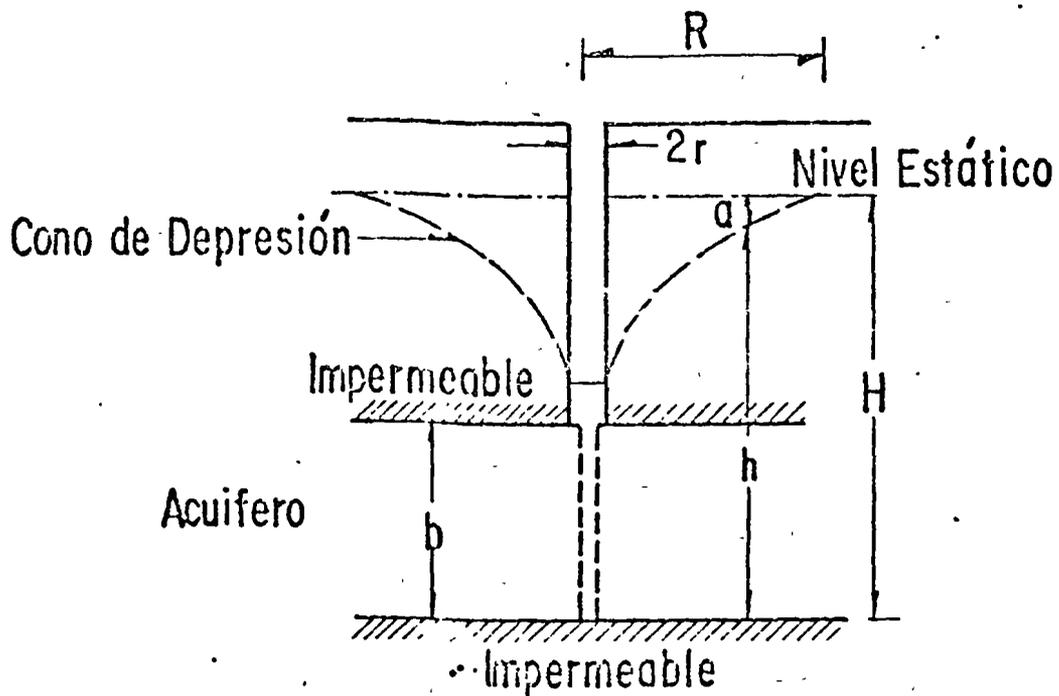
3.2.- POZOS EN ACUIFEROS CONFINADOS.

Pruebas en régimen de flujo establecido.-

Puede demostrarse que la solución de la ecuación diferencial

$$\frac{d^2h}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dh}{dr} = 0 \quad (1)$$

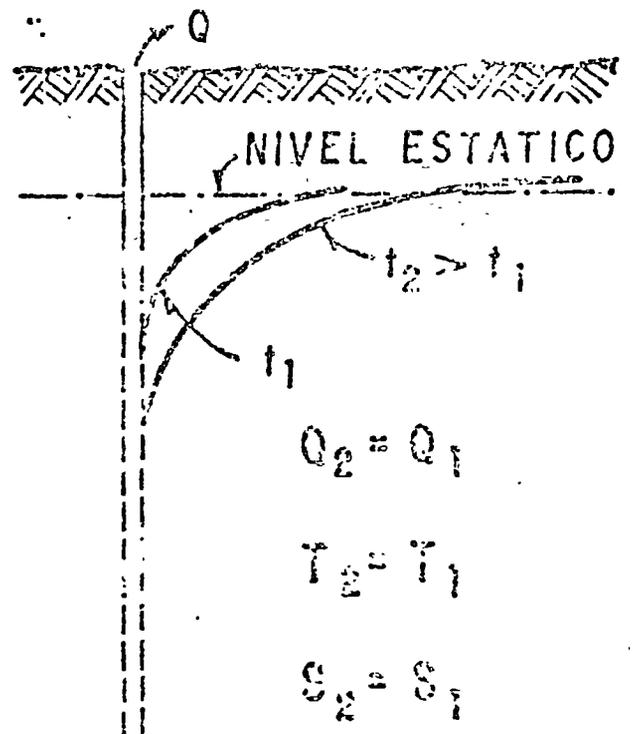
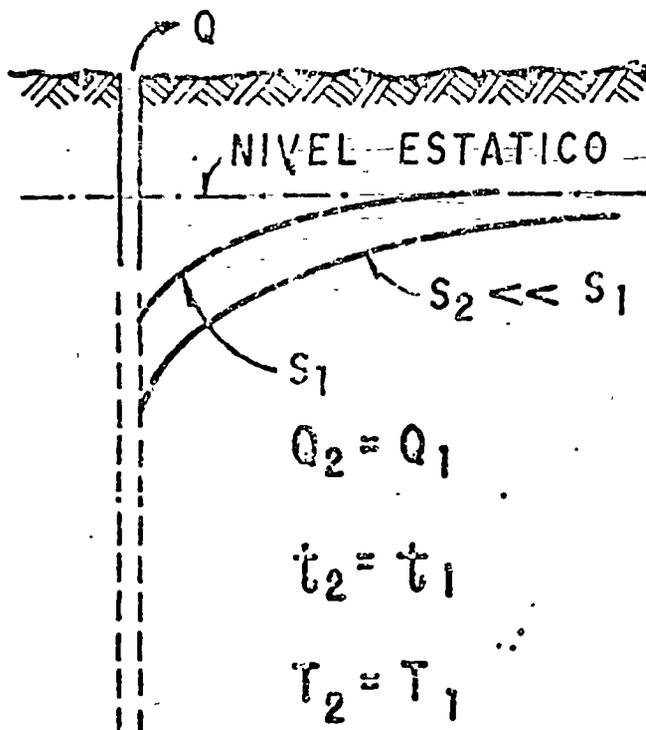
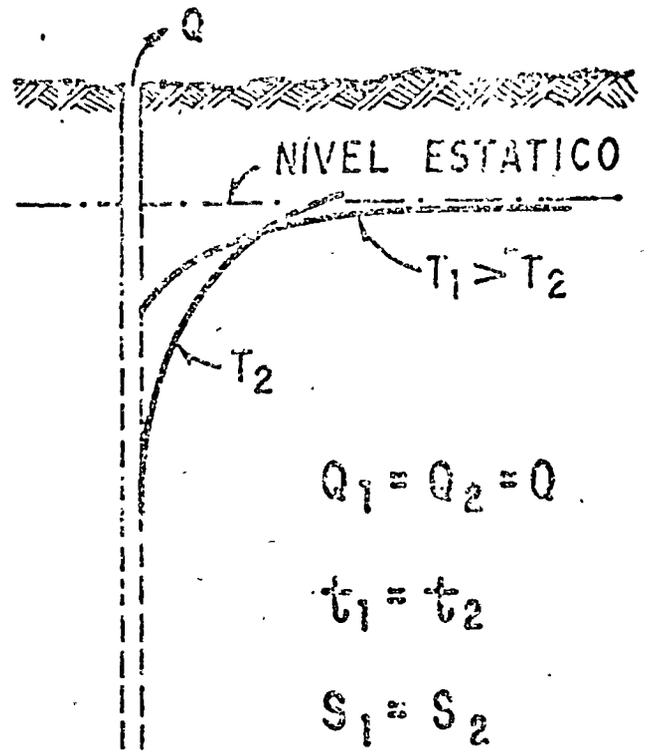
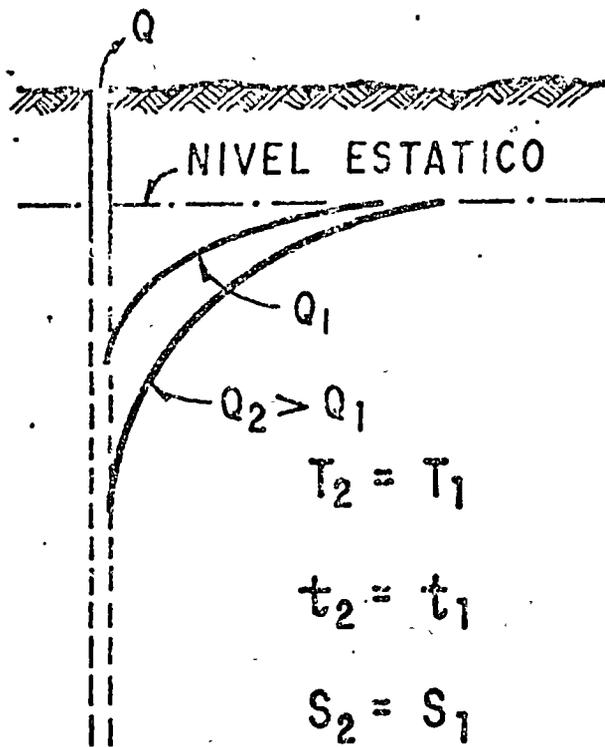
MECANISMO DEL FLUJO HACIA UN POZO



$$R_1 = 2R_2 \quad A_1 = 2A_2$$

$$V_2 = 2V_1$$

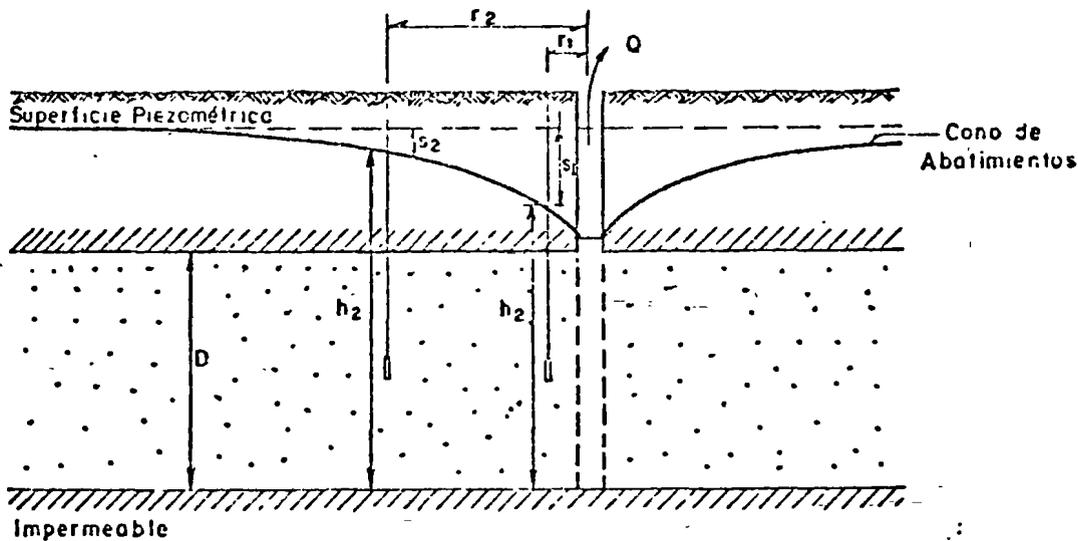
FIG. C.— INFLUENCIA DEL CAUDAL (Q) TIEMPO DE BOMBEO (T), TRANSMISIVIDAD (T), ALMACENAMIENTO (S), EN LA FORMA Y DIMENSIONES DEL CONO DE DEPRESION:



sujeta a las condiciones de frontera correspondientes al sistema ilustrado en la figura, es:

$$h_1 - h_2 = \frac{Q}{2\pi Kb} L \frac{r_1}{r_2} \quad (2)$$

en la que: h_1 y h_2 son las elevaciones del nivel del agua a las distancias r_1 y r_2 del pozo de bombeo, respectivamente; Q , el caudal bombeado; K , la permeabilidad del acuífero, y b , su espesor saturado. Esta solución se basa en la hipótesis de que el flujo hacia el pozo se encuentra establecido, y en todas las -- antes señaladas.



La expresión anterior, llamada "Fórmula de -- -- Thiem", permite calcular la permeabilidad cuando se conoce la posición del nivel del agua en dos pozos de observación:

$$K = \frac{Q}{2\pi b (a_2 - a_1)} L \frac{r_1}{r_2} \quad (3)$$

Cuando sólo se dispone de un pozo de observación, la permeabilidad se deduce mediante la ecuación:

$$K = \frac{Q}{2\pi b (a_p - a_1)} L \frac{r_1}{r_p} \quad (4)$$

HIPOTESIS BASICAS DE LA ECUACION DE THIEB

- a). - ACUIFERO HOMOGENEO E ISOTROPO EN EL AREA AFECTADA POR EL BOMBEO.
- b). - EL ESPESOR DEL ACUIFERO ES CONSTANTE (ACUIFERO - CONFINADO) O EL ESPESOR SATURADO INICIAL ES CONSTANTE ANTES DE INICIAR EL BOMBEO (ACUIFERO LIBRE) .
- c). - EL POZO ES TOTALMENTE PENETRANTE .
- d). - LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA O FREATICA ES HORIZON - TAL ANTES DE INICIARSE EL BOMBEO .
- e). - EL ABATIMIENTO EN LAS PROXIMIDADES DEL POZO NO VA - RIA EN EL TIEMPO .

en la que r_p es el radio del pozo de bombeo, y a_p es el abatimiento registrado en el mismo. Esta expresión debe utilizarse con reservas, porque el abatimiento medido en el pozo está influenciado por las pérdidas locales en el pozo de bombeo.

Aun cuando las fórmulas anteriores son aplicables a algunos casos prácticos, tienen dos limitaciones principales: no proporcionan información respecto al coeficiente de almacenamiento, ni permiten calcular los abatimientos en función del tiempo.

Pruebas de bombeo en régimen transitorio.-

En 1935, C. V. Theis inició el estudio de la hidráulica de pozos en régimen transitorio, al desarrollar la fórmula que lleva su nombre. Mediante ella pueden deducirse los valores de los coeficientes de transmisibilidad y almacenamiento, a partir de los abatimientos registrados en uno o varios pozos de observación para diferentes tiempos de bombeo, con la ventaja de que no es necesario esperar la estabilización del cono de abatimientos, como en el caso anterior.

La solución desarrollada por Theis, es:

$$a = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (5)$$

donde: a es el abatimiento registrado a la distancia r del pozo de bombeo; Q , es el caudal; T , la transmisibilidad; $W(u)$, la función de pozo, y

$$u = \frac{r^2 S}{4 T t} \quad (6)$$

Con base en las expresiones (5) y (6), Theis desarrolló el método gráfico-numérico de solución para determinar los parámetros T y S , que a continuación se describe:

- a).- Trazar la curva tipo $W(u) = 1/u$ en papel con trazado doble logarítmico.
- b).- Construir la gráfica abatimiento-tiempo del pozo de observación en papel idéntico al utilizado en el inciso a).
- c).- Superponer las gráficas manteniendo los ejes paralelos, y buscar la coincidencia de la

HIPOTESIS BASICAS DE LA ECUACION DE THEIS

- a) :- EL ACUIFERO ES HOMOGENEO E ISOTROPO.
- b) :- EL ESPESOR SATURADO DEL ACUIFERO ES CONSTANTE.
- c) :- EL ACUIFERO TIENE EXTENSION LATERAL INFINITA.
- d) :- EL CAUDAL BOMBEADO PROCEDE DEL ALMACENAMIENTO DEL ACUIFERO.
- e) :- EL POZO ES TOTALMENTE PENETRANTE.
- f) :- EL ACUIFERO LIBERA EL AGUA INSTANTANEAMENTE AL ABATIRSE LA SUPERFICIE PIEZOMETRICA.

curva de campo y curva tipo.

- d).- Seleccionar un punto de ajuste y obtener sus coordenadas en los cuatro ejes.
- e).- Substituir los valores de las coordenadas en las ecuaciones (5) y (6), despejando los valores de T y S.

En la figura se muestra la curva tipo; la figura ilustra la interpretación de una prueba de bombeo.

En general, debe darse menor peso a los puntos correspondientes a los tiempos más cortos, pues en esta parte de la prueba pueden tenerse las mayores discrepancias entre las condiciones reales y las hipótesis establecidas para obtener la fórmula: hay cierto retraso entre el abatimiento de la superficie piezométrica y la liberación del agua, retraso que puede ser mayor en esta parte de la prueba, en la que los niveles se abaten rápidamente; el caudal puede variar apreciablemente por el incremento brusco de la carga de bombeo, etc. Para tiempos mayores de bombeo, estas discrepancias se van minimizando y se tiene un mejor ajuste entre la teoría y las condiciones reales.

Un método más sencillo para la interpretación de las pruebas, fué desarrollado por Jacob, quien observó -- que para tiempos largos ($t > 5Sr^2/T$), la ecuación (5) puede expresarse:

$$a = \frac{2.30 Q}{4 \pi r T} \log \frac{2.25 Tt}{r^2 S}$$

A partir de esta fórmula, desarrolló el método gráfico de interpretación que lleva su nombre, y que consiste en lo siguiente:

- a).- Construir la gráfica abatimiento (en escala aritmética) contra tiempo (en escala logarítmica).
- b).- Pasar una recta por los puntos que se alinean, y determinar su pendiente. Los puntos correspondientes a los primeros minutos de la prueba se apartan generalmente

CURVA TIPO PARA INTERPRETACION DE PRUEBAS DE BOMBEO EN POZOS TOTALMENTE PENETRANTES EN ACUIFEROS CONFINANTES

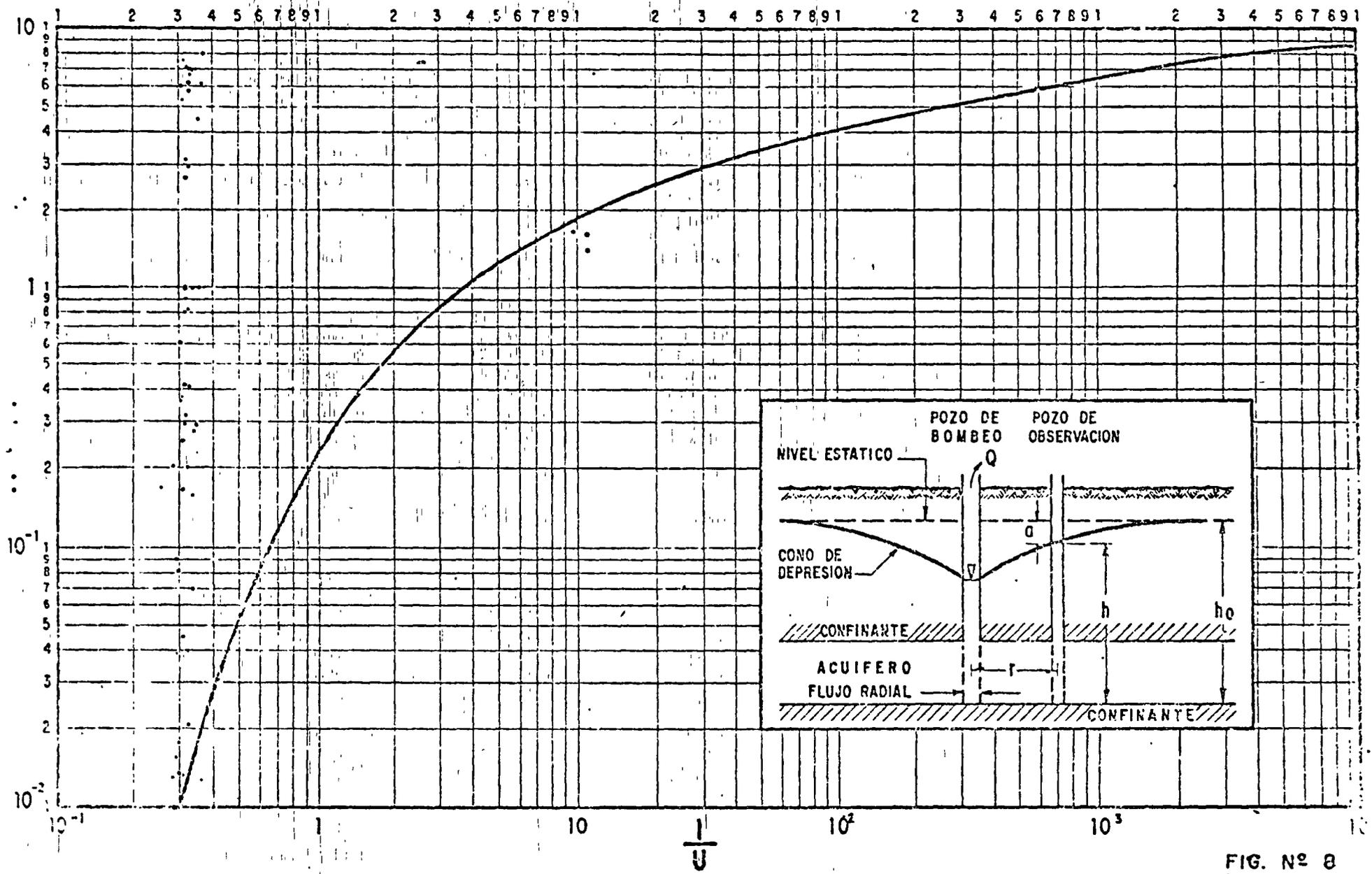


FIG. Nº 8

de la recta, debido a que corresponden a tiempos cortos ($t < 5r^2S/T$) para los cuales no es válida la fórmula de Jacob.

- c).- Si la pendiente de la recta de ajuste es ρ la transmisibilidad puede obtenerse de la expresión:

$$T = \frac{0.183 Q}{\rho}$$

- d).- Determinar el valor de t , t_0 , para el cual la prolongación de la recta de ajuste interseca la línea de abatimiento nulo.

- e).- Calcular el coeficiente de almacenamiento mediante la expresión:

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2}$$

El mismo método puede seguirse cuando se conocen los abatimientos en varios pozos de observación para un tiempo dado. En este caso se grafica el abatimiento contra la distancia (en escala logarítmica). Los coeficientes buscados se obtienen mediante las fórmulas:

$$r = \frac{0.366 Q}{\rho}$$

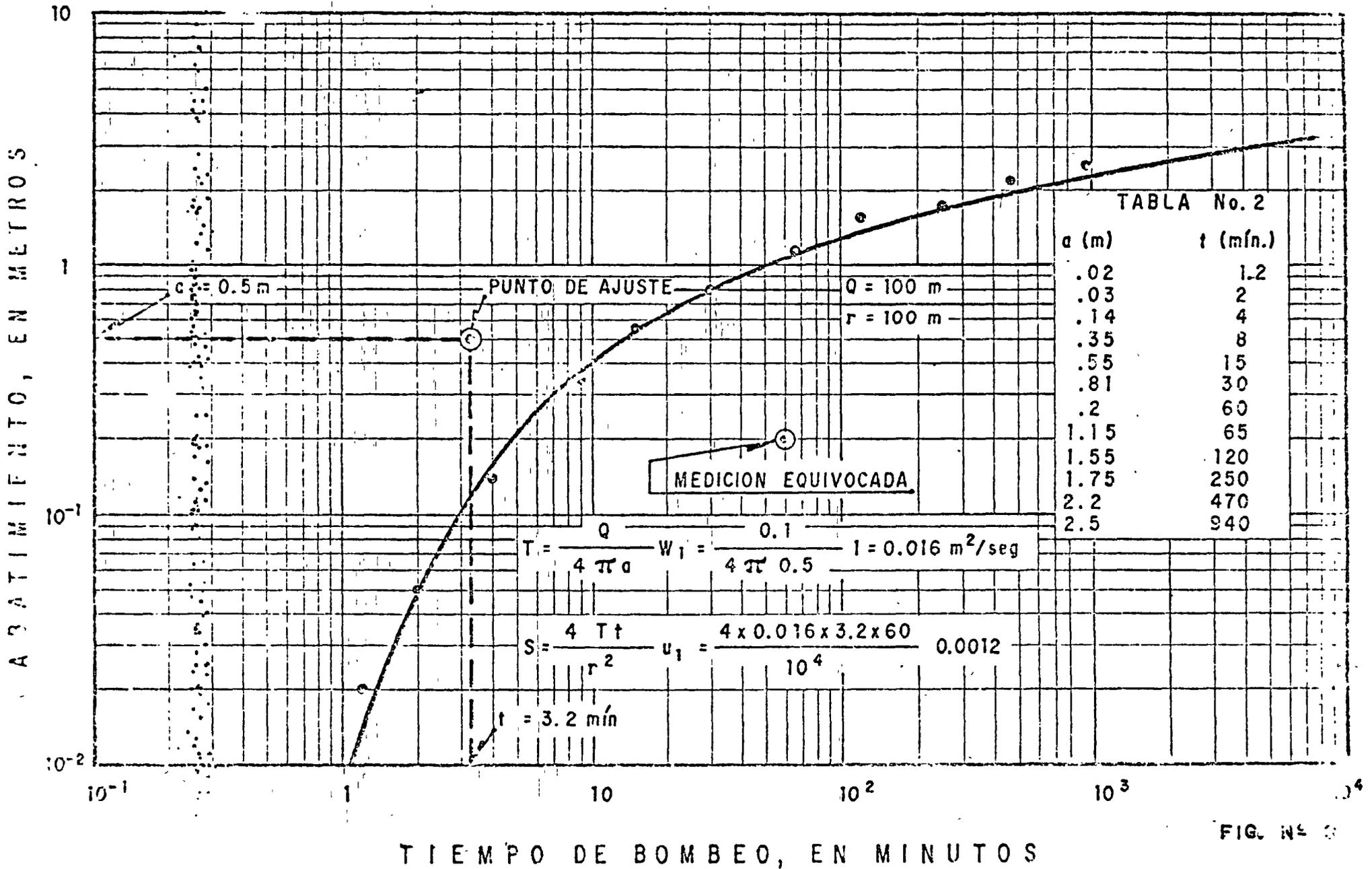
$$S = \frac{2.25 T t}{r_0^2}$$

en que r_0 es el valor de r para el cual la prolongación de la recta de ajuste interseca la línea de abatimiento nulo.

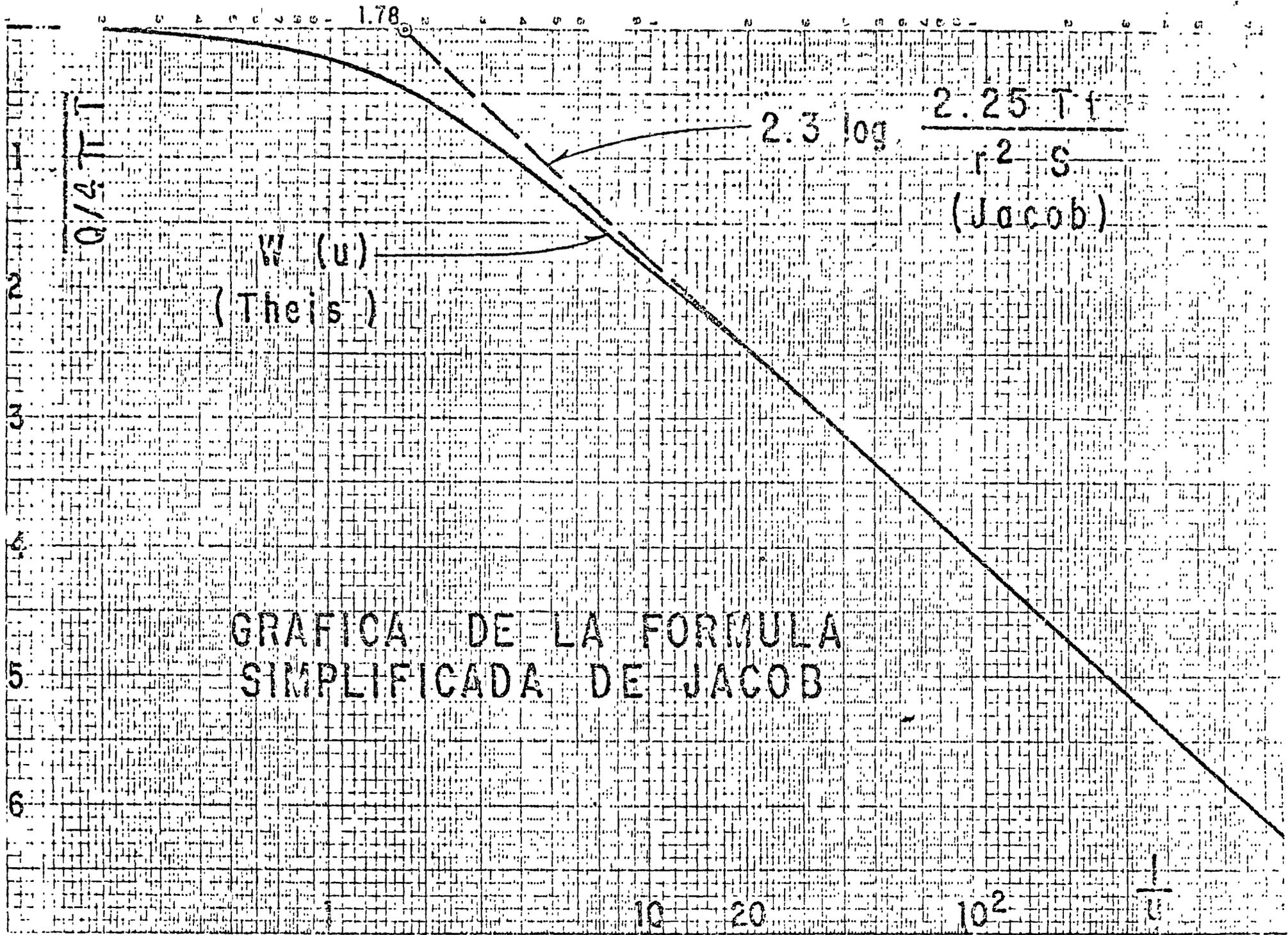
La forma más general del método se aplica cuando se tienen observaciones en varios pozos de observación para diferentes tiempos. En este caso, se llevan en el eje logarítmico los valores de la relación t/r^2 , y se sigue la secuela descrita anteriormente.

En la figura se compara la curva tipo de Theis con la aproximación de Jacob, en trazado semilogarítmico; en la figura se ejemplifica la aplicación del método.

INTERPRETACION DE UNA PRUEBA DE BOMBEO



1000



GRAFICA DE LA FORMULA
 SIMPLIFICADA DE JACOB

100

ABACIMIENTO, EN METROS

TIEMPO DE BOMBEO, EN MINUTOS

$t_0 = 7.4 \text{ min.}$

LECTURA EQUIVOCADA

$p = 1.2 \text{ m/ciclo}$

$$T = \frac{0.183 Q}{p} = 0.015 \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$S = \frac{2.25 T t_0}{r^2} = 0.0015$$

$Q = 100 \text{ lps}$

$r = 100 \text{ m}$

INTERPRETACION DE PRUEBA DE BOMBEO POR EL METODO DE JACOB.

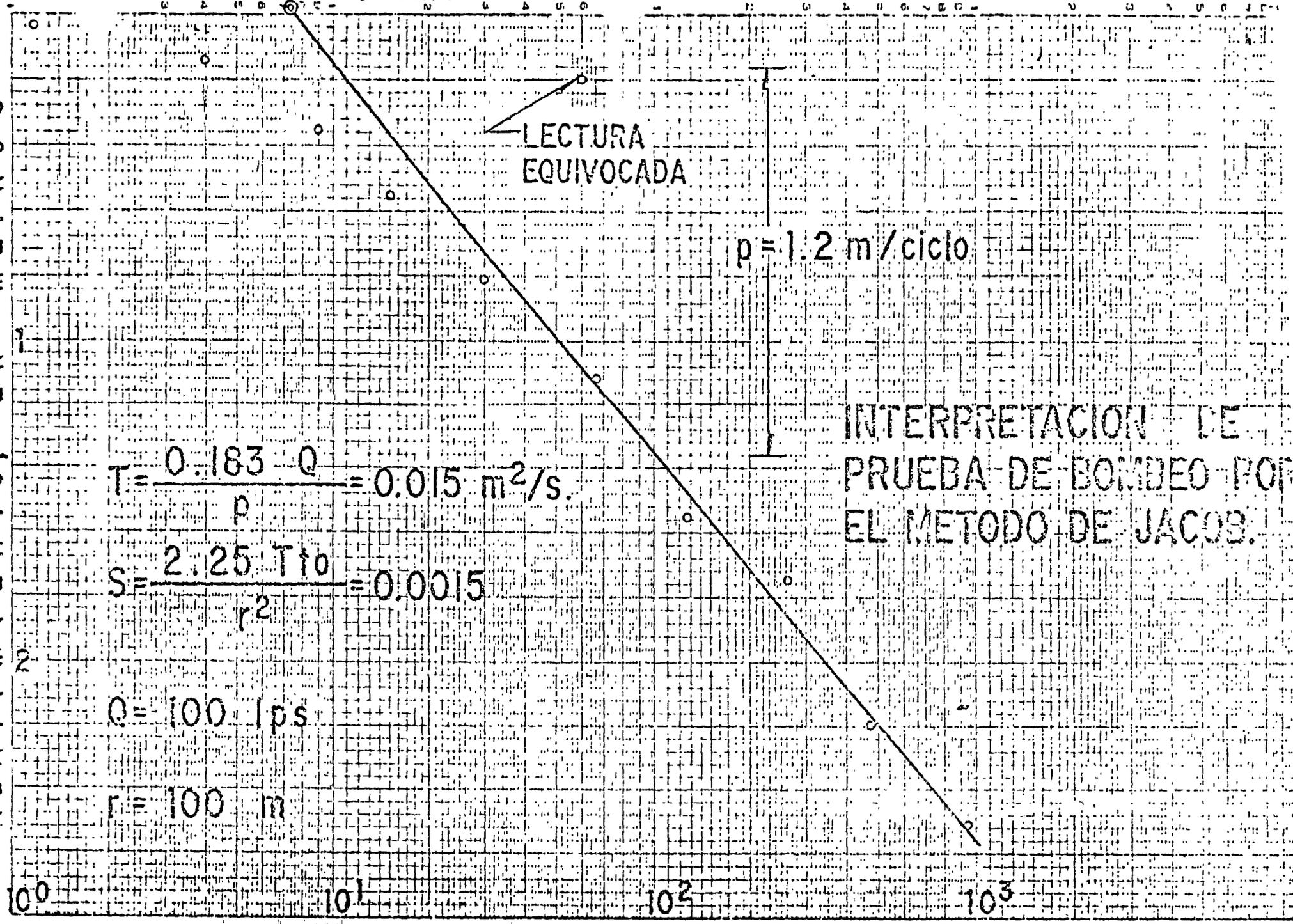


FIG. N° 11

DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO EN METROS

10 10 10

ABATIMIENTO EN METROS



$$q = \frac{2.30 Q}{4\pi T} \log \frac{2.25 Tt}{r^2 S}$$

$$r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$$

$$p = \frac{0.366 Q}{T}$$

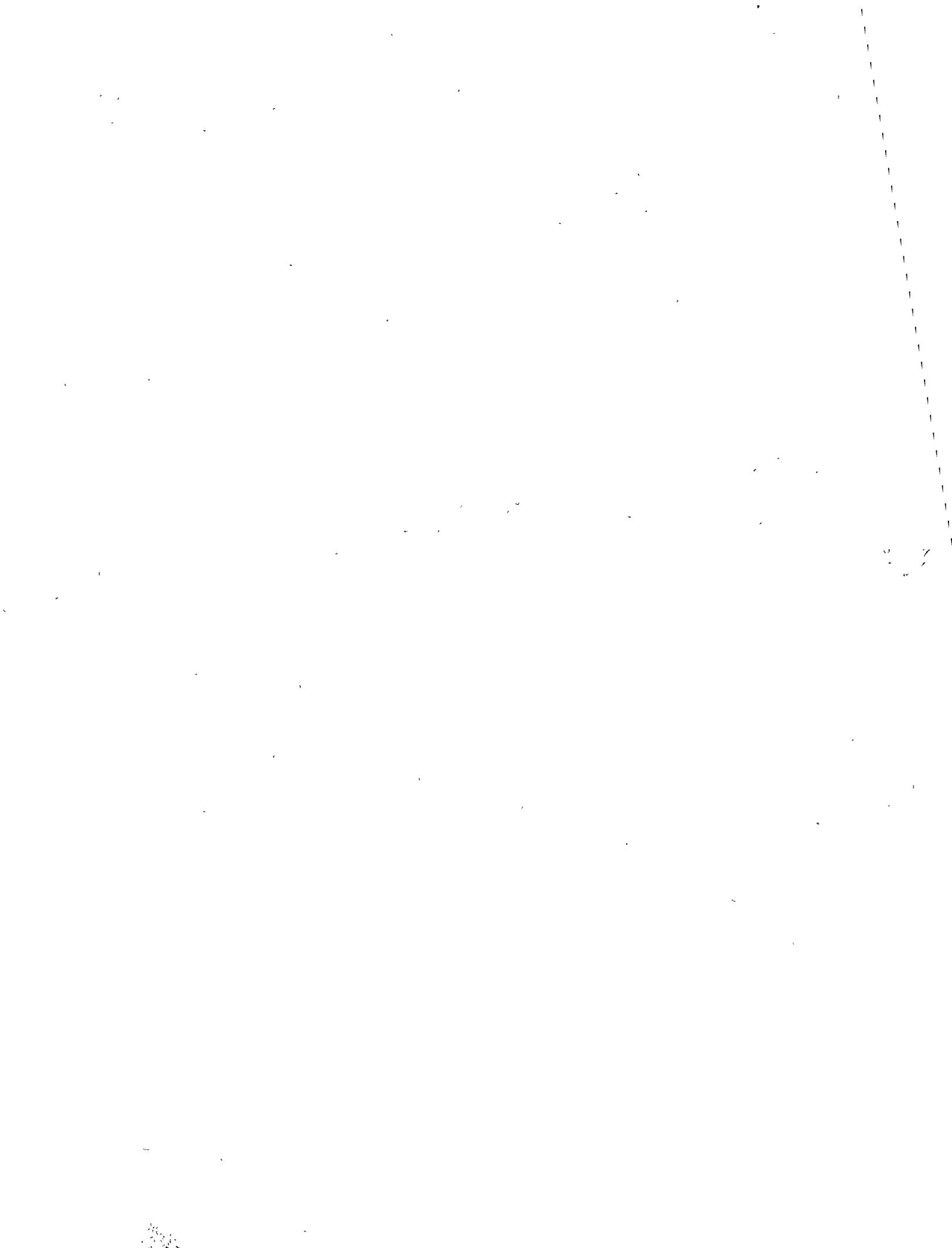
INFLUENCIA DEL TIEMPO DE BOMBEO
EN LA EXTENSION DEL CONO DE
ABATIMIENTOS

DATOS

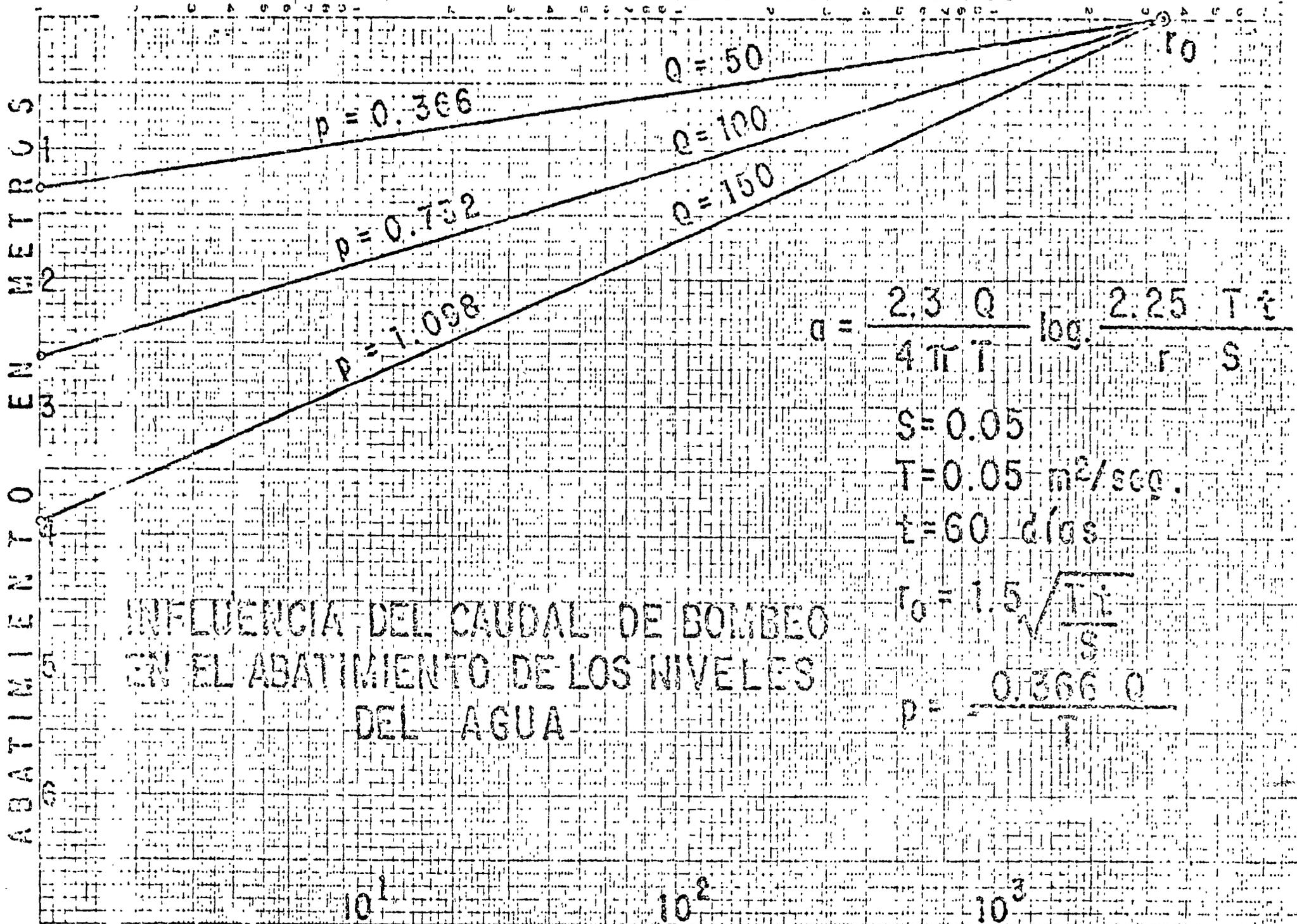
Q = 150 lps

S = 0.05

T = 0.05 m²/seg.



DISTANCIA AL P.O. DE BOMBEO EN METROS



INFLUENCIA DEL CAUDAL DE BOMBEO EN EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES DEL AGUA

$$s = \frac{2.3 Q}{4 \pi T} \log. \frac{2.25 T t}{r^2 S}$$

S = 0.05

T = 0.05 m²/seg.

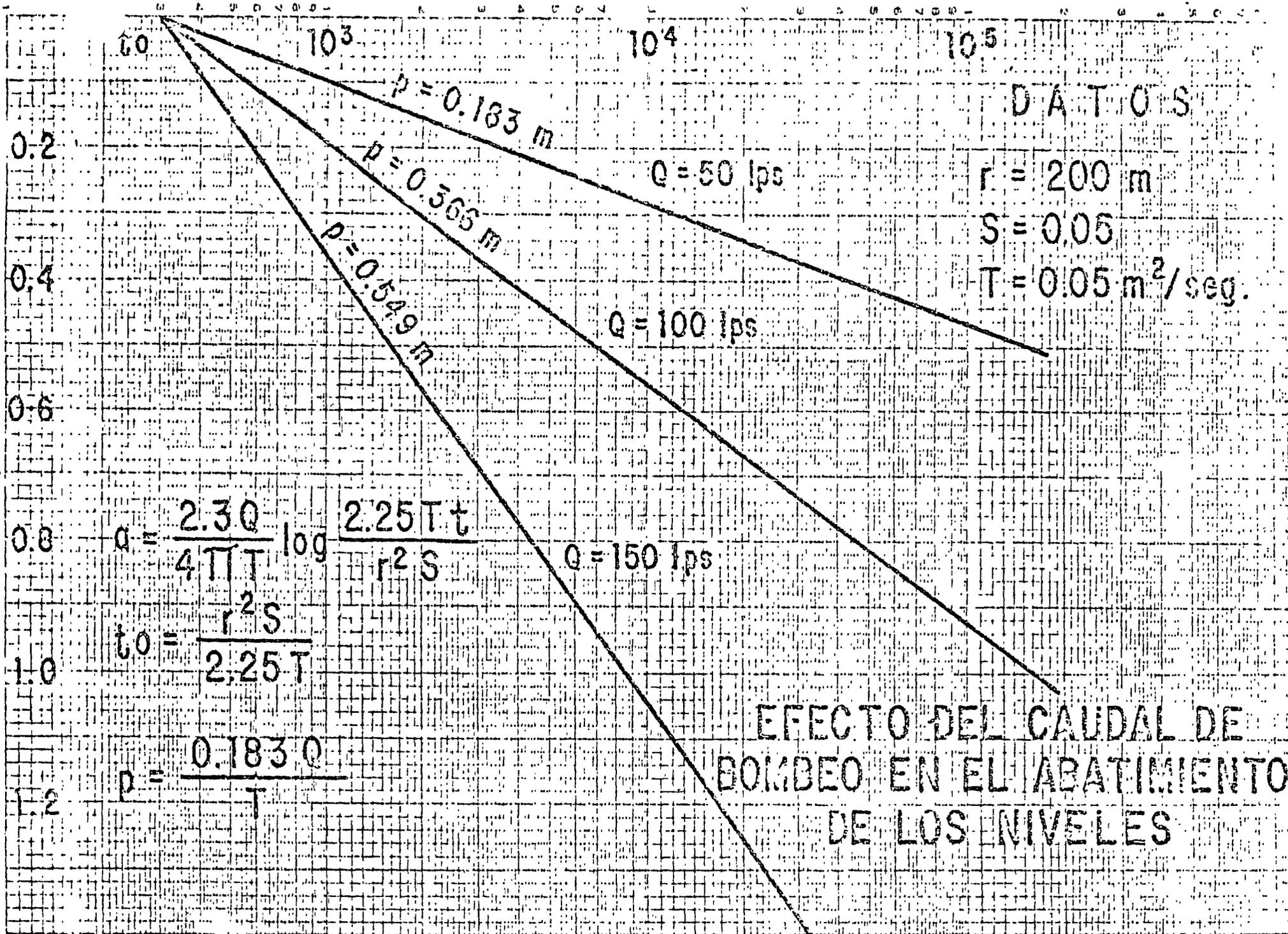
t = 60 días

$$r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{T t}{S}}$$

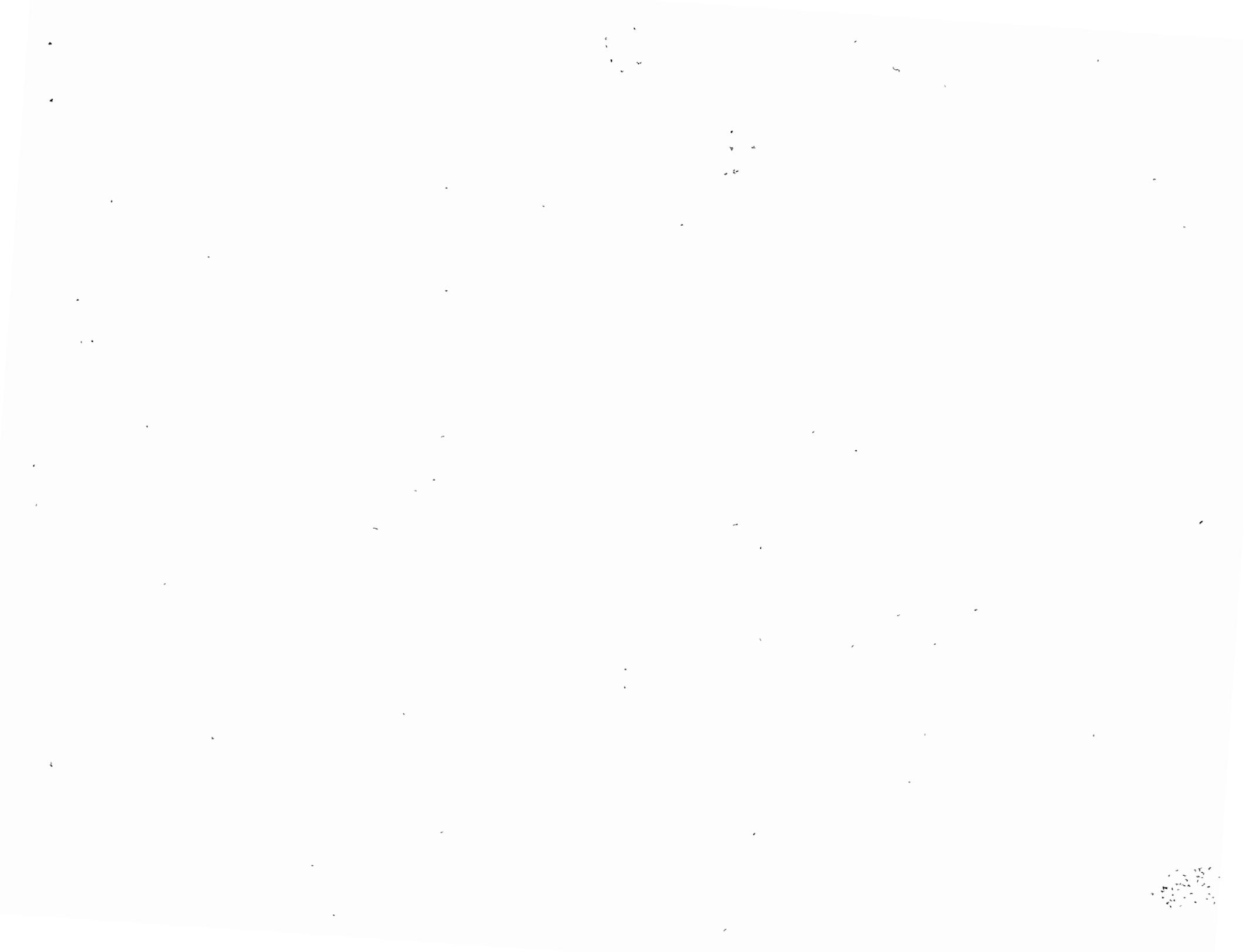
$$p = \frac{0.366 Q}{T}$$

TIEMPO DE BOMBEO, EN MINUTOS

ABATIMIENTO, EN METROS

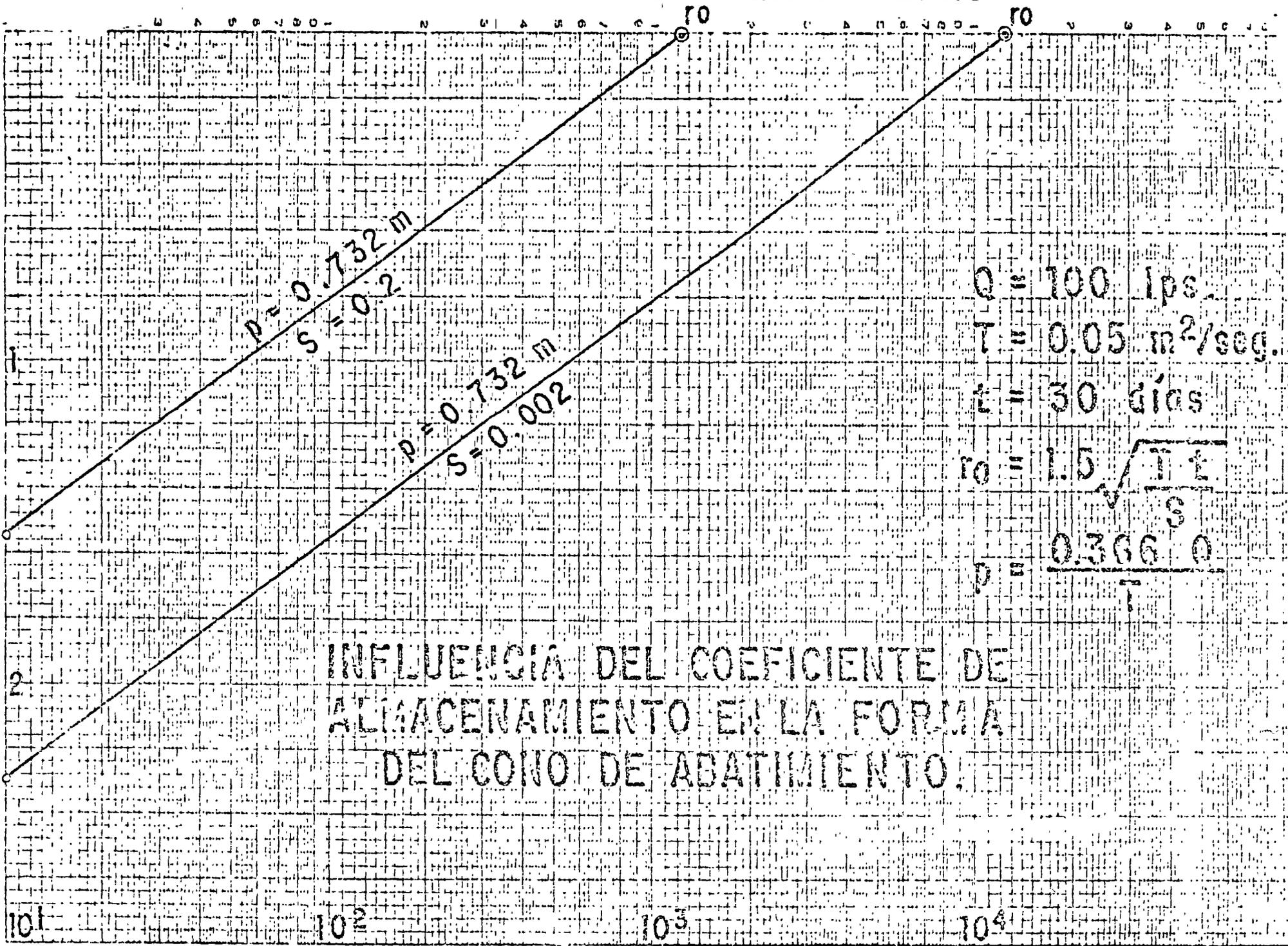


EFEECTO DEL CAUDAL DE BOMBEO EN EL ABATIMIENTO DE LOS NIVELES



DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO EN METROS

ABATIMIENTO EN METROS

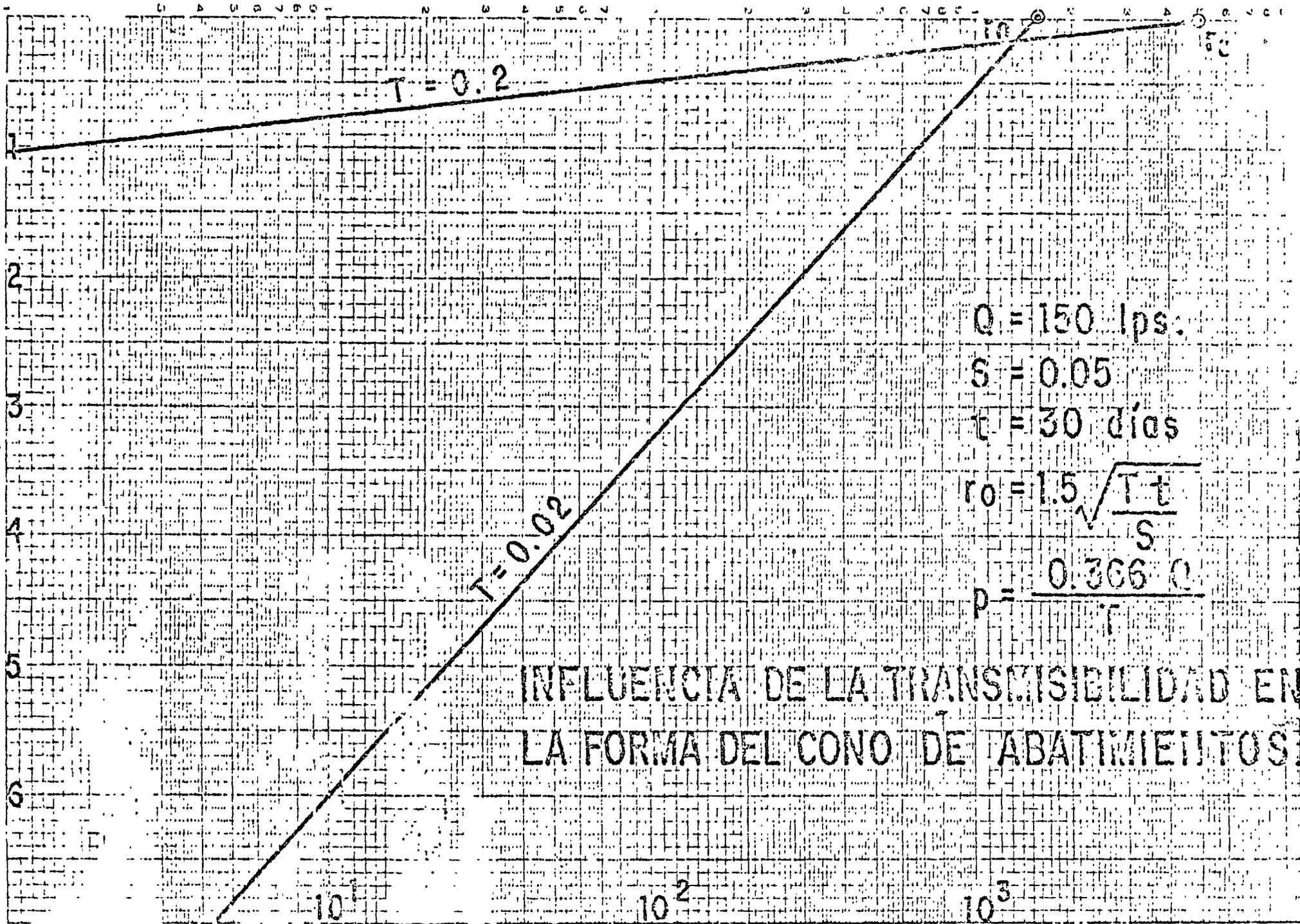


$Q = 100 \text{ lps.}$
 $T = 0.05 \text{ m}^2/\text{seg.}$
 $t = 30 \text{ días}$
 $r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{TE}{S}}$
 $r_0 = \frac{0.366 \cdot Q}{T}$

INFLUENCIA DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO EN LA FORMA DEL CONO DE ABATIMIENTO.

DISTANCIA AL POZO DE BOMBEO EN METROS

ABATIMIENTO EN METROS



$Q = 150 \text{ lps.}$
 $S = 0.05$
 $t = 30 \text{ días}$
 $r_0 = 1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}$
 $p = \frac{0.366 Q}{T}$

INFLUENCIA DE LA TRANSMISIBILIDAD EN LA FORMA DEL CONO DE ABATIMIENTOS.

Penetración Parcial.-

Quando un pozo capta sólo una parte del espesor saturado de un acuífero, se le denomina "parcialmente penetrante"

En la porción de acuífero no penetrado por el pozo de bombeo el agua recorre trayectorias de mayor longitud para entrar al cedazo; por consiguiente, las pérdidas de carga en la formación son mayores en este sistema que en el de penetración total. En otras palabras: los abatimientos en un pozo parcialmente penetrante son mayores que los provocados en uno totalmente penetrante, para un mismo caudal de extracción, aumentando el abatimiento conforme disminuye la penetración del pozo.

Para dar una idea aproximada de la disminución de la eficiencia hidráulica del pozo causada por la penetración parcial, considérese que si un pozo capta sólo la mitad del espesor saturado de un acuífero, el abatimiento provocado en él será algo menor que el doble del provocado en un pozo totalmente penetrante, para el mismo caudal de bombeo. Si se considera ahora un mismo abatimiento, el caudal que puede proporcionar un pozo es tanto menor cuanto menor es la penetración de su cedazo.

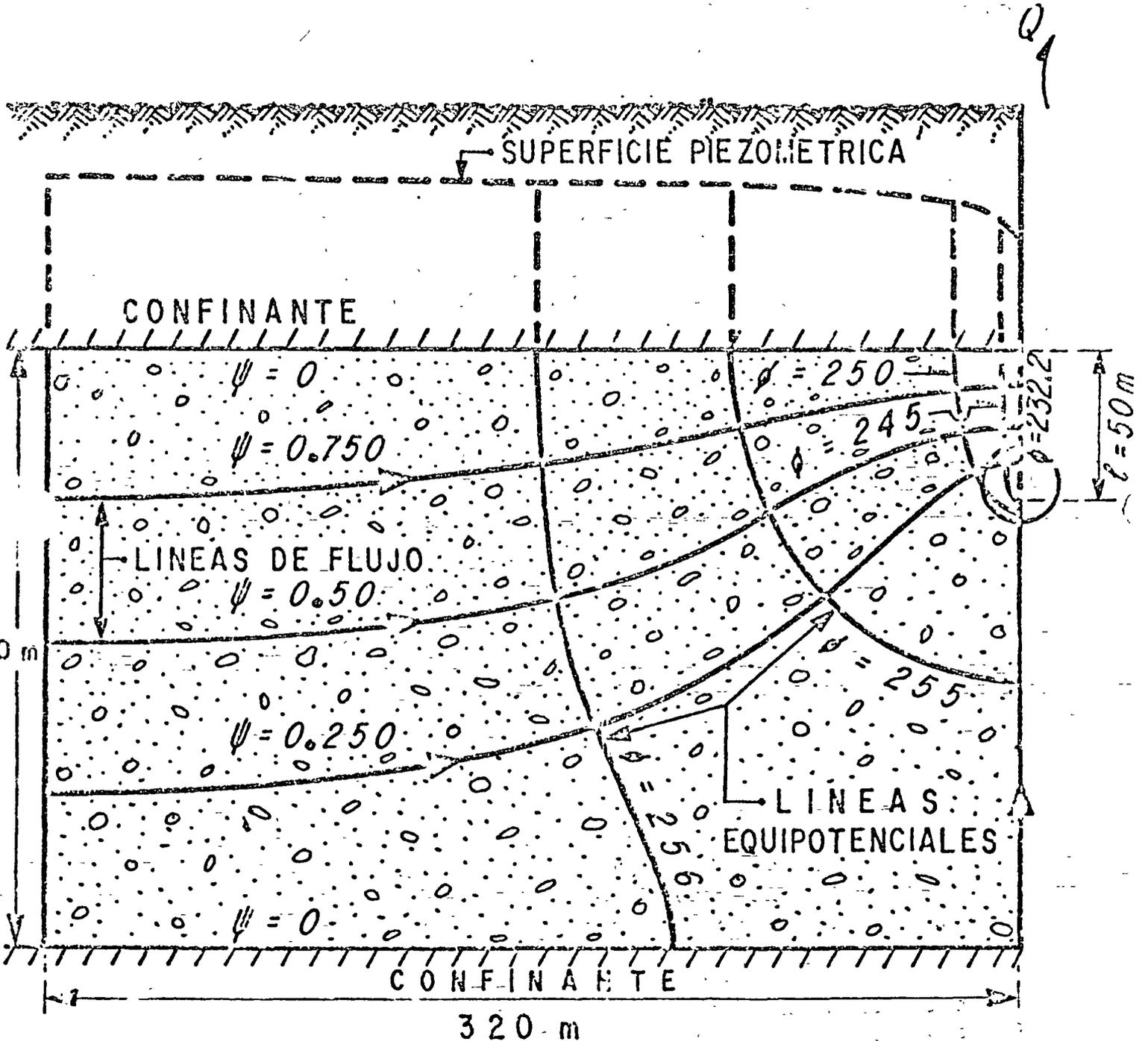
En las proximidades de estos pozos el flujo es tridimensional; por ello, el abatimiento registrado en el pozo de bombeo y en pozos de observación próximos a él, depende, entre otros factores, de la longitud y posición de los cedazos. Esto complica la interpretación de las pruebas de bombeo, ya que los abatimientos son función también de las características constructivas de los pozos. Para simplificar la interpretación es conveniente ubicar los pozos de observación a distancias equivalentes al espesor del acuífero, o mayores, para las cuales el efecto de penetración es mínimo o nulo.

El nivel del agua en un pozo de observación situado a tales distancias se comporta como si el pozo de bombeo fuera totalmente penetrante, y la prueba se interpreta en la forma ya indicada; lo mismo puede hacerse cuando el pozo de observación penetra totalmente al acuífero, independientemente de su ubicación con respecto al pozo de bombeo.

Fuera de estos dos casos, la interpretación es bastante laboriosa, pues hay que construir una curva tipo pa-



FLUJO HACIA UN POZO PARCIALMENTE PENETRANTE

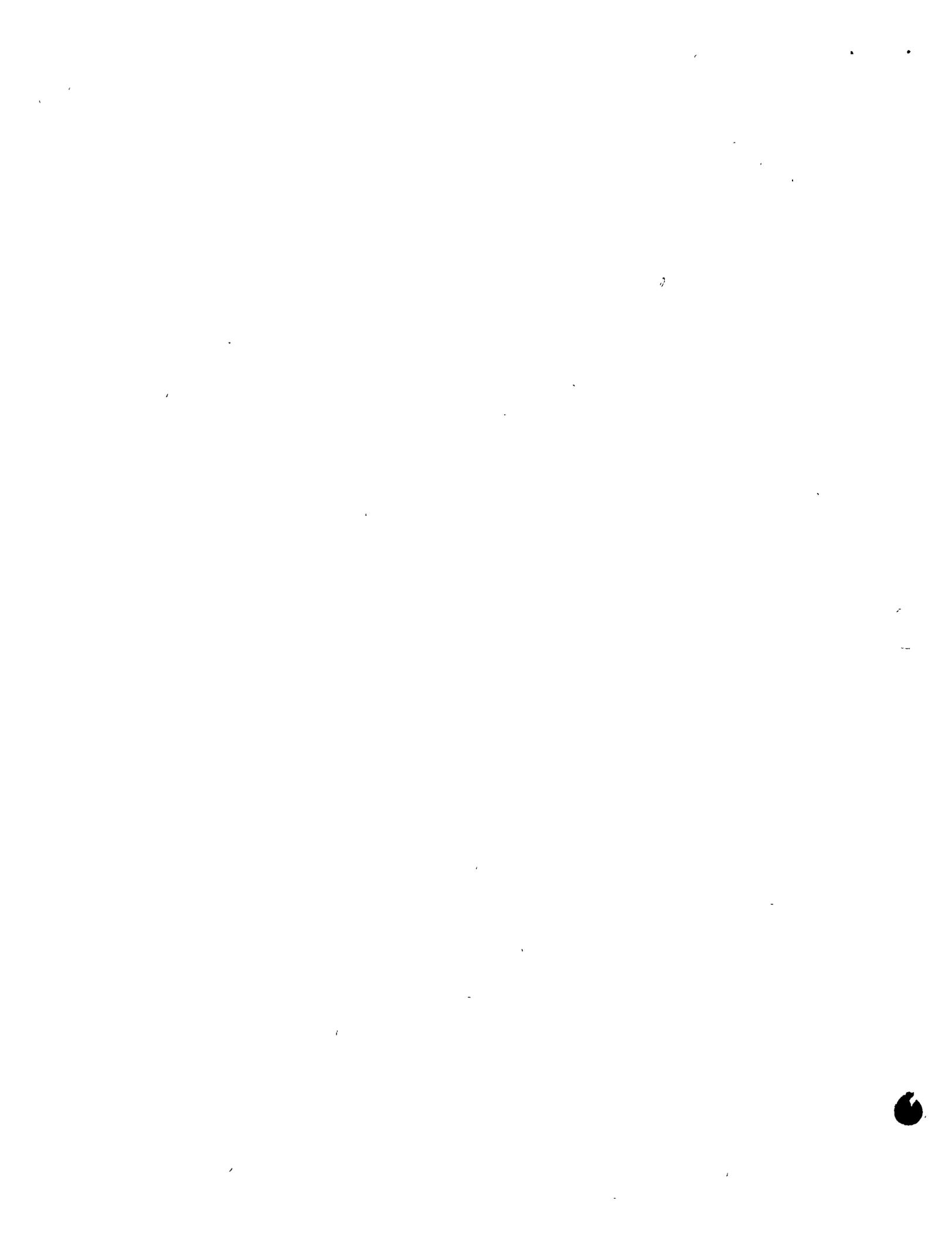


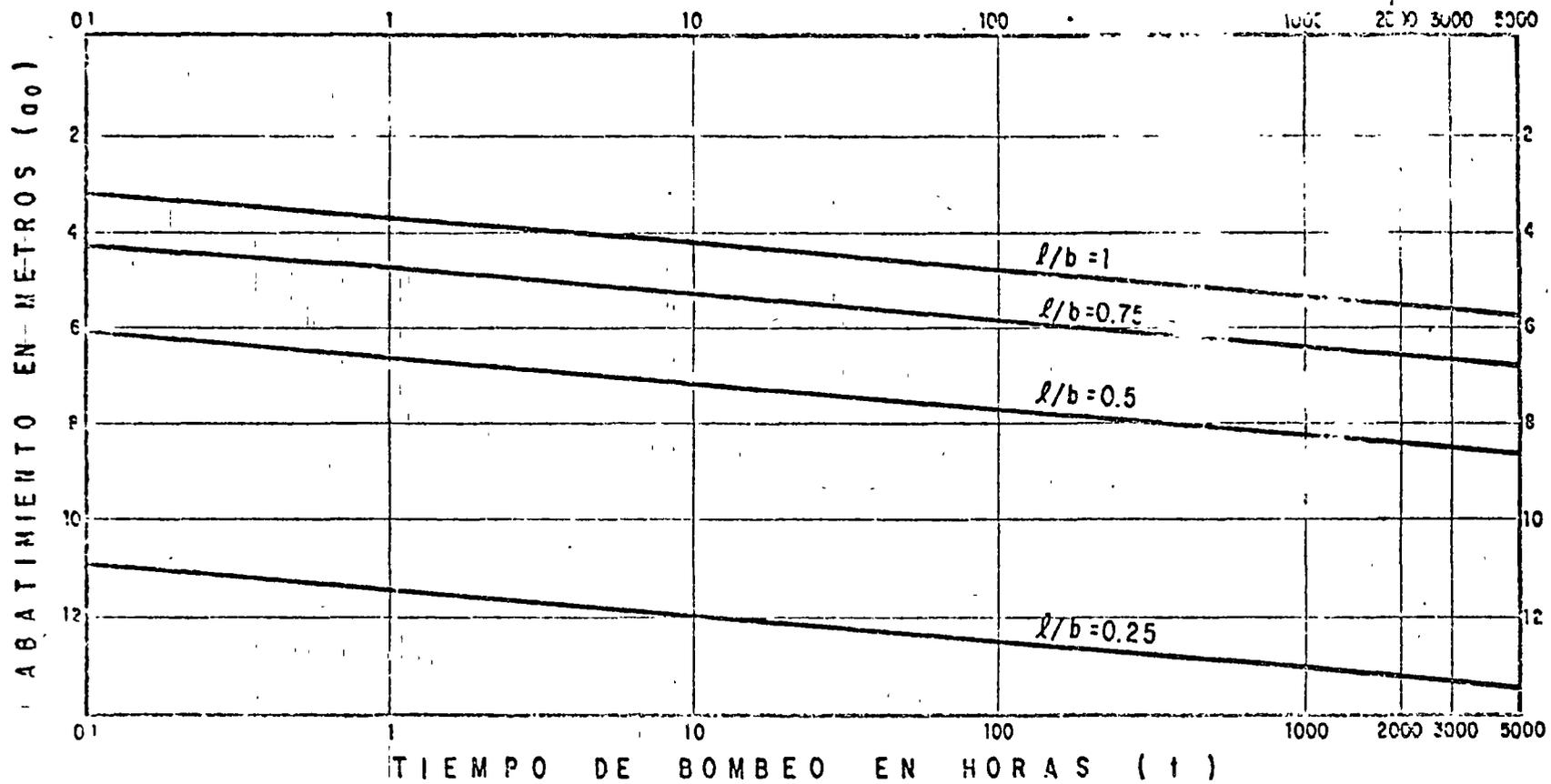
$$Q = 150 \text{ lps}$$

$$t = 2000 \text{ hrs}$$

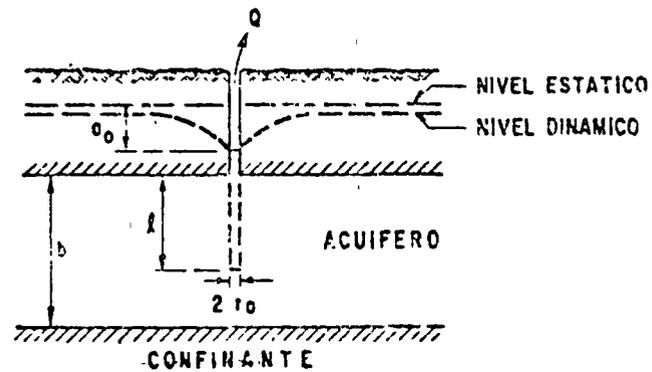
$$T = 0.02 \text{ m/s}$$

$$S = 0.02$$

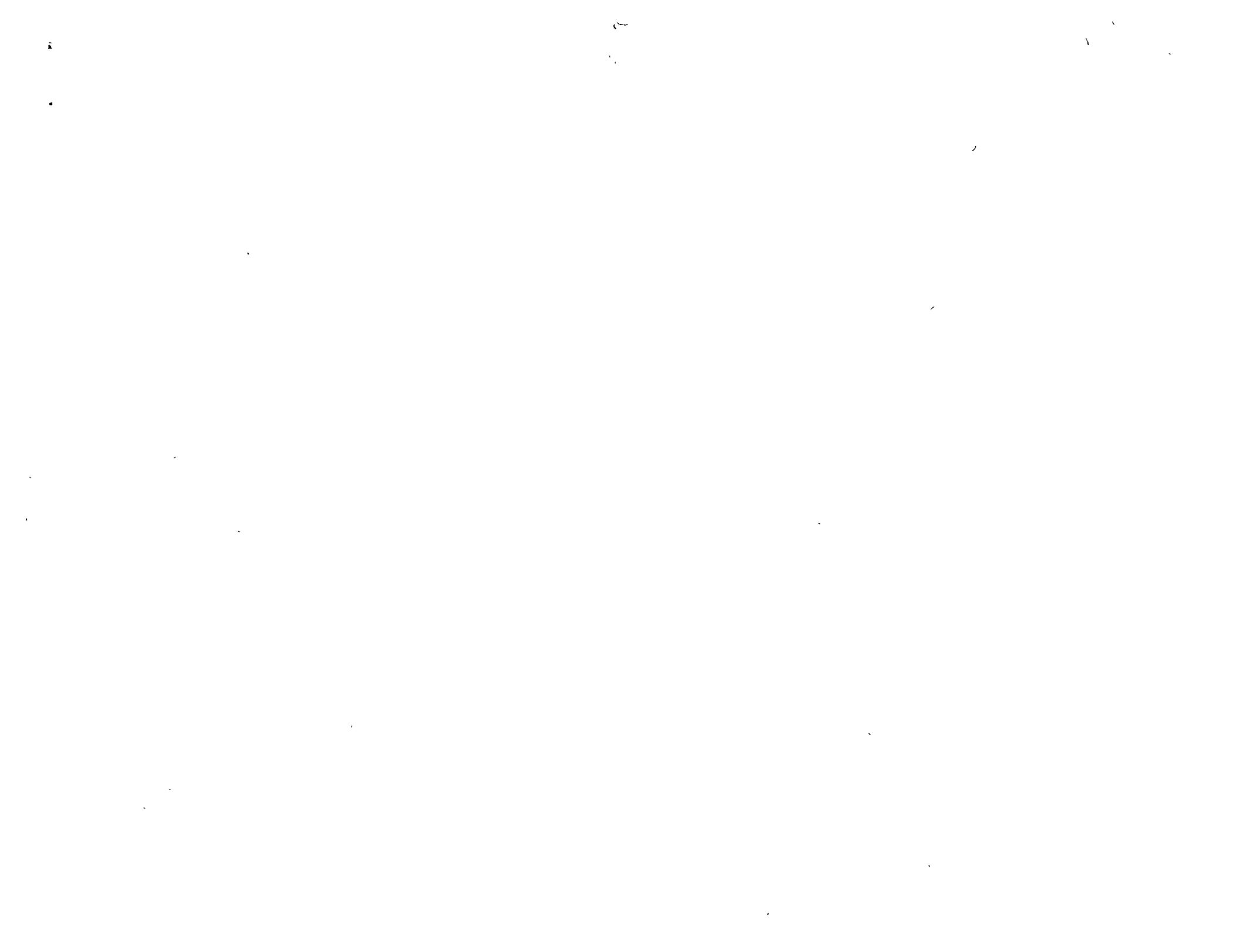


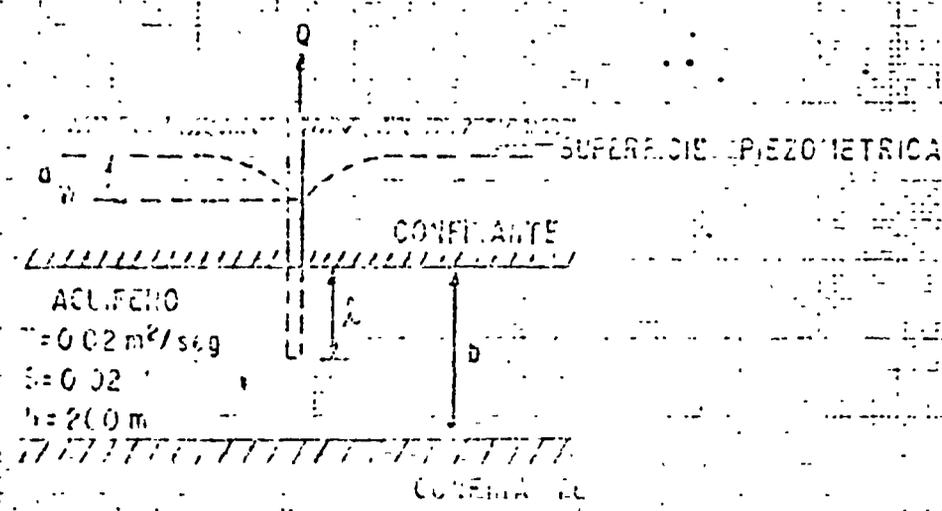
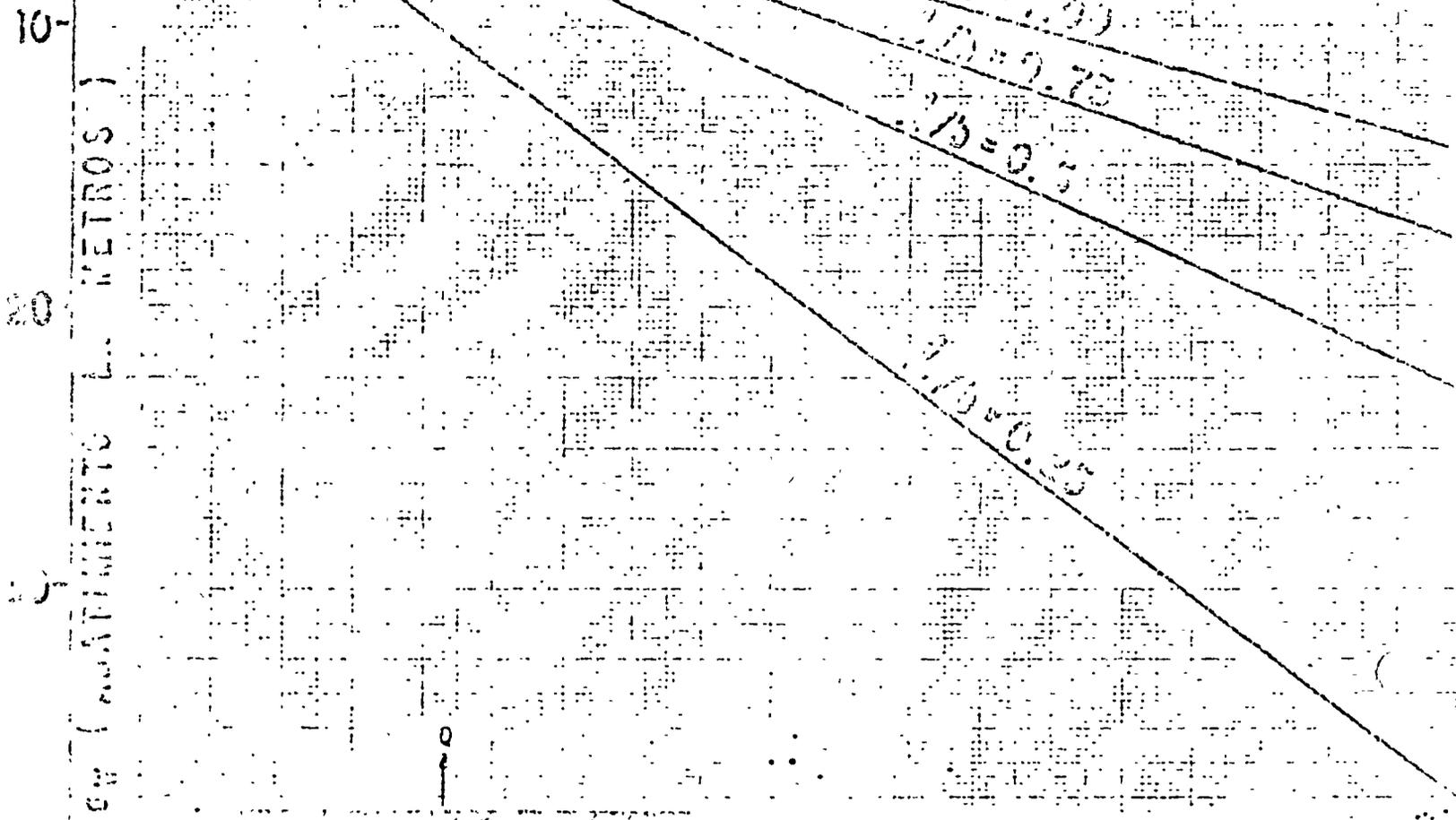


$Q = 150$ lps.
 $T = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$
 $S = 2 \times 10^{-3}$
 $b = 200$ m
 $l_0 = 0.2$ m



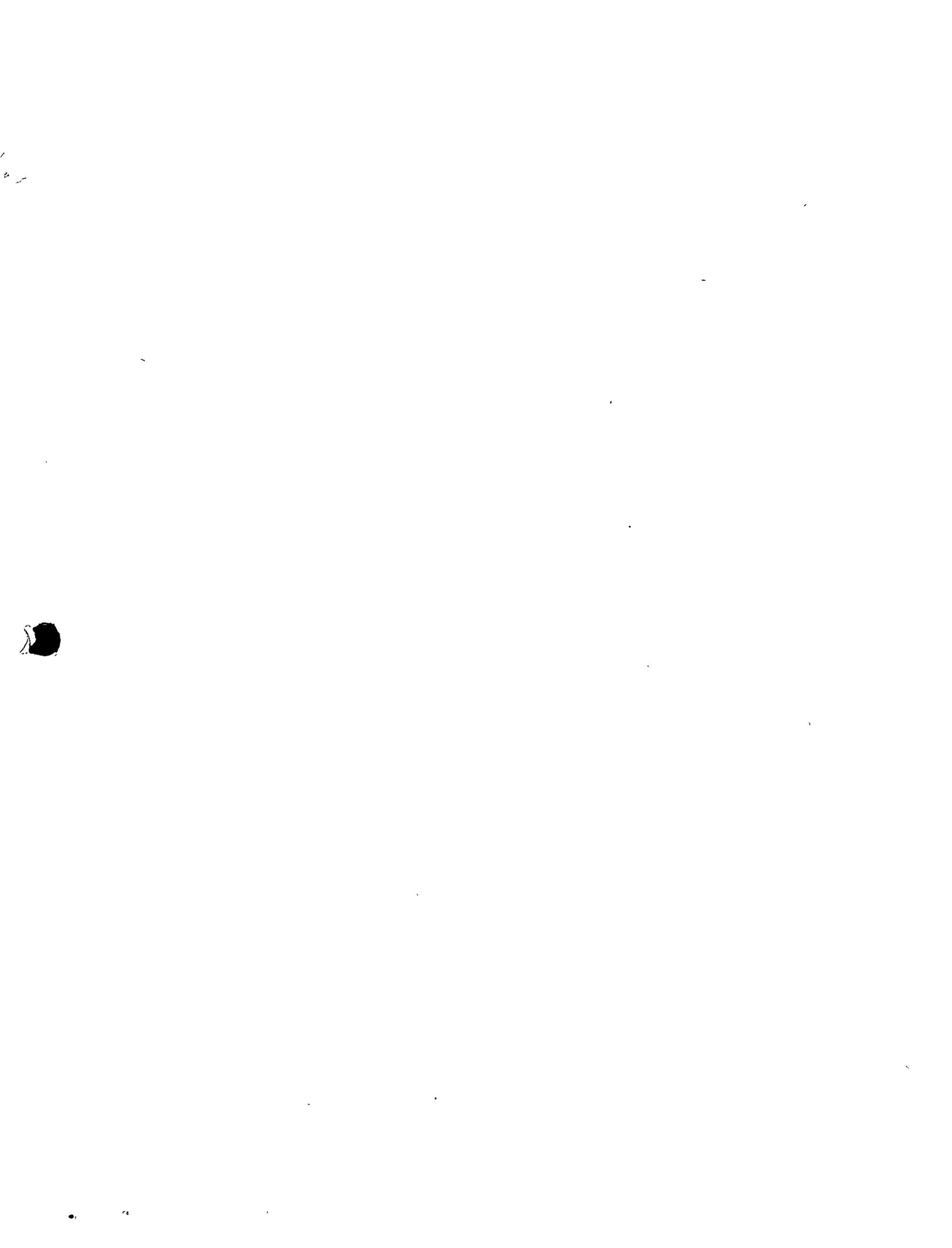
INFLUENCIA DE LA PENETRACION PARCIAL EN EL ABATIMIENTO DEL NIVEL DEL POZO DE BOMBEO
 FIGURA No 18





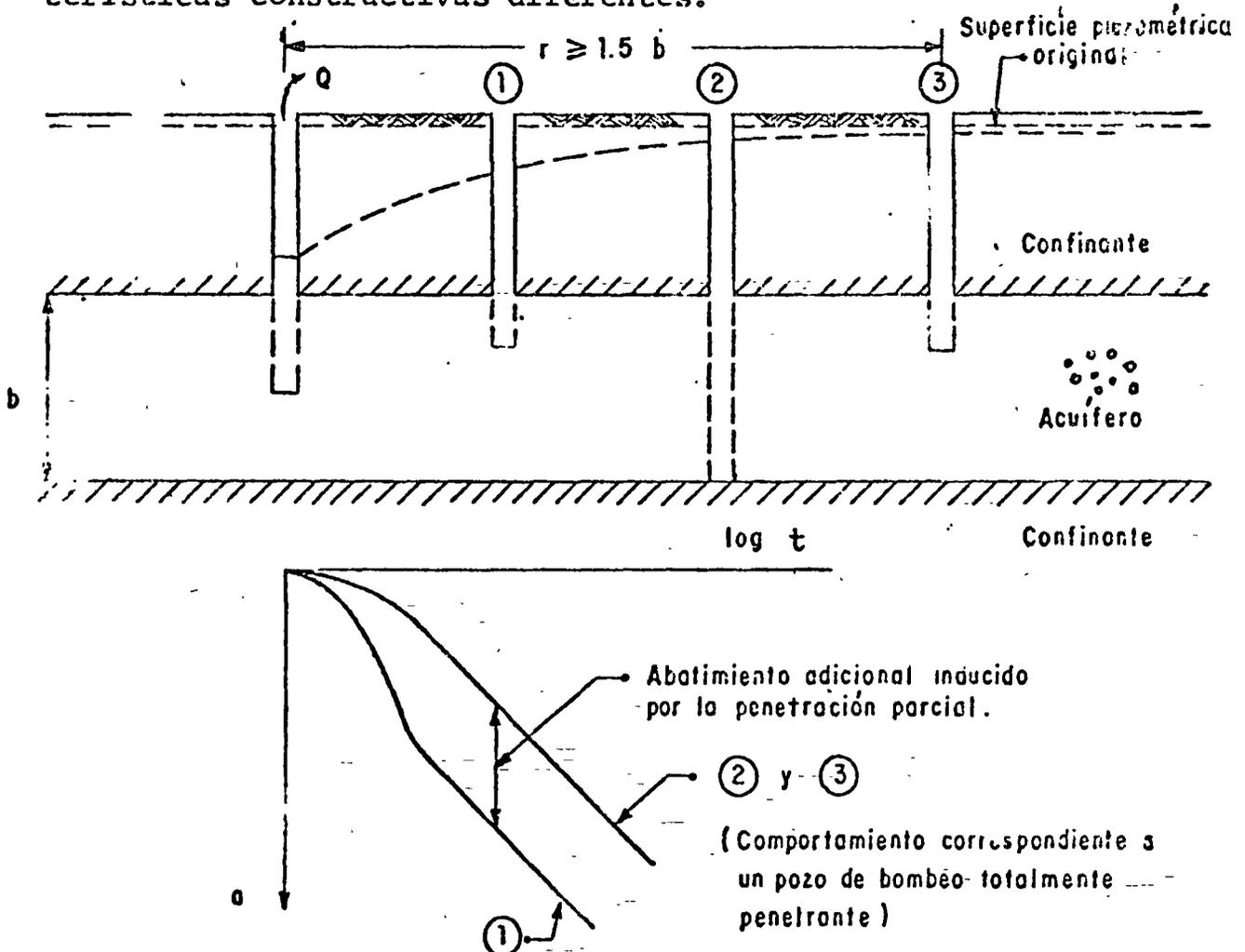
ACUÍFERO
 $\alpha = 0.02 \text{ m}^2/\text{seg}$
 $S = 0.02$
 $h = 20 \text{ m}$

NOTA:
 1. EL DISEÑO DE LA BOMBAS DE AGUA DEBE
 SER DE TAL MODO QUE LA CARGA DE TRABAJO
 DE LA BOMBA NO SEA MENOR QUE 10 METROS.



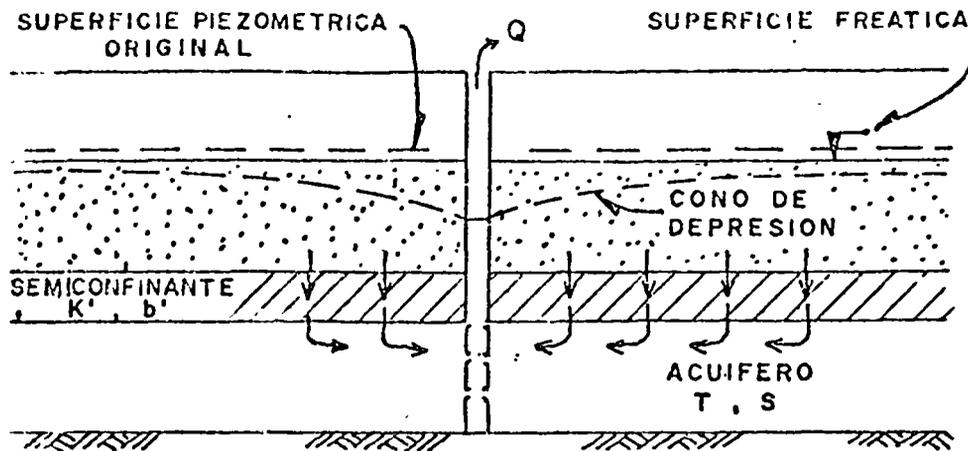
ra las características de los pozos utilizados en la prueba.

En la figura se ilustra el comportamiento del nivel del agua en pozos de observación a distancias y de características constructivas diferentes.



3.3.- POZOS EN ACUIFEROS SEMICONFINADOS.

Probablemente, el acuífero más común en la naturaleza es el de tipo semiconfinado: los rellenos siempre tienen cierta estratificación, alternándose estratos de granulometría variada. Cuando un estrato de material permeable queda limitado verticalmente por materiales, también saturados, de menor permeabilidad, se tiene un acuífero semiconfinado como el ilustrado en la figura



Al bombearse un acuífero de este tipo se provocan abatimientos de sus niveles piezométricos, generándose una diferencia vertical de cargas, que induce el flujo descendente del agua a través del semiconfinante. La cantidad de agua que circula a través de éste es directamente proporcional a la diferencia de cargas entre las superficies freática y piezométrica, e inversamente proporcional a la resistencia hidráulica del mismo estrato.

Puesto que en este sistema sólo una parte del volumen bombeado procede del acuífero, y el resto es aportado por el estrato adyacente al semiconfinante, el abatimiento de los niveles piezométricos es menor que en el caso del acuífero confinado. Como la aportación vertical aumenta con el tiempo, el abatimiento de los niveles piezométricos va decreciendo, hasta que la aportación vertical equilibra el caudal de extracción; y en ese momento, los niveles piezométricos se estabilizan.

La solución correspondiente a este sistema es la siguiente:

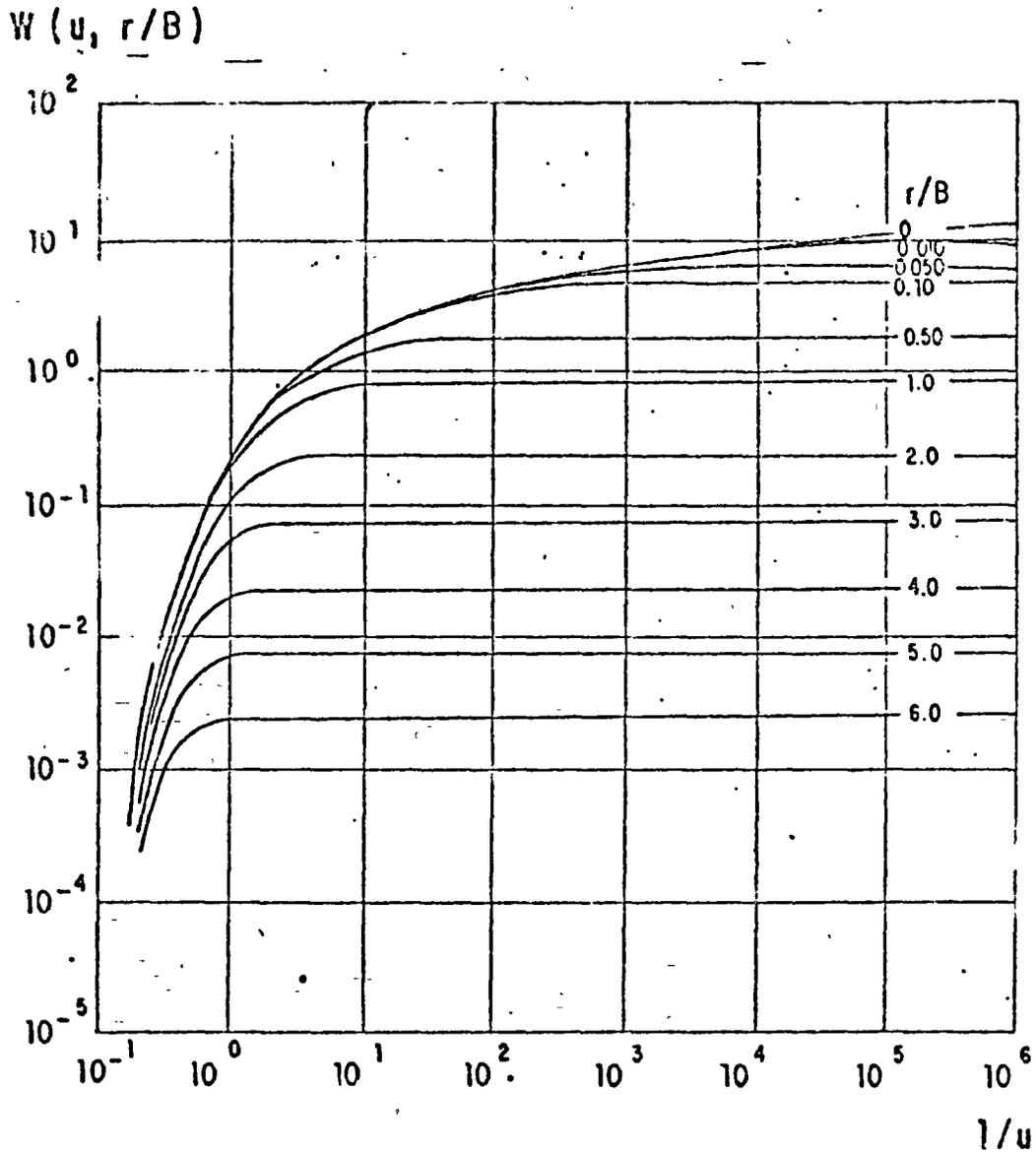
$$u = \frac{Q}{4 \pi T} W'(u; r/B)$$

donde:

$$B = \sqrt{T \cdot b' / k'}$$

siendo k' y b' la permeabilidad vertical y el espesor del estrato semiconfinante, respectivamente.

Las curvas tipo correspondientes a esta solución se presentan en la figura , en la cual puede apreciarse el comportamiento arriba descrito.



El procedimiento de interpretación de las pruebas en este caso es semejante al seguido en el caso de los -- acuíferos confinados, con la diferencia de que ahora debe buscarse la coincidencia entre la curva de campo y una de las curvas tipo. Lograda la coincidencia, se selecciona un punto de ajuste, y se substituyen los valores de sus coordenadas en las ecuaciones correspondientes, para deducir los parámetros buscados.



3.4.- POZOS EN ACUIFEROS LIBRES.

Los acuíferos libres se caracterizan por estar limitados superiormente por una superficie freática; puesto que el espesor saturado del acuífero varía con las fluctuaciones de esta superficie, la transmisibilidad del acuífero es también variable en el área y en el tiempo. Si las fluctuaciones de los niveles son poco significativas con respecto al espesor del acuífero, la transmisibilidad puede suponerse constante, y la interpretación de las pruebas se efectúa como si se tratara de un acuífero confinado. En cambio, si dichas fluctuaciones son importantes -específicamente, mayores del 20% del espesor saturado del acuífero-, los abatimientos medidos se corrigen en la forma siguiente:

$$a_c = a - \frac{a^2}{2b}$$

siendo a_c el abatimiento corregido, y b , el espesor saturado inicial del acuífero. Los abatimientos así corregidos, se interpretan como si se tratara de un acuífero confinado.

123



123

EJEMPLO DE SELECCION

BOMBA CENTRIFUGA

Datos para selección:

Capacidad requerida = 700 gpm agua 60°F, SP.Gr = 1.0

Presión de descarga = 20 psi. (manom.)

Longitud de conducción = 400'

diámetro de tubo de conducción = 5"

Accesorios de conducción:

1 válvula de compuerta 5" = 4.57'

2 Codos de 90° est.

Elevación de la descarga 30'

Elevación de succión : 10' Abierta

Diámetro de succión : 6"

Longitud de succión : 20'

Accesorios:

1 válvula check - 39'

1 Codo de 90° - 15.3'

S O L U C I O N

$$\begin{aligned} PD &= PFD + HD + PFD (LD) & ; & \quad PFD = 15.1\% \text{ pg. 15} \\ &= (20+14.7) (2.31) + 30 + (400+4.57+12.2+12.2) (0.151) \\ &= 80.16 + 30 + 64.77 & = & \quad 174.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PS &= PIS - HE - PFS (LS) & ; & \quad PFS = 6.21\% \text{ pg. 15} \\ &= (14.7) (2.31) - 10 - (20 + 15.3 + 39) (0.0621) \\ &= 33.96 - 10 - 4.61 & = & \quad 19.34' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CDT &= PD - PS = 174.93 - 19.34 = 155.59 \\ CDT &= 156' \end{aligned}$$

BOMBAS TURBINA

SELECCION

Datos de Anexo

Nivel de bombeo = 130'

Capacidad = 1000 gpm.

Presión en la brida de descarga = 30 psi.

Se requiere lubricación por aceite y motor eléctrico,
diámetro de ademe 14". Agua clara.

1) Cálculo de CDT

$$CDT = 130 + 30 (2.31) = 199.3'$$

$$\text{Considerando 3 pasos} \quad CDT/\text{paso} = 66.43'$$

2) 12MS2-3 $\eta = 85\%$, $K = 12.5$ 1760 RPM.

$$BHP = \frac{(1000) (199.43)}{3960 (0.85)} = 59.21$$

$$B = 12.5 (199.3) = 2491.25$$

3) De la pg. 1 diámetro de flecha 1-3/16"

.. diámetro de cubierta 2"

$$BHPF = 0.9$$

4) De la pg. 7 Columna modelo 8 x 2 x 1-3/16

$$PC = 3.2\% - \text{pg. 7}$$

$$LC = 140'$$

Orbezal de descarga de 8 x 8

$$WF = 3.8 \text{ Lb/pié} - \text{pg. 11}$$

$$MCD = 0.48' - \text{pg. 9.}$$

$$* CDT: = 130 + (30) (2.31) + (0.032) (140) + 0.48$$

$$CDTE = 204.25$$

$$CDTE/\text{paso} = 68.09 = 69' ; \eta = 84.5\%$$

$$* BHPF = \frac{(1000) (207)}{3960 (0.845)} + 0.9 = 62.76 \text{ HP}$$

$$\text{EHT} = (207)(12.5) + (3.8)(140) + (12)(3)(2.204) = 3298.64$$

$$\text{ETA} = 3200 \# \text{ H}$$

$$\circ \text{ EHT max.} = (84)(3)(12.5) + 3.8(140) + 12(3)(2.204)$$

$$\text{EHT max.} = 3761.36 = 3800 \#$$

$$\circ a = (0.150)(140)/100 = 0.210''$$

$$\text{de la pg. 10 e max.} = 0.750''$$

.. La selección es correcta

R E S U M E N :

Cuerpo de taranco modelo	12MSZ-3
14 Tramos de columna modelo	8 x 2 x 1-3/16 x 10'
catrojal de descarga modelo	8 x 8 x 16-1/2 (8C)
Motor eléctrico de	75 HP., 4 polos, VPH, APG., 220 V.
Tubo de succión	8 x 5 RAE
Colador técnico	54c-8c
Flecha motriz completa de	1-3/16
Tubo de descarga modelo	8 x 10 RUE
Prelubricador para	220 V.

$$\text{CNPSD} = 19.34 - (0.51) (2.32) = 18.16$$

De la curva característica adjunta

$$\eta = 78 \% \text{ Velocidad } 1750 \text{ RPM}$$

$$\text{CNPSR} \rightarrow \text{NPSH} = 9.8' \quad \text{CNPSD} = 18.16'$$

$$\text{HP} = \frac{(700) (156)}{3960 (0.78)} = 35.35 \text{ HP.} \quad \dots \text{ La selección es correcta}$$

Bomba Modelo : ZH5 con motor de 40 HP., 4 polos,
operación: 156' con 700 gpm, operando a
1750 RPM.

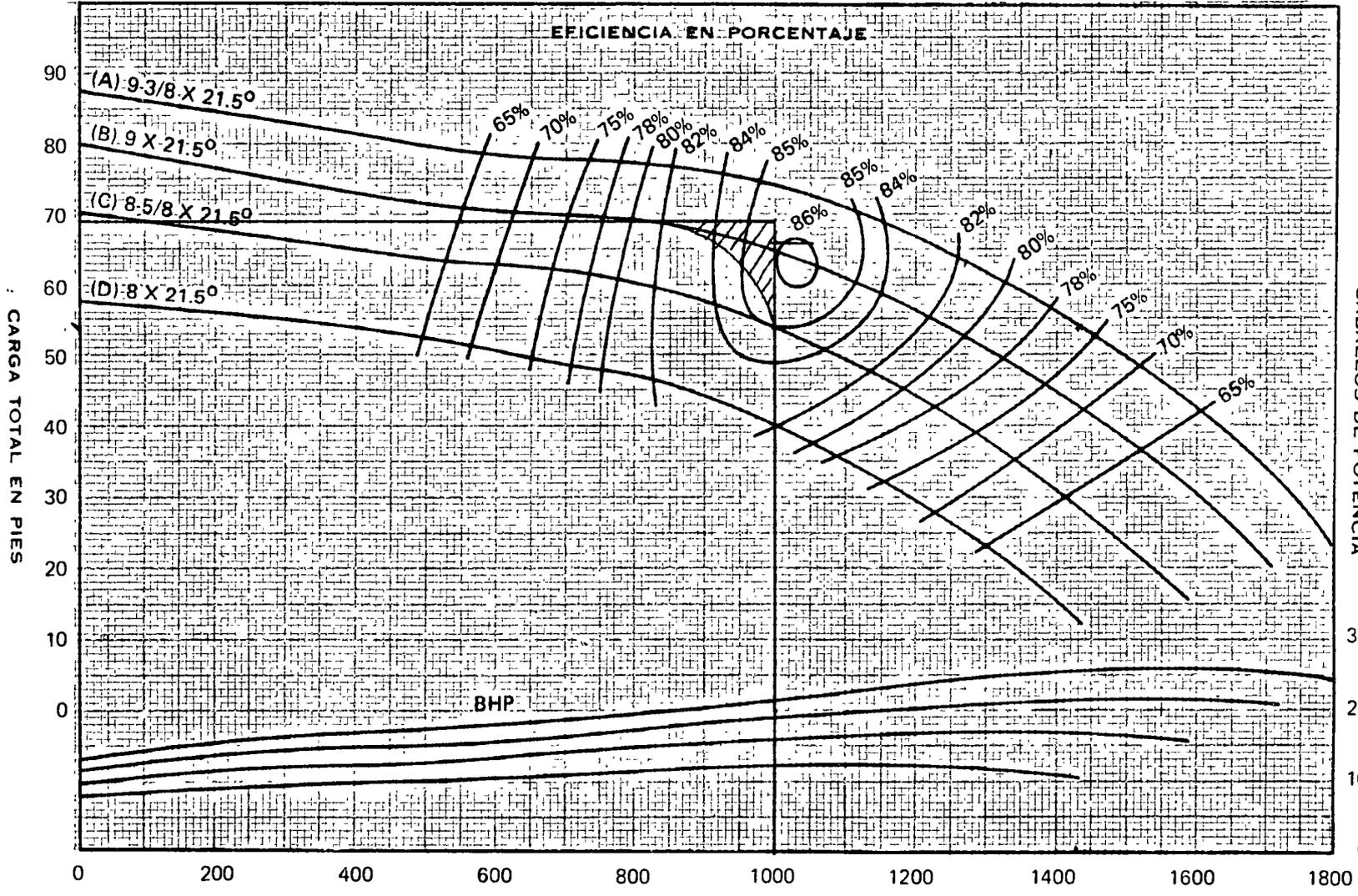
EMPUJE HIDRAULICO	FUG. CFS.	DIAMETRO DE PLACCA					
		2.9	2.54	3.01	3.81	4.28	4.92
LIBRAS		3/4	1	1 ³ / ₁₆	1-1/2	1 ¹¹ / ₁₆	1 ¹⁵ / ₁₆
500		.047	.026	.018	.012	.009	.007
600		.055	.032	.022	.014	.011	.008
800		.075	.042	.030	.019	.015	.011
1000		.094	.053	.037	.024	.019	.014
1200		.112	.063	.045	.028	.022	.017
1400		.131	.074	.052	.033	.026	.020
1600		.150	.084	.060	.038	.030	.022
1800		.169	.095	.067	.042	.033	.025
2000		.187	.105	.075	.047	.037	.028
2400		.225	.127	.090	.056	.044	.034
2800		.262	.148	.105	.066	.052	.039
3200			.169	.119	.075	.059	.045
3500			.190	.135	.085	.067	.051
4000			.211	.150	.094	.074	.056
4400			.240	.164	.103	.081	.062
4800			.253	.179	.113	.089	.067
5200			.274	.194	.122	.096	.073
5600				.209	.131	.107	.079
6000				.224	.141	.111	.084
6500				.243	.153	.120	.091
7000				.260	.164	.129	.098
7500					.176	.139	.105
8000					.188	.148	.112
9000					.211	.167	.126
10000					.234	.185	.140
12000					.261	.222	.168
14000						.259	.193
16000						.293	.224
18000							.252
20000							.290



JACUZZI-UNIVERSAL, S. A.
MONTERREY, N. L.

CURVA DE RENDIMIENTO PARA BOMBA TURBINA

12MS
SECCION
2120
DICIEMBRE
15 DE 1970



NUMERO DE TAZONES	CAMBIO DE EFICIENCIA
1	-3
2	-2
3	-1

El cambio de eficiencia puede afectar la carga y el cabalaje.

Diám. Tazón 11 1/4 Plg
Núm. Tazón 2952 S.C.I
Núm. Impulsor 2956, BRONCE
Area del Ojo del Impulsor 20 1 Plg.2
Tipo Impulsor SEMI-ABIERTO
K = 12.5

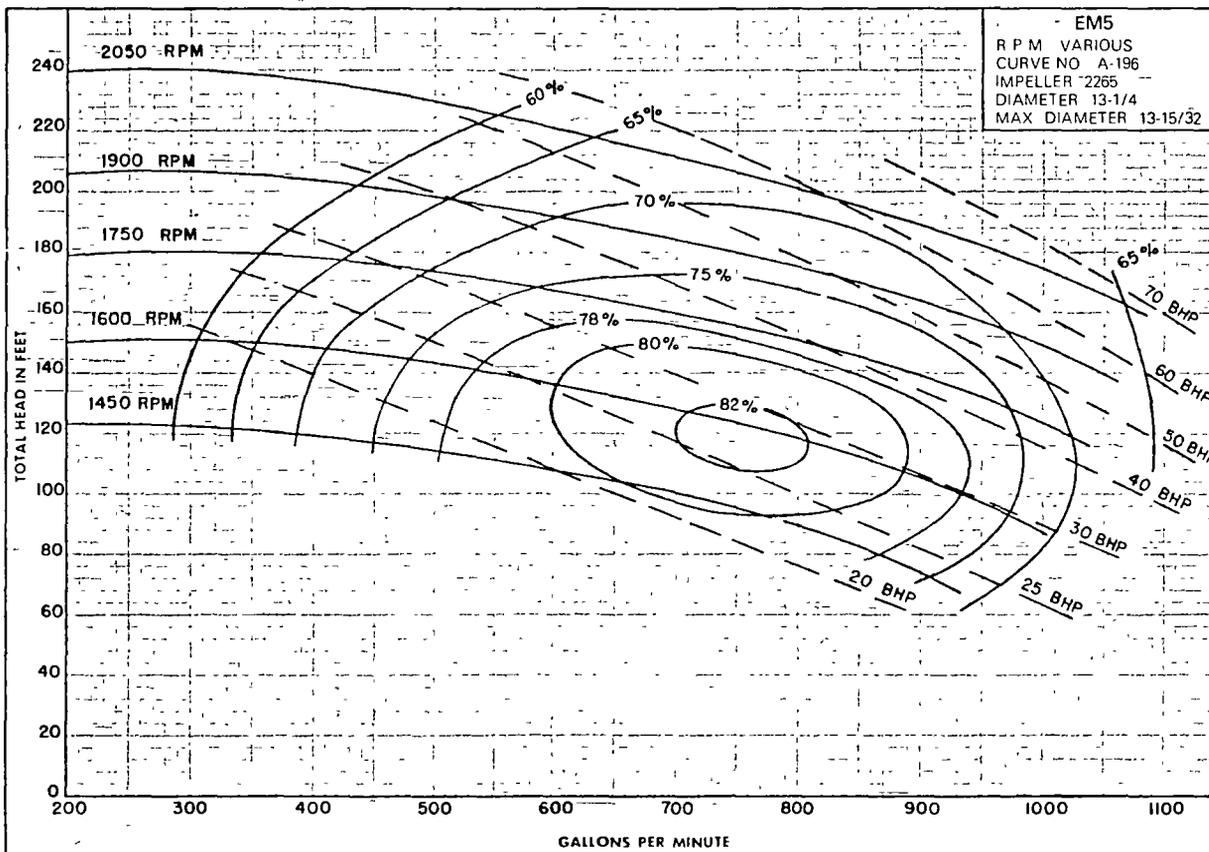
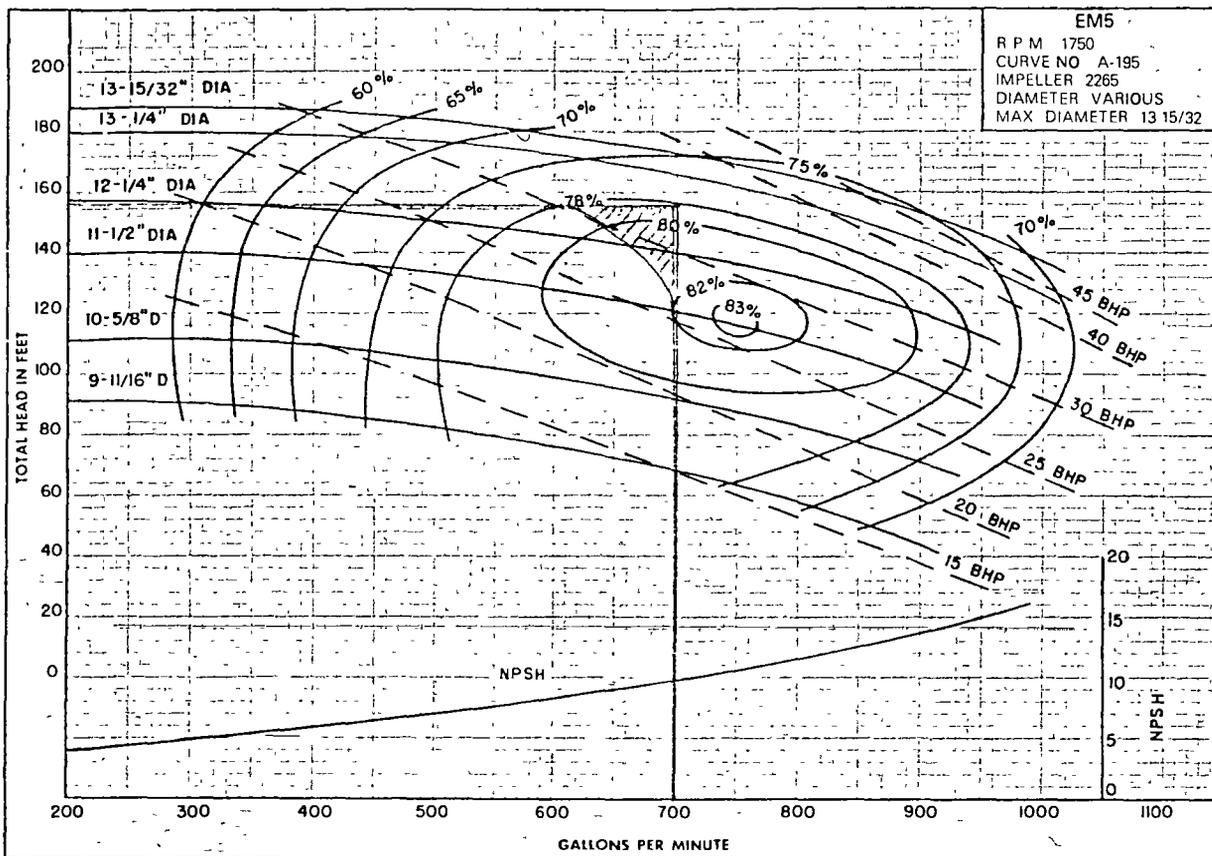
RENDIMIENTO POR ETAPA	
Curva No	12M-18
R P M	1/60
Tazón	12MS

La eficiencia esta basada en el bombeo de agua limpia, a una temperatura que no exceda de 30°C. (86°F) y que este libre de gas, aire o abrasivos, y con los impulsores ajustados apropiadamente y los tazones sumergidos

PARA CONVERTIR A METROS
MULTIPLIQUESE PIES X 0.305

PARA CONVERTIR A LTS./SEG
MULTIPLIQUESE GALONES-MIN X 0.6308

Model EM5 SINGLE-STAGE CENTRIFUGAL PUMPS



Reprinted from Science, June 21, 1963, Vol. 140, No. 3573, pages 1318-1320
Copyright © 1963 by the American Association for the Advancement of Science

Groundwater: Flow Toward an Effluent Stream

Abstract. Hydrodynamic, topographic, and geologic factors control flow of groundwater toward an effluent stream. Features of such flow are illustrated by a hydraulic model that simulates the stream and surrounding consolidated rocks. Colored ink in the flow system marks progress toward the stream. Visual analysis shows that groundwater moves into the effluent stream along curvilinear flow lines. The total head of groundwater beneath the stream increases with depth.

One of the most interesting groundwater flow-patterns in nature occurs in the vicinity of an effluent stream, a stream which is supplied by the surrounding groundwater. Legal disputes have arisen from misinterpretation of information about the flow patterns near such streams. Water levels in wells drilled along an effluent stream can be higher than the water level of the stream, and this fact has been submitted as evidence that groundwater and surface water are not connected (1).

Once established as a fact in court, a decision can be obtained in some states that action taken upon the groundwater

body cannot possibly have any effect on the surface water body. Such a stand may be taken by a groundwater user to prove that pumping cannot deplete surface water. A groundwater user could similarly argue that he cannot contaminate surface water by discharging waste into his well. Results derived from a hydraulic model, analogous to the geologic setting commonly found near an effluent stream, show that such arguments in many cases may be spurious. Only by adequate definition of both the geology and hydraulics near the stream can the courts render sound judgment on such matters (2).

The model (Fig. 1) consists of a watertight plexiglass case containing a porous consolidated mixture of sand and epoxy resin (3). It is 30 inches long, 1 inch thick, and 12 inches high at each end and slopes down to a small channel near the center. The channel represents the cross section of the effluent stream. Ink was discharged into the model through a perforated brass tube buried in each end. The ink entering the sand progresses through it and marks the path of flow, or flow line, from each perforation. Water was recharged into both ends and discharged only from the simulated stream. The

water table nearly coincided with the rock surface on either side of the stream. Figure 1 indicates the general direction of flow at several times after the flow of ink was started.

The flow lines turn up near the center and appear to defy gravity. Although the water is definitely flowing upward topographically, it is flowing downward hydraulically in accordance with physical principles. Groundwater always moves from regions of high hydraulic head to regions of low hydraulic head.

The effluent stream may be compared with a horizontal well. In a man-made well, an area of low head is produced by pumping and the groundwater thus flows from the surrounding areas of high hydraulic head to the region of lower head near the well. The effluent stream is also an area of low head, but the head distribution about the stream is a function of the topography and rainfall which have caused a high water table to form; a region of high hydraulic head surrounding the topographically low-stream channel is thus furnished. Consequently, water moves from the adjacent highland into the stream.

Figure 2 shows the flow diagram of the effluent stream model. Flow follows

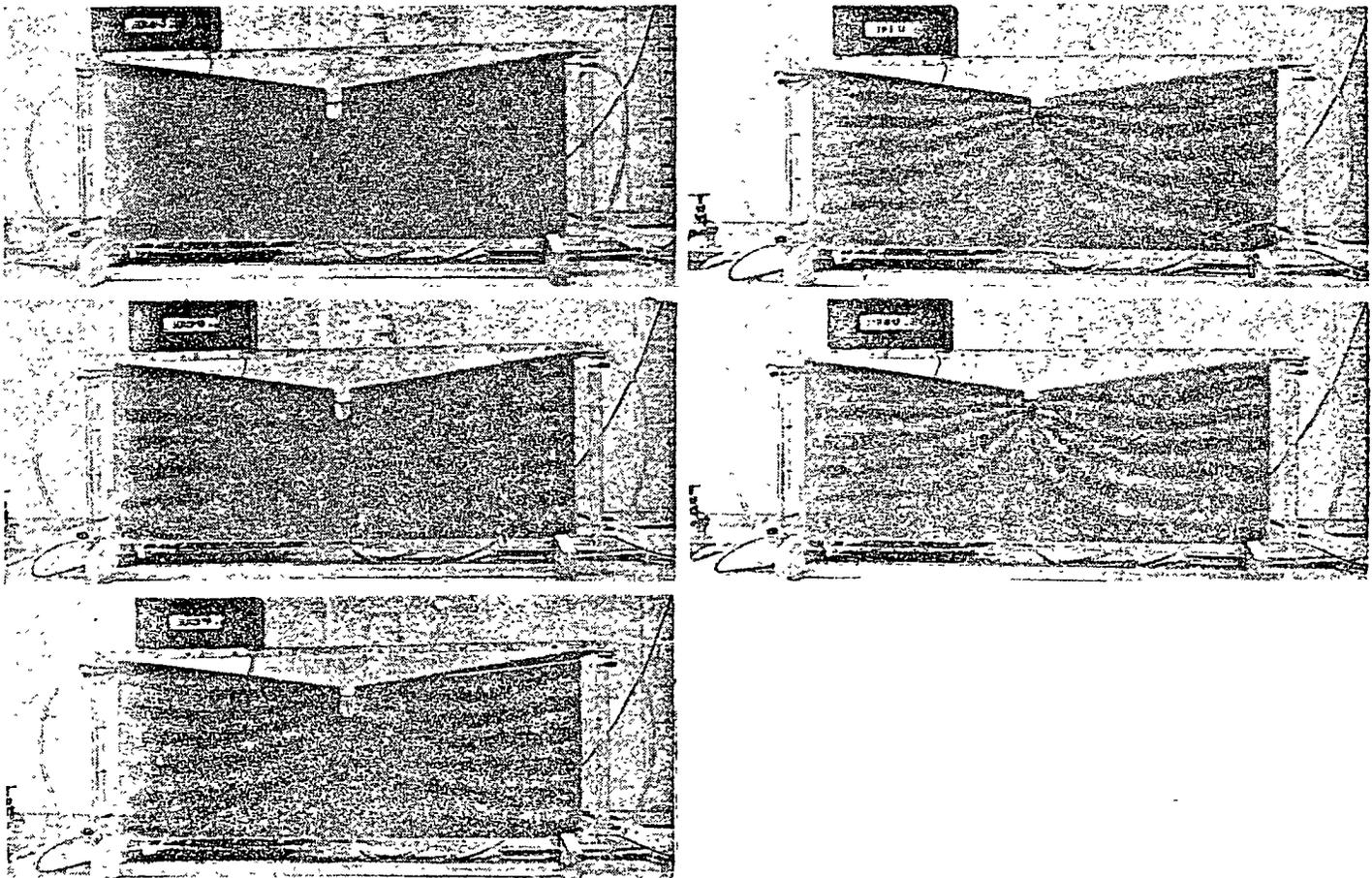


Fig. 1. Model of an effluent stream. Flow bands move through a porous medium of isotropic permeability.

the direction of maximum gradient as a ball takes the steepest path when rolling slowly down a hill. Since the gradients are maximum along paths normal to the equipotentials, the flow lines cross the equipotential lines at right angles and thus form a conjugate system. The equipotential lines beneath the stream become horizontal as they connect points of equal hydraulic head on opposite sides of the stream. The groundwater flow which crosses these equipotentials at right angles must therefore move vertically upward in this region.

The increased potential with depth beneath the effluent stream was verified in the model. Two wells were drilled in

the stream channel and screened at different depths. The water levels in the wells rose to different heights above the level of the stream itself. The deeper of the two wells had the higher water level which indicates the higher potential at greater depth.

The model (Fig. 1) contains a homogeneous medium with an isotropic permeability which resulted in a set of flow lines following smoothly curving paths. Figure 3 shows a model of an effluent stream similar to the one in Fig. 1. The consolidated medium was sand of the same type as Fig. 1, but packed unevenly. Variations in packing caused variations in permeability, which in turn caused the tortuous paths

of the flow bands (Fig. 3). Although the model in Fig. 1 was more convenient for theoretical studies of flow, the pattern of flow near an effluent stream in nature may be much less predictable because the permeability is not generally uniform.

Comparison of the rates of movement of the flow lines (Fig. 1) shows that the flow along the base of the aquifer is much slower than at points higher in the model. This knowledge is very important in studying streams near the sea which are subject to onshore winds and salt water tides. The salt water may move up the stream during a storm and raise the water level, and thus temporarily reverse the groundwater gra-

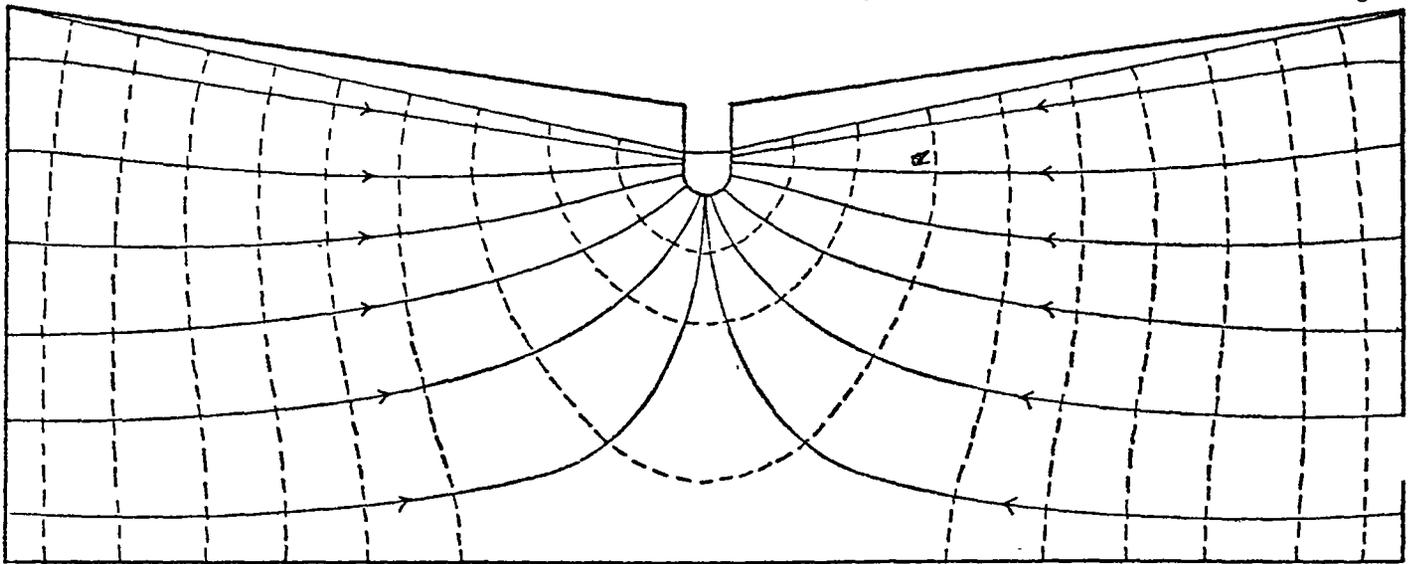


Fig. 2. Flow diagram of effluent stream model shown in Fig. 1. The path which a particle of water follows is called a flow line; these are represented by solid lines with arrows. The head decreases along the path of flow. Lines connecting points of equal head are called equipotential lines and are indicated by dashed lines. An unlimited number of flow and equipotential lines can be drawn in any flow system; however, in a flow diagram a finite number of lines suffices to illustrate best the general pattern (about 1/4 actual size).

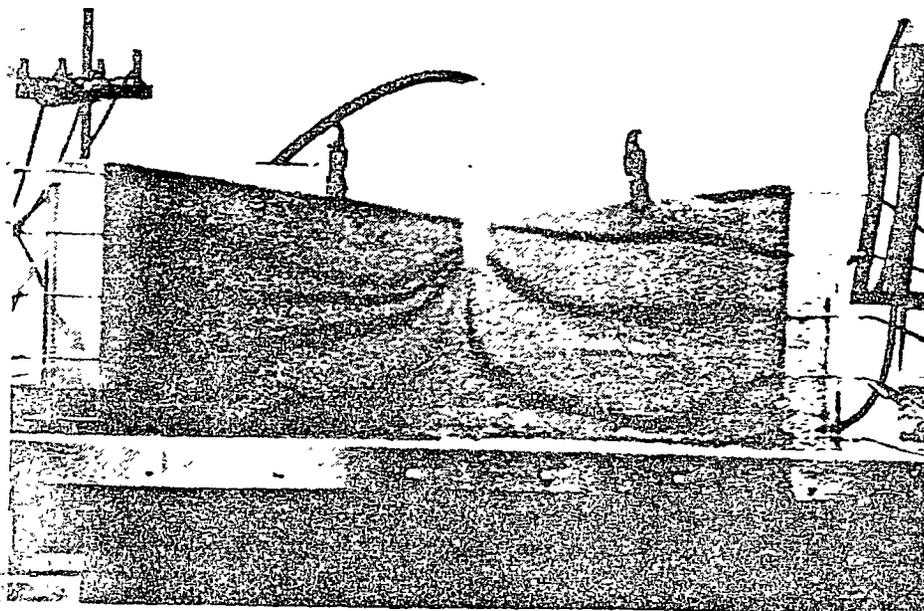


Fig. 3. Model of an effluent stream. It contains a porous medium of anisotropic permeability.

dient. During this temporary flow reversal, salt water moves from the stream into the ground water body and because of its high density may eventually sink to the bottom of the formation (4). A salt-water mound is thereby formed beneath the stream channel, this mound may have a long-lasting, detrimental effect on water-supply wells in the deep portion of the aquifer near the stream channel. Although the original groundwater gradient may be resumed soon after the stream subsides, a long time will be required to wash out all the salt by the comparatively slow movement of groundwater through the deep zone. A town's water supply can be temporarily impaired beyond use by this phenomenon, but this occurrence can be avoided if water-supply wells are placed at a safe distance from the bank of any stream subject to salt-water tides.

Directorio de Alumnos al curso "PERFORACION DE POZOS PARA AGUA"
efectuado del 6 al 17 de Marzo de 1978.

1. SR. MARCELO ACOSTA SOTO
S.A.H.O.P.
P. de la Reforma 77-9°
México, D.F.
Calle 19 No.280
Col. Prohogar
México 15, D.F.
Tel. 556.57.01
2. ING. EZEQUIEL ALANIS FLORES
SAH.O.P.
Residencia Gral. de Const. de Sist. de
Agua Potable
Luis Moya 237
Morelia , Mich.
Tel. 2.25.32
Bartolomé de las Casas 506
Morelia, Mich.
Tel. 2-96-10
3. SR. RAUL ALFARO REJON
Fideicomiso de Crédito en Areas de Riego
Florenia 57-501
Col. Juárez Z.P.6
Tel. 514.23.47
Tepeyac 140
Col. Industrial
México 14, D.F.
Tel. 517.86.83
4. SR. ALEJANDRO R. ALVARADO ORTUÑO
Subresidente de Geohidrología y Zonas Aridas
S. A.R.H.
Amado Nervo 725
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. 3.07.69
Valentín Gama 1040
Col. Aguila
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. 3.61.59
5. ING. DANIEL JOEL ARCOS HERNANDEZ
Comisión de Aguas del Valle de México
Jefe "B" de oficina
Balderas 55
México 1, D.F.
Tel. 510.09.87
Bosques de Tabasco 19
Sta. Mónica, Edo. de México
Tel. 398.21.60
6. ING. JOSE ARELLANO GALVAN
S.A.H.O.P.
27 de Septiembre 292
Díaz Mirón 575
Colima, Col.
Tel. 2.20.11
7. SR. JOSE ARREDONDO DIAZ
S.A.H.O.P.
Zona Industrial
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. 2.32.30 Ext. 35 y 38
Geólogos 102
Col. H. Nacional
San Luis Potosí, S.L.P.

8. ING. ALFREDO BERLANGA MARTINEZ
LA OLMECA, S.A.
Jefe de Obra
Culiacán 123 -1006
México 11, D.F.
Tel. 584.54.70
Gardenas 60
Izcalli Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de Méx.
9. ING. JUAN BERNAL MIRANDA
Comisión de Aguas del Valle de México
Balderas 55-3^o
México 1, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext. 307
Calz. de los Tenorio 150
Villa Coapa
México 22, D.F.
10. ING. LUCIO BONILLA VAZQUEZ
Constructora y Perforadora Agrícola S.A.
Reforma 51-4
México 1, D.F.
Tel. 591.15.55
Edificio 25-002
Villa Olímpica
México 22, D.F.
Tel. 573.58.89
11. SR. MARIO CAMACHO MORALES
S.A.H.O.P.
Residente General de Const. Sist. de
Apa.
Centro SCOP
México 12, D.F.
Xola 318-203
Col. del Valle
México 12, D.F.
12. ING. SOCRATES CARRASCO JIMENEZ
S.A.H.O.P.
Geólogo de la Residencia de Agua Potable
J.P. García 209
Oaxaca, Oax.
Tel. 6.56.02
J.P. García 209
Oaxaca, Oax.
13. ING. MARIO CINTORA FRANCO
Construcciones Horizonte, S.A. de C.V.
Galeana III
Col. Tlalpán
México 22, D.F.
Tel. 573.79.00
Rincón del Sur 15 Edif. 4-2
Bosque Residencial del Sur
Xochimilco
14. SR. ELISEO CONTRERAS AGUILAR
S.A.H.O.P.
Zaragoza 263
Querétaro, Qro.
Tel. 2.30.75, 2.09.41

15. SR. RUBEN GUADALUPE COTA OSUNA
S.A.H.O.P.
Dir. Gral. de Const. de Sist. de Agua
Pot. y Alcantarillado
Vallarta 5-4°
Col. San Rafael
México 4, D.F.
Río Churubusco 269-11°
Col. General Anaya
México 13, D.F.
Tel. 534.46.71
16. SR. ANDRES CRUZ SALAS
Servicios Hidráulicos y Mantenimientos
Geranio 329
Col. Sta. Ma. Insurgentes
México 4, D.F.
Tel. 583.84.87
Cerdeña 402
Col. Cosmopolita
México 15, D.F.
17. ING. DANIEL E. DELGADILLO O.
Comisión del Papaloapan
Dom. Conocido
Cda. Aleman, Ver.
Tel. 3.02.73 y 3.02.39
Av. Montessori 13
Col. Maestro Federal
Puebla, Pue.
Tel. 45.03.37
18. ING. FRANCISCO HUMBERTO DURAN RAMIREZ
S.A.H.O.P.
Bolívar 500
Chihuahua, Chih.
Tel. 2.24.04
Oceano Pacífico 2119
Col. FOVISSSTE
Chihuahua, Chih.
19. SR. JOSÉ LUIS ENDERLE PEREZ
S.A.H.O.P.
Reforma 77-9°
México, D.F.
Tel. 591.07.27
Amores 1029
Col. del Valle
México 12, D.F.
Tel. 559.01.06
20. SR. VIRGINIO ESPINOSA PEREZ
Georama, S.A.
Culiacán 123-1005
México 11, D.F.
Tel. 574.54.91
Sur 119 A
Col. Escuadrón 201
México 13, D.F.
21. ING. JOSE FEMAT RODRIGUEZ
S.A.H.O.P.
Centro SAHOP NO. 1 Km.79
Lagos de Moreno, Aguascalientes
Tel. 5.33.57
Niza 106
Col. del Valle
Aguascalientes, Ags.
Tel. 6.10.21
22. SR. BENITO GARCIA LOZADA
Georama, S.A.
Culiacán 123-704
México 11, D.F.
Tel. 574.54.91
Manizales 785
Col. Lindavista
México 14, D.F.
Tel. 586.70.47

23. SR. JOSE ROGELIO GARCIA MARTINEZ
S.A.H.O.P
Vallarta 5-402
México, D.F.
Tel. 566.97.82
Pto. de Guaymas 15
Col. Casa Alemán
México 14, D.F.
Tel. 781.73.56
24. SR. ENRIQUE GARDUÑO NAVARRO
Rossini 71
México 2, D.F.
Tel. 583.04.85
25. SR. JULIO CESAR GARZA FLORES
Perforaciones y Equipo Garza Thomae, S.A.
Blv. J. Valdéz Sánchez 1987
Saltillo, Coah.
Tel. 3.77.62
Calle E. Aguirre Benavides 265 Norte
Torreón, Coah.
Te. 3.36.32
26. ING. MARTE R. GOMEZ VILCHIS
Supervisor
Plaza Fray Andrés de Castro Edif. A y B
Toluca, México
Blanco Fombona 2705
Col. Villa de Cortés
México 13, D.F.
Tel. 519.23.26
27. SR. OSCAR F. GOMEZ Y SERNA
Comisión de Aguas del Valle de Mexico
Balderas 55-4°
México 1, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext. 410
Edif. H-22, Entrada 4-12
Col. Lomas de Plateros
México 19, D.F.
Tel. 651.39.33
28. SR. MARIO GUILLEN ESPINOSA
Comisión de Aguas del Valle de Mexico
Balderas 55
México 1, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext. 208 y 218
Recreo 3 Bis Depto. 302
Col. Azcapotzalco
México 16, D.F.
29. SR. RUBEN HERNANDEZ GAMEZ
Turbomex, S.A.
Marina Nal. 100-6
Col. Popotla
México 17, D.F.
Edif. 30-A-101
Unidad Lindavista Vallejo
México 14, D.F.
TEL. 587.62.64
30. SR. JOSE A. HERREJON PEREZ
S.A.H.O.P.
Palacio Federal 2°
Cda. Victoria, Tam.
Tel. 2.08.36
Carrera Torres 1406 Ote.
Cda. Victoria, Tam.
Tel. 2.26.19

31. SR. ROBERTO HIDALGO PADILLA
LA OLMECA S.A.
Culiacán 123 -1006
Méxicoll, D.F.
Tel. 584.54.70 y 574.29.55
32. SR. WALTER J. IDSELLIS EDER
S.A.R.H. Tonalá 106-2
Comisión de Aguas del Valle de México Col. Roma
Balderas 55-4° México 7, D.F.
México, D.F. Tel. 584.11.68
Tel. 585.50.66 Ext.418
33. SR. AMADO KASSAB OLGUIN
S.A.H.O.P. 134 Ote. No.216
Reforma 77-9° Col. Moctezuma
México 4, D.F. México 9, D.F.
Tel. 591.07.27 y 535.50.75 Tel. 7.62.78.45
34. SR. DEMETRIO KESSEL ARAGON
Comisión de Aguas del Valle de México Av. Revolución 405
Balderas 55-4° Col. Sn. Pedro de los Pinos
México 1, D.F. México 18, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext.408 Tel. 515.40.5
35. LIC. ENRIQUE LANDA FILSINGER
Representaciones Especializadas, S.A.
Galeana III
Col. Tlalpán
México 22, D.F.
Tel. 573.79.00
36. ING. J. ENRIQUE LEON SERRET
E.S.I.A. I.P.U. Edif. 59-B Depto. 302
Zacateco, D.F. Condominios Lindavista
Col. Lindavista Vallejo
México 14, D.F.
Tel. 567.62.27
37. SR. HECTOR MANUEL MACHADO GARCIA
S.A.H.O.P. Progreso 23-3
Vallarta 9 -5° Col. Industrial
Col. Tabacalera México 14, D.F.
México, D.F. Tel. 566.97.71
Tel. 591.17.40

38. ING. JAVIER MALAJEVICH SAINZ
S.A.H.O.P. 13 Ote. No. 213-8
Curida y Alcocer Esq. Calz. de los Misterios Puebla, Pue.
Tlaxcala, Tlaxcala
Tel. 2.00.49
39. ING. M. SALOMON MARMOLEJO G
M.S.A. DE MEXICO S.A. DE C.V. Valle de Bravo 65
Fco. I. Madero 84 Naucalpan Col. Vergel de Coyoacán
Edo. de México México 22, D.F.
40. SR. RENAN MENDEZ RAMOS
GEORAMA S.A. Sindicalismo 87-113
Culiacán 123-704 Col. Escandón
México 11, D.F. México, D.F.
Tel. 574.54.91 Tel. 524.39.00
41. ING. JAIME MIRANDA RIVERA
E.S.I.A. Rafael Delgado 16
Unidad Profesional de Zacatenco Edif. 4 Col. Obrea
México 14, D.F. México 8, D.F.
Tel. 761.05.12
42. SR. ROBERTO MONJARAS RICO
Dirección Gral. de Fuentes de Av. Reforma 201
Abastecimiento Texmelucan, Pue.
Vallarta 9 Tel. 4.07.27
México, D.F.
43. SR. ARMANDO MORGA GOMEZ
Comisión de Aguas del Valle de Mexico Andador 23-34.2
Balderas No. 55-4° Col. Acueducto de Gpe.
México 1, D.F. México 14, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext. 414 Tel. 392.65.44
44. SR. SERGIO RAUL OLMOS MELENDEZ
GEORAMA S.A. Cd. Lago Sn. Pedro 79
Culiacán 123-704 Col. Pensil
México 11, D.F. México 17, D.F.
Tel. 574.54.91
45. ING. ELIAS ONTIVEROS HDERNANDEZ
Fondo de Garantía Calle 3a. No. 105
Banco de México, S.A. Col. N. los Angeles
Edificio Diana 7° Torreón, Coah.
Puebla, Pue. Tel. 3.03.82

46. ING. GUILLERMO QUIROZ BELLO
S.A.H.O.P.
3 Sur 3704
Puebla, Pue.
Tel. 43.40.40
10 Pte. No. 2333-1
Puebla, Pue.
Tel. 41.42.31
47. ING. RAYMUNDO RAMIREZ AGUILAR
Altos Hornos de México, S.A.
Dom. Conocido
Monclova, Coah.
Tel. 3, 111 Ext. 437
Pipila 718
Monclova, Coah.
Tel. 3.2872
48. ING. RICARDO REYES MEDEL
Constructora Huasteca del Noroeste S.A.
Av. Morelos 98-606
Col. Juárez
México, D.F.
Tel. 546.36.12
Cerro de Macuiltepec 412
Col. Campestre Churubusco
México 13, D.F.
Tel. 549.39.43
49. ING. ALFONSO REYNAGA MARTINEZ
S.A.H.O.P.
Residencia de Const. Agua Potable y Alc.
José Gpe. Zuno 2195
Guadalajara, Jal.
Tel. 16.56.93 y 16.56.94
Isla Caimán 3088
Guadalajara 9, Jal.
50. SR. JOSE CARLOS RIVERA MARTINEZ
GEORAMA S.A.
Culiacán 123-704
México 11, D.F.
Tel. 574.52.13
Andador 3 Casa 11-1
Col. Acueducto Gpe.
México 14, D.F.
Tel. 342.25.77
51. SR. FERNANDO ROBLES USSHER
S.A.R.H.
Amado Nervo 725
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. 3.0769
Vista Hermosa 680
Col. Las Aguilas
San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. 3.59.65
52. SR. DANIEL ROMERO ARELLANO
S.A.R.H.
Comisión de Aguas del Valle de México
Balderas No. 55-4°
México 1, D.F.
Tel. 585.50.66 Ext. 418
Rio de la Cadena 15
Fracc. Real del Moral
México 9, D.F.
53. SR. JESUS RUIZ ELIZONDO
C. F. E. y en la U.N.A.M.
Melchor Ocampo 455-6°
México, D.F.
Tel. 553.71.33 Ext. 2409 548.96.69
Av. Sn. Bernabe 577 A
San Jerónimo Z.P.20
Tel. 595.11.93

54. SR. GUSTAVO ADOLFO SALAS GARCIA
ECISA CONSTRUCCIONES S.A.
Av. Chapultepec 318 Despacho 502
México, D.F.
Tel. 533.03.34
Convento de Tepozotlán 17
Sta. Mónica, Edo. de Méx.
Tel. 397.42.16
55. SR. AGUSTIN ENRIQUE SANTA MA. GLZ.
Constructora Huasteca del Noroeste S.A.
Morelos 98-606
México 6, D.F.
Tel. 592.08.99 y 592.00.65
Parroquia 310-2
Col. del Valle México 12, D.F.
Tel. 534.38.93
56. SR. FERNANDO ALFREDO SANTILLAN DEL RIO
S. A. H.O.P
Residente Gral. de Const. de Sist. de
Agua Potable y Alcantarillados
Leyva 500
Cuernavaca, Morelos
Tel. 24244 y 40246
Calle Uno No. 10
Club. de Golf México
México 22, D.F.
Tel. 573.44.92
57. SR. JUAN SANTOS RAMIREZ
LA OLMECA S.A.
Culiacán 123-1006
México 11, D.F.
Tel. 584.55.81
Filósofos 15
Jardines de Churubusco
México, D.F.
Tel. 670.29.46
58. ING. GALDINO TORRECILLAS
S.A.H.O.P.
Palacio Federal
Durango, DGO.
Tel. 1,99.47
Canelas 1115
Durango, DGO.
Tel. 1.87.39
59. SR. GILBERTO TORRES LANDEROS
Perforaciones y Hobras Hidráulicas S.A. DE C.V.
Subgerente
López Cotilla 1906
Guadalajara, Jal.
Tel. 16.52.89
Mariano Rodríguez 2585
Fracc. Higuierillas
Guadalajara, Jal.
Tel. 12.91.50
60. SR. JAIME A. TINAJERO G.
Comisión del Plan Nacional Hidráulico
S.A.R.H.
Tepic 40-2°
México 7, D.F.
Tel. 584.72.24
Alcazar 6-4
Fracc. Jardines del Sur
Xochimilco México, D.F.
Tel. 564.07.59
61. SR. ISMAEL TREJO MENDEZ
S. A.H.O.P.
González Ortega 132
Zacatecas, Zac.
Tel. 2.14.19
Fco. Murguia 701
Col. Panfilo Natera
Zacatecas, Zac.
Tel. 2.23.97

62. SR. SALVADOR TURRUBIARTE BARRON
Taller Turrubiarte
Gerente
Juárez 464
Celaya, Gto.
Tel. 2.02.12
63. ING. MIGUEL ANGEL URIARTE C.
LA OLMECA S.A.
Culiacan 123-1006
México 11, D.F.
Tel. 584.54.70
Trebol 36-3
Sta. Ma. la Ribera
México 4, D.F.
64. ING. JUAN JOSE VALDEZ RODRIGUEZ
S.A.H.C.P.
Hidalgo 506 D
Monterrey, N.L.
Juárez 317 Nte.
El Cercado
Nuevo León
Tel. 5.08.70
65. SR. FRANCISCO M.A. VAZQUEZ DE LA C.
RALF-MEC, S.A.
Miramón 157
Col. Martín Carrera
México 14, D.F.
Tel. 781.63.96
Bugambilias 3-7
Unidad Adolfo Lopez Mateos
Viveros de la Loma
Edo. de México
Tel. 397.04.65
66. ING. LUIS G. VAZQUEZ DE LA CERDA
RALF-MEC, S.A.
Miramón 157
Col. Martín Carrera
Mexico 14, D.F.
Tel. 781.63.69
Av. de las Granjas 46
Unidad A. López Mateos
Viveros de la Loma, Edo. de Mex.
Te. 3.97.17.47
67. SR. RAFAEL VAZQUEZ RODRIGUEZ
LA OLMECA S.A.
Culiacán 123-1006
México 11, D.F.
Tel. 584.54.70
Ote. 172 # 227
Col. Moctezuma, México, D.F.
68. ING. LUIS A. VERA VELAZQUEZ
Dirección General de Operación de
Sistemas de A.P.A.
Reforma 77-9°
México 1, D.F.
Tel. 535.50.75
Real del Monte 56-2
Col. Industrial
México 14, D.F.

0.

1000

• • DISEÑO Y SELECCION DE • •
EQUIPOS DE BOMBEO

México, C. F.

Marzo 15, 1978 •

AGENDA GENERAL DE LA CONFERENCIA

I) BOMBAS

- Función de la Bomba como maq. Hidráulica.
- Tipos generales de bombas.
- Características funcionales de los tipos de bombas.

II) BOMBAS CENTRIFUGAS

- Principio operativo de una bomba, partes principales Leyes de Afinidad y característica operativa.
- Tipos Generales de bombas de acuerdo a la velocidad específica.
- Tipos generales de bombas de acuerdo a su uso.

III) DATOS GENERALES DE SELECCION (Determinación)

- Capacidad de diseño
- Presión de descarga
- Presión de succión
- Líquido Manejado — { Presión de Vapor
Densidad Específica
Viscosidad
- Temperatura de operación
- Sólidos en suspensión
- Afinidades químicas

IV) BOMBAS HORIZONTALES -SELECCION-

- Curvas características
- Selección de Materiales
- Selección de Accionador
- Límites de operación

V) BOMBAS VERTICALES -SELECCION-

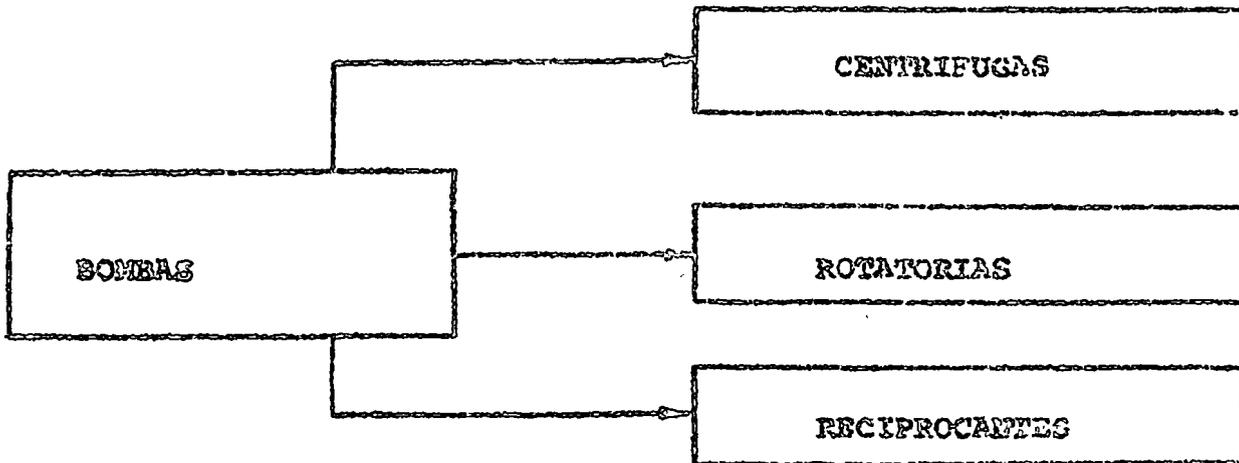
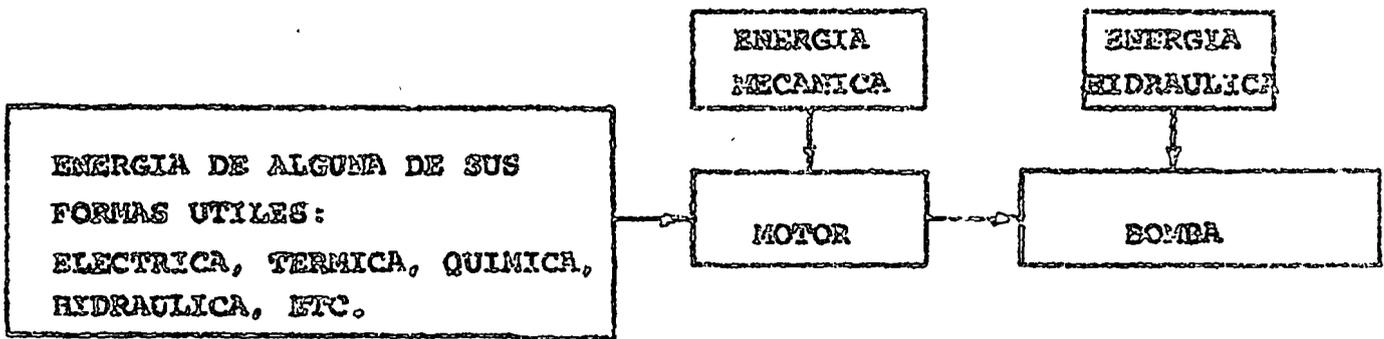
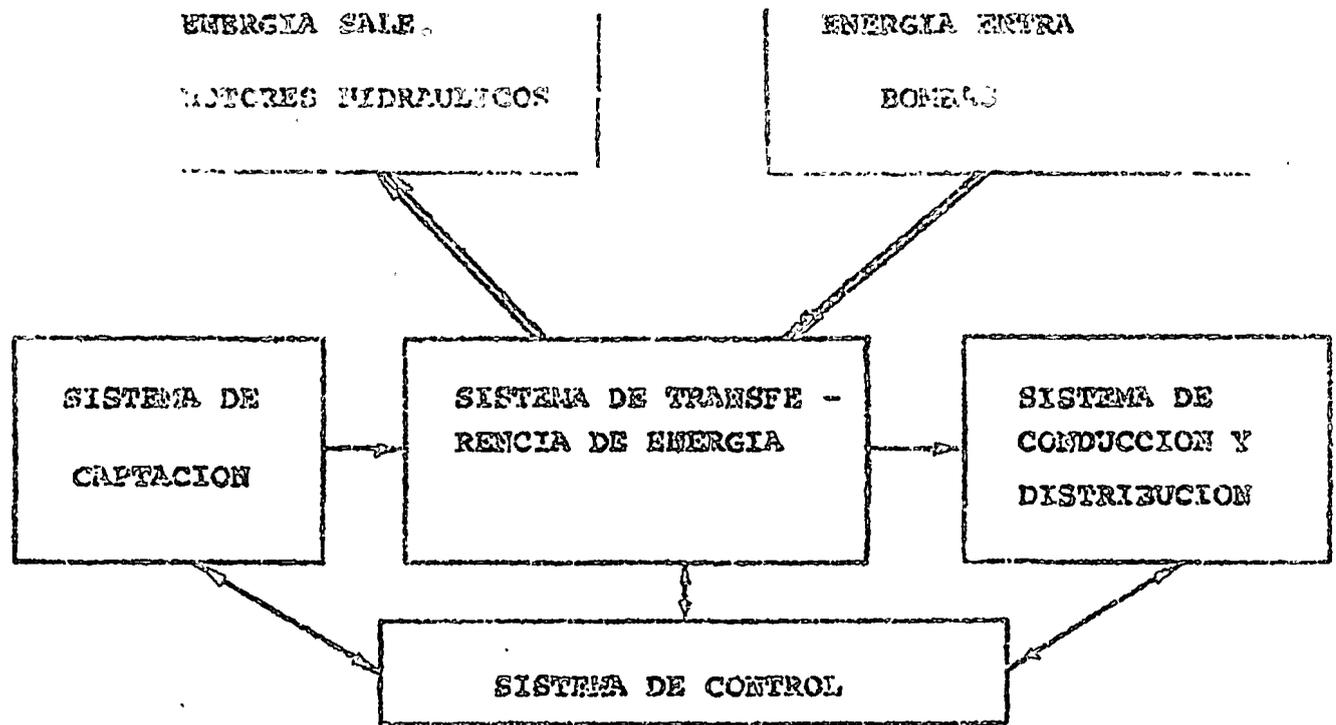
- Datos de Afuro
- Tipo de Lubricación
- Longitud de la columna y diámetro max. en tuzenas
- Selección del cuerpo de tuzenas
- Selección del diámetro de flecha
- Selección de la columna de descarga
- Determinación de las condiciones de operación
- Selección de Accesorios y Equipo periférico

VI) EJEMPLOS :

- Bombas Horizontales
- Bombas Verticales

VII) PREGUNTAS

ESQUEMA GENERAL DE UN
 SISTEMA HIDRAULICO



	CENTRIFUGAS		ROTATORIAS	RECÍPROCANTE		
	Voluta Y Difusor	Flujo Axial	Tornillo Y Engranos	Acción Directa	Doble Acción	Triplez
1) Flujo en la descarga:	Continuo	Continuo	Continuo	Pulsante	Pulsante	Pulsante
2) Altura max. succión (mts)	4.57	4.57	6.70	6.70	6.70	6.70
3) Líquidos que pueden Manejar :	Limpios, Claros, Sucios y Abrasivos; con un alto contenido de sólidos		Viscosos y No Abrasivos	Limpios y Claros		
4) Rango de presiones de descarga:	De Bajo a Alto.		Medianas	De Bajo a las más Altas Posibles		
5) Rango de Capacidad - Usual :	De Bajo a los más Altos Manejables		De Bajo a Mediano.	Relativamente Bajo		
6) Efectos de :						
Aumento en la carga:						
Capacidad :	Baja		No Hay	Baja	No Hay	No Hay
Potencia Demandada	Depende de la velocidad específica		Sube	Sube	Sube	Sube
Decremento en la carga						
Capacidad:	Sube		No Hay	Sube	No Hay	No Hay
Potencia Demandada :	Depende de la velocidad específica		Baja	Baja	Baja	Baja

VELOCIDAD ESPECIFICA

$$N_s = \frac{RPM \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

EN GENERAL $500 < N_s < 20,000$

A) FLUJO RADIAL

$N_s < 4200$ Succión sencilla

$N_s < 6000$ Doble succión

* BAJO GASTO = CARGAS ALTAS

B) FLUJO MIXTO

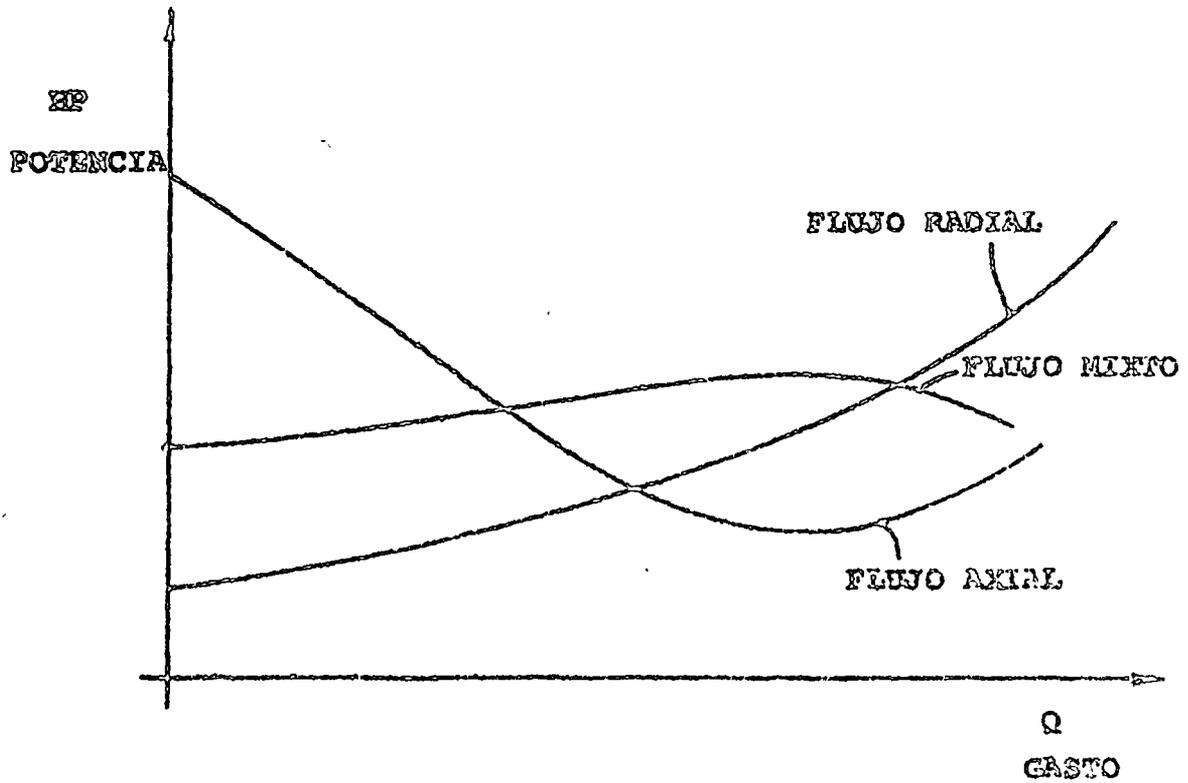
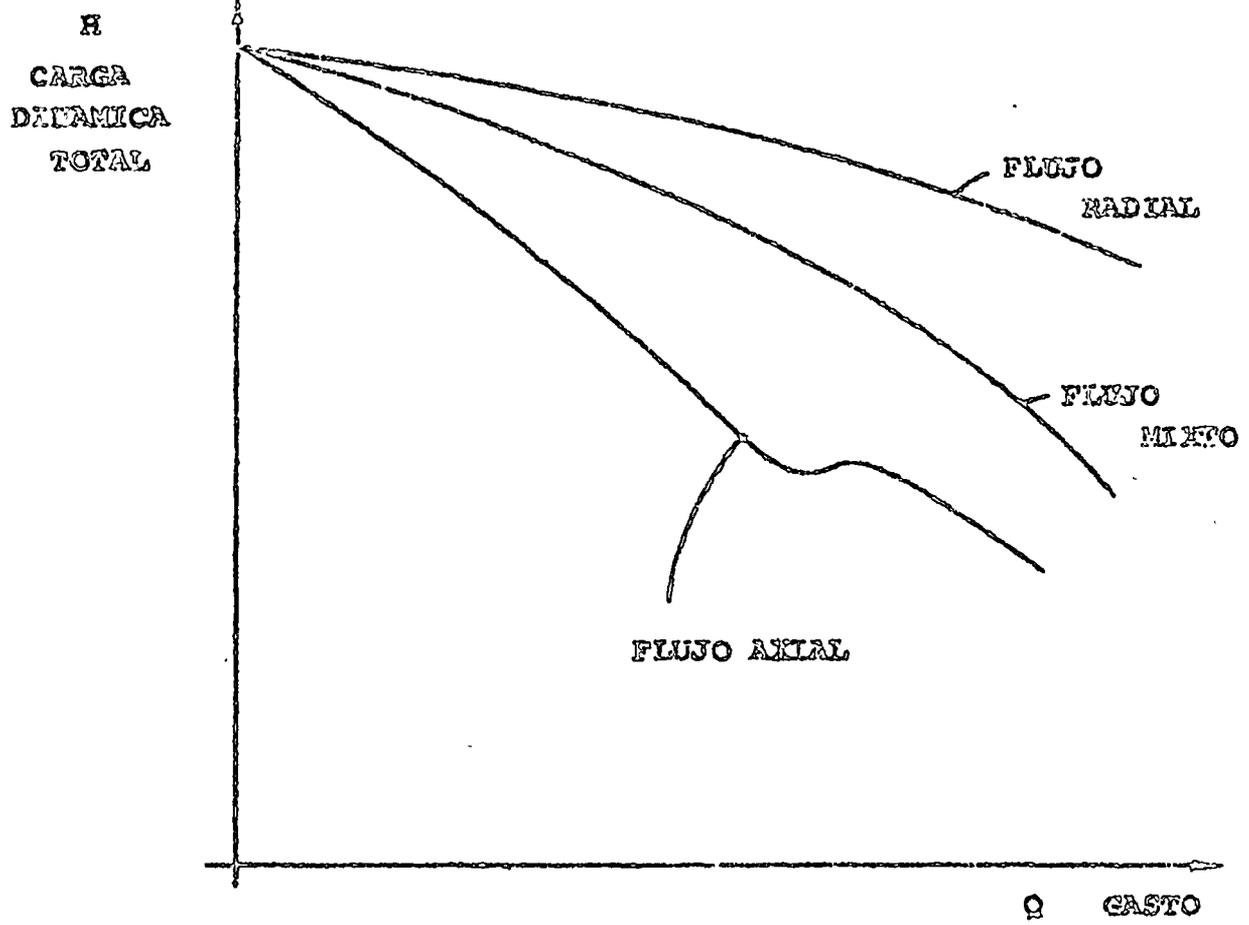
$4200 < N_s < 9000$

* GASTO MEDIO - ALTO = CARGAS MEDIAS - BAJAS

C) FLUJO AXIAL

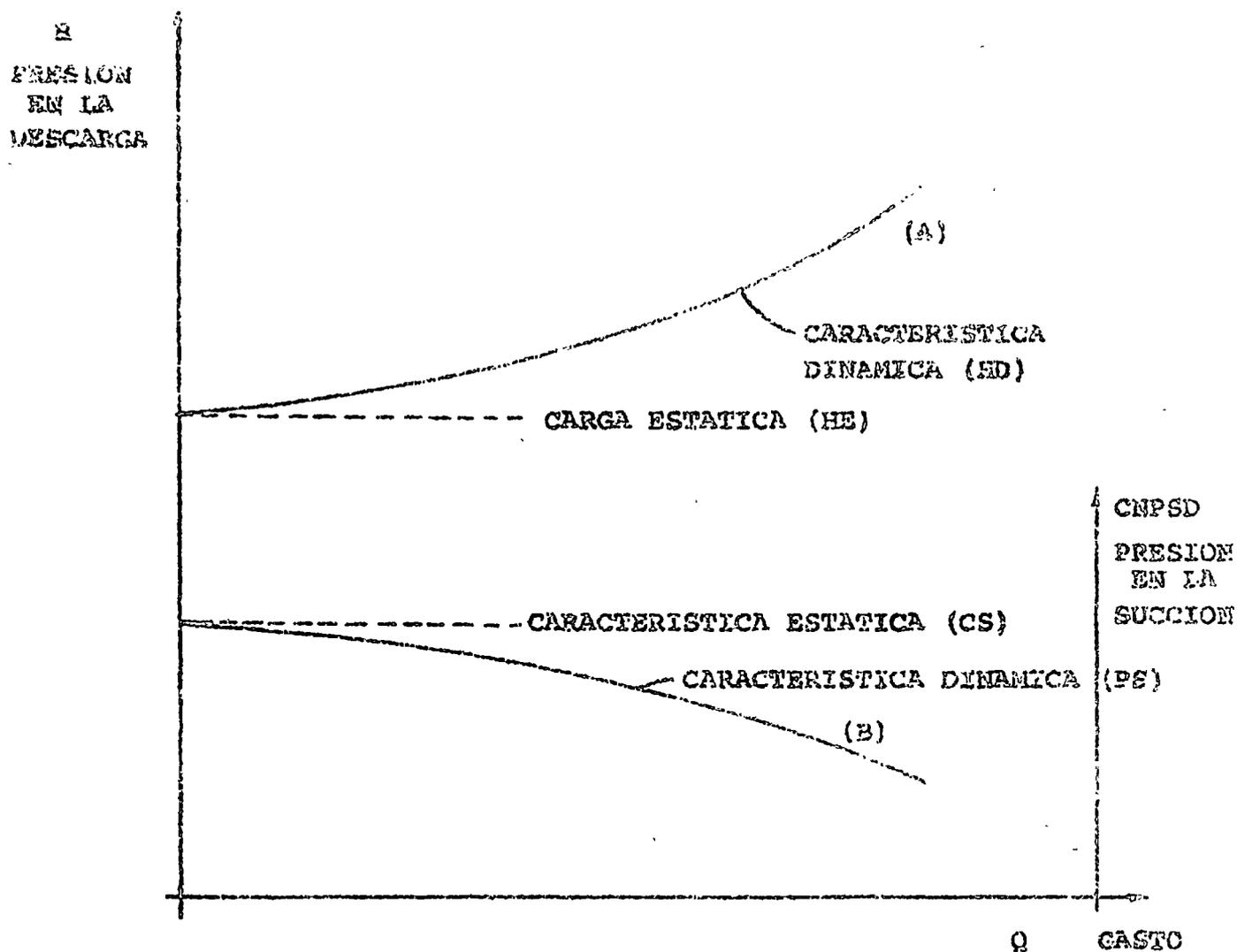
$9000 < N_s$

* GASTO ALTO = CARGAS BAJAS



CLASIFICACION DE BOMBAS DE ACUERDO A SU USO

- | | | |
|-----|---|-------------------|
| 1) | Bombas Centrífugas Horizontales | 500 < Ns < 4200 |
| 2) | Bombas Centrífugas de Proceso | 500 < Ns < 4200 |
| 3) | Bombas Inyectoras | |
| 4) | Bombas Autocobantes | |
| 5) | Bombas de carcasa bipartida de 1 paso | 500 < Ns < 6000 |
| 6) | Bombas de Multipaso de una o dos carcasas | 500 < Ns < 4200 |
| 7) | Bombas de Montaje en Línea | |
| 8) | Bombas Intercambiables | |
| 9) | Bombas Verticales de peso profundo | 2000 < Ns < 4200 |
| 10) | Bombas Esaltadas | 2000 < Ns < 4200 |
| 11) | Bombas Verticales de círculo | 4200 < Ns < 9000 |
| 12) | Propolnas | 9000 < Ns < 20000 |



A) CURVA CARACTERISTICA DEL SISTEMA EN LA DESCARGA (H_d)

$$H_d = H_E + H_D$$

B) CARACTERISTICA DEL SISTEMA EN LA SUCCION (CNPSD)

$$CNPSD = CS - PS$$

LIQUIDO MAREJADO

- Presión de Vapor -----> Carga neta positiva de succión.
- Densidad específica -----> Potencia al freno
- Viscosidad -----> Comportamiento Hidráulico
- Temperatura de Operación -----> Diseño externo de la bomba
- Sólidos en suspensión -----> Diseño interno de la bomba, comportamiento hidráulico, arreglo de materiales de construcción
- Composición o Afinidades Químicas y Propiedades Físicas -----> Arreglo de materiales de construcción, diseño externo de sistemas de aislamiento.

VALORES DE PH :	ARREGLO DE MATERIALES :
10 - 14	Aleaciones resistentes a la corrosión
8 - 10	Construcción total de hierro
6 - 8	Construcción Standard de hierro fundido y bronce
4 - 6	Construcción total de bronce
0 - 4	Aceros aleados resistentes a la corrosión

EN LAS HORIZONTALES - SELECCION -

1) CURVAS CARACTERISTICAS

En el caso de bombas horizontales se tienen dos curvas características:

- Carga dinámica total contra gasto
- Carga neta positiva de succión contra gasto.

El criterio de selección es el siguiente:

CNPSD (sistema) > CNPSR (bomba)

A) CDT (sistema) = CDT (Bomba) en el gasto requerido

CNPSD = Carga neta positiva de succión requerida

De acuerdo con las variables establecidas en la cuestión anterior:

CDT sistema = PD - PS

CNPSD = PS - Pv.

Pv = Presión de vapor del fluido a la temp. de operación

2) SELECCION DE MATERIALES

-De acuerdo al líquido manejado para asegurar la vida útil de los elementos de la bomba

3) SELECCION DEL ACCIONADOR

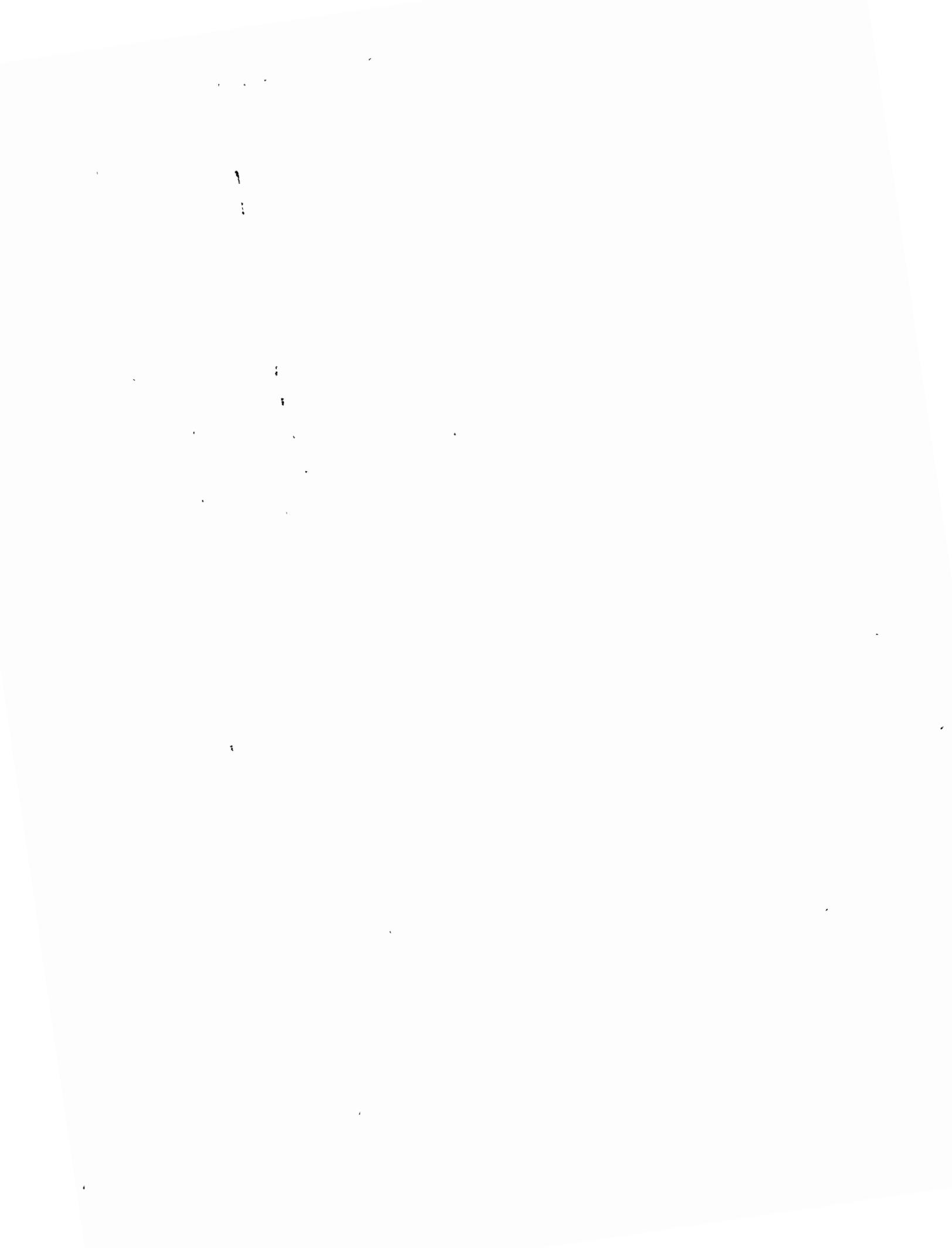
-De la curva de operación de la bomba se obtiene el valor de eficiencia de operación (η)

$$BHP = \frac{CDT \cdot Q}{F \cdot \eta}$$

F = Factor que depende de las unidades usadas

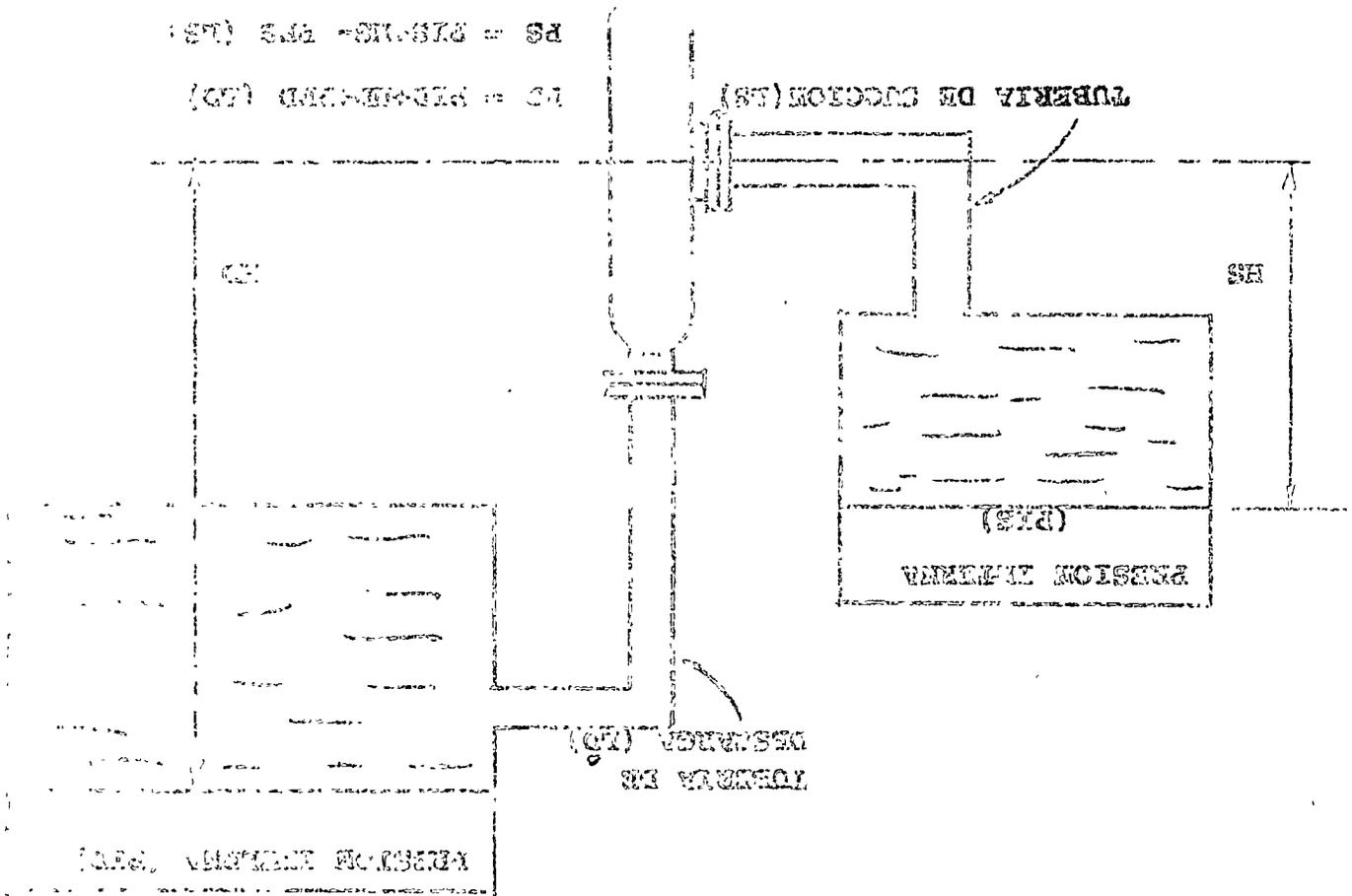
CONDICION DE SELECCION:

BHP accionador > BHP bomba a la velocidad de operación.



PS - 878-118-518 = 81

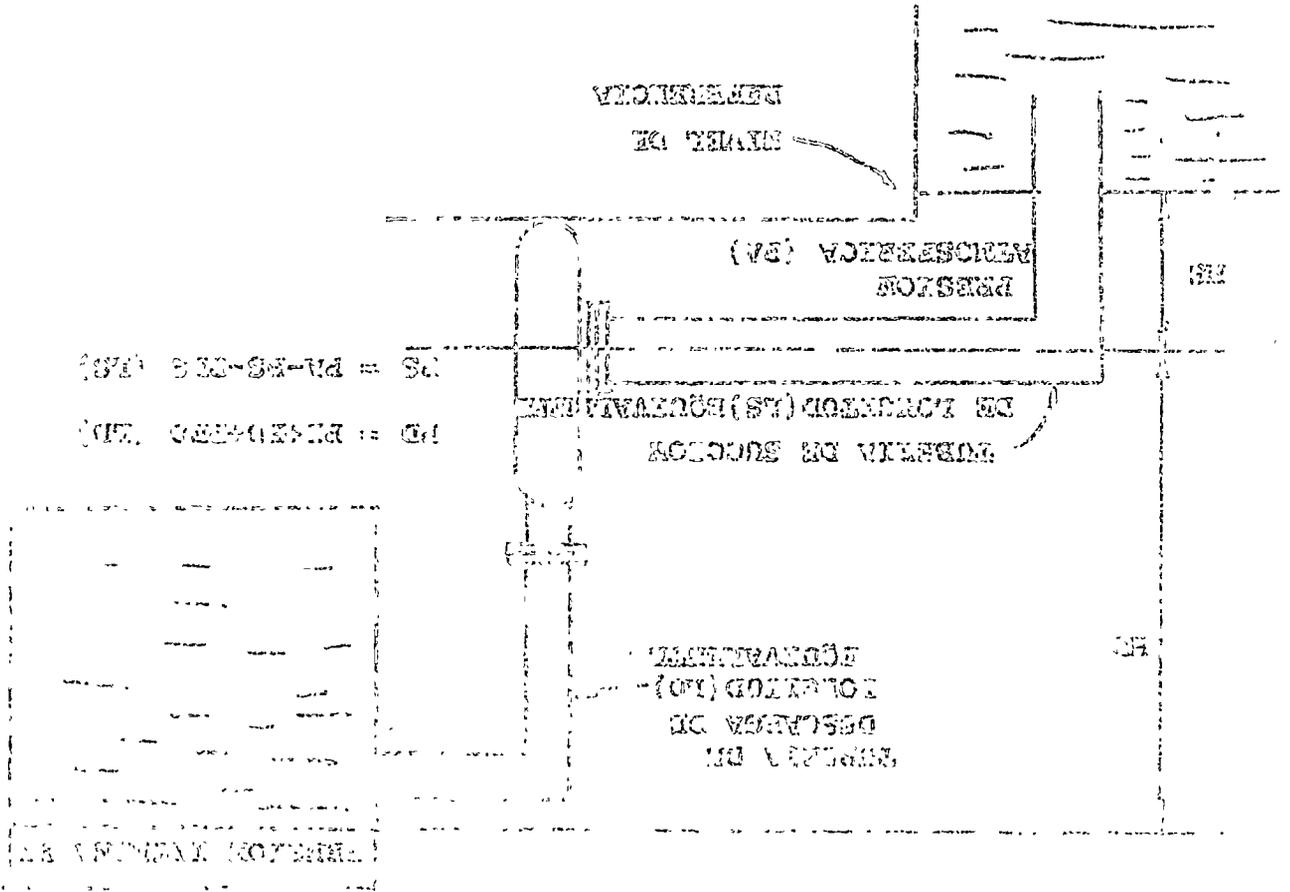
PD - 818-118-518 = 81

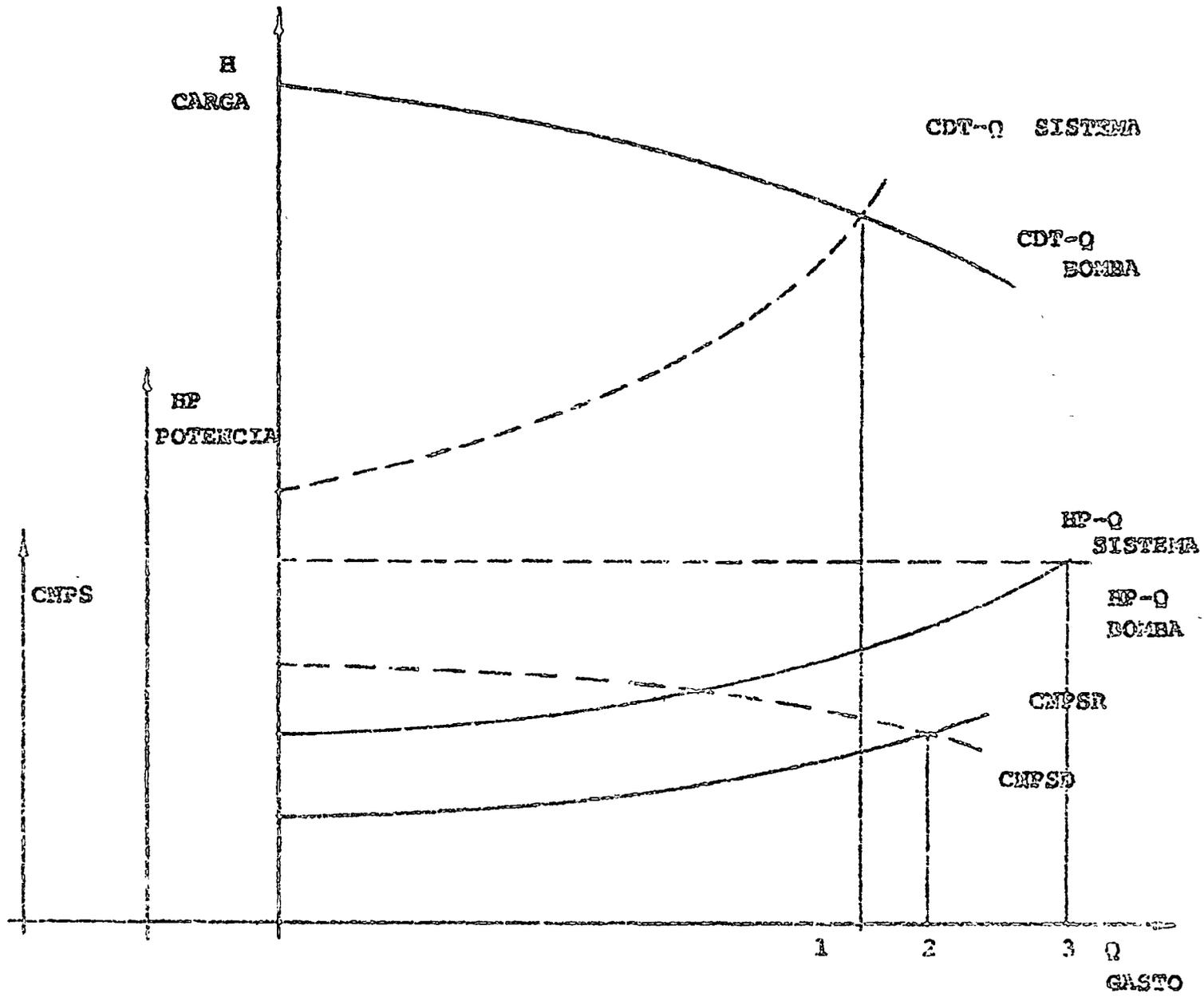


CONEXIÓN
AL TUBO

PS - 818-118-518 = 81

PD - 818-118-518 = 81







BOMBAS VERTICALES

ELEMENTOS	ALTERNATIVAS	U S O
1) COLADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Cónico - Tipo canasta 	<p>*Evita la entrada de sólidos</p> <p>De gran tamaño al cuerpo de tazones</p>
2) TUBO DE SUCCION		<p>*Uniformiza el flujo evitando turbulencia en el impulsor</p>
3) CUERPO DE TAZONES DE UNO O VARIOS - PASOS	<ul style="list-style-type: none"> - Autolubricado - Lubricado por grasa 	<p>*Confiere energía al fluido en forma de presión</p>
4) COLUMNA EXTERIOR DE DESCARGA		<p>*Conduce el fluido hasta la superficie (Cabazal de desc.)</p>
5) FLECHA DE LA COLUMNA DE DESCARGA	<ul style="list-style-type: none"> - Autolubricada - Lubricada por Aceite - Lubricada por Agua 	<p>*Transmite la potencia del accionador al cuerpo de tazones</p>
6) CABEZAL DE DESCARGA		<p>*Soporta a la bomba y soporta al accionador dirige el flujo al sistema de conducción</p>
7) ACCIONADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Motor eléctrico - Motor de Combustión - Toma de fuerza - Otros 	<p>*Proporciona a la energía para la operación de la bomba</p>
8) SISTEMA DE LUBRICACION	<ul style="list-style-type: none"> - Por Aceite - Por Agua 	<p>*Lubrica la flecha durante operación y/o arranque</p>

BOMBAS VERTICALES

- SELECCION -

1) DATOS DE AFORO :

- a) Diámetro(s) de Adema
- b) Curva de Nivel Dinámico - Gasto o Abatimiento
 - Gasto y Nivel estático
 - . . Punto de operación del pozo
 - Nivel Estático (NE)
 - Abatimiento (A)
 - Nivel Dinámico (ND)
 - Gasto (Q)
- c) Análisis del Agua
 - . . Sólidos en suspensión (PPM)
 - Compuestos en disolución (PH)
 - Corrosividad, abrasividad, etc.
- d) Verticalidad y Profundidad.

2) DATOS DEL SISTEMA :

- a) Presión requerida en la brida de descarga (PD)
o datos para su cálculo: longitud de tubería de conducción, elevación de la descarga, diámetro y accesorios en la tubería de descarga.
- b) Energía disponible y características
 - Eléctrica (Motor eléctrico)
 - Química (Motor estacionario de gasolina o diesel)
 - Por toma de fuerza (Tractor)
 - Vapor (Turbina de Vapor)

PASOS PARA LA SELECCION

1) Selección del tipo de lubricación de acuerdo a:

- a) Nivel de sólidos en suspensión
(aceite para más de 200 PPM)
- b) Uso del equipo de bombeo
(Para agua potable)
- c) Autolubricada para pozos de agua clara y limpia
- d) Velocidad de operación
(Aceite para velocidades mayores de 2200 RPM)

2) Cálculo de la carga Dinámica total : (CDT)

$$CDT = MD + PD (F)$$

$$F = \text{Factor de conversión}$$

$$\dots \text{ Se obtiene } CDT/\text{paso} = CDT/\text{No. de pasos}$$

3) Selección del cuerpo de tazones para:

- a) Gasto (Q)
- b) CDT/paso
- c) Velocidad de operación (*)

- .. Se obtiene :
- a) Modelo del cuerpo de tazones
 - b) Eficiencia de operación (n)
 - c) Factor de empuje (K)
 - d) Velocidad de operación (*)

.. Se puede calcular:

a) Potencia al freno del cuerpo de tazones

$$BHP_b = \frac{Q \times CDT}{n \times F_1}$$

F_L = Factor de proporcionalidad que depende de las Unidades usadas en la fórmula

3960	para	galones por minuto y pies
76	para	litros por segundo y metros
1715	para	galones por minuto y Psi.

b) Empuje Hidráulico

$$EH = K (CDF)$$

4) SELECCION DE LA FLECHA:

Se selecciona la flecha de la columna de acuerdo a:

- a) Potencia por transmitir (SHPb)
- b) Velocidad de operación
- c) Empuje hidráulico (EH)

- . . Se obtiene:
- a) Diámetro de flecha
 - b) Diámetro de cubierta y flecha en el caso de lubricación por aceite
 - c) Potencia perdida por fricción por cada 100' de flecha (SHPF)

5) SELECCION DE LA COLUMNA DE DESCARGA:

Se selecciona la columna de acuerdo a:

- a) Gasto por conducir: Deben conservarse las pérdidas en columna menores a $5/100'$ (5%) considerando la cubierta de la flecha en el caso de lubricación por aceite.
- b) Nivel dinámico: Longitud de columna y limitaciones de longitud (El standard de la AWA recomienda longitudes no mayores de 600')

. . Se obtiene:

- a) Modelo de la columna de descarga
- b) Pérdidas porcentajes en la columna (PC)
- c) Modelo del cabezal de descarga con base a columna de descarga longitud de columna y diámetro de tubería de descarga.
- d) Peso de la flecha por pié (PF)
- e) Pérdidas en el cabezal de descarga (PCD)

. . Se puede calcular:

** a) Carga dinámica total final:

$$CDTE = MD + PD(F) + PC(LC) + PCD$$

LC = Longitud de columna de descarga

b) Carga dinámica total final / paso

$$CDTE/paso = CDTE/No. de pasos$$

** c) Potencia al freno en el motor

$$BHPF = \frac{CDTE * Q}{\eta_f * \eta_l} + (BHPF) (LC)$$

η_f = Eficiencia del cuerpo de tuerces para la nueva carga dinámica total final

d) Empuje Hidráulico total

$$BHP = K (CDTE) + PF (LC) + PI (No. de Imp.)$$

PF = Peso de la flecha por pié

PI = Peso de los impulsores

** e) Elongación de la flecha

$$e = (LC) (ef) / 100$$

ef = Elongación en porcentaje de acuerdo al diámetro y el empuje hidráulico

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..

... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..

... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

CON LO ANTERIOR SE TERMINA LA SELECCION (DISEÑO)
DEL EQUIPO RESULTANDO :

E L E M E N T O	BASE DE SELECCION	DATOS OBTENIDOS
1) CUERPO DE TAZONES	*Gasto, Q. *Carga, CDTF *Elongación de la flecha, e.	*Eficiencia η_2 *Potencia consumida por el cuerpo de tazones
2) COLUMNA DE DESCARGA	*Potencia, BHPf *Gasto, Q. *Elongación de la flecha, e.	*Consumo de potencia en flecha. *Pérdidas en columna *Diámetro de flecha
3) CABEZAL DE DESCARGA	*Diámetro de columna *Diámetro de tubería de descarga	*Pérdidas en el cabezal
4) ACCIONADOR	*Potencia BHPf *Energía disponible *Velocidad de operación	
5) ACCESORIOS:		
a) Tubo de succión	*De diámetro igual al diámetro de columna.	
b) Colador	*De acuerdo al tubo de succión	
c) Flecha motriz	*De diámetro igual a la flecha de columna	
d) Tubo de descarga	*De acuerdo a la tubería de conducción	

- d) Tubo de descarga *De acuerdo a la
tubería de conducción
- e) Lubricación *De acuerdo a la -
lubricación del equipo.
- f) Cabezales engranados *De acuerdo al accionador.
o especiales

- CAPACIDAD DE DISEÑO (Q)

-Depende de los requisitos del sistema.

- PRESION DE DESCARGA (PD)

$$PD = PI + HE + (PFD) (LD)$$

PI = Presión interna del recipiente de descarga (absoluta)

HE = Elevación del nivel del recipiente de descarga con respecto de la línea de centros de la bomba (impulsor)

PFD = Pérdidas por fricción en la tubería de descarga en porcentaje, dependen de: Diámetro de la tubería de descarga, material de construcción de la misma, -
gasto que conduce.

LD = Longitud equivalente de la tubería de descarga la -
suma de la tubería recta más la longitud equivalente de cada accesorio o unión (codo, válvula, reducción, etc)

- PRESION DE SUCCION (PS)

$$PS = PA - HS - (PFS) (LS)$$

PA = Presión atmosférica

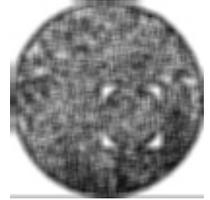
HS = Elevación de la línea de centros de la bomba sobre el nivel del agua

PFS = Pérdidas por fricción en la tubería de succión (función del diámetro, gasto, etc.)

LS = Longitud equivalente de la tubería de descarga



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

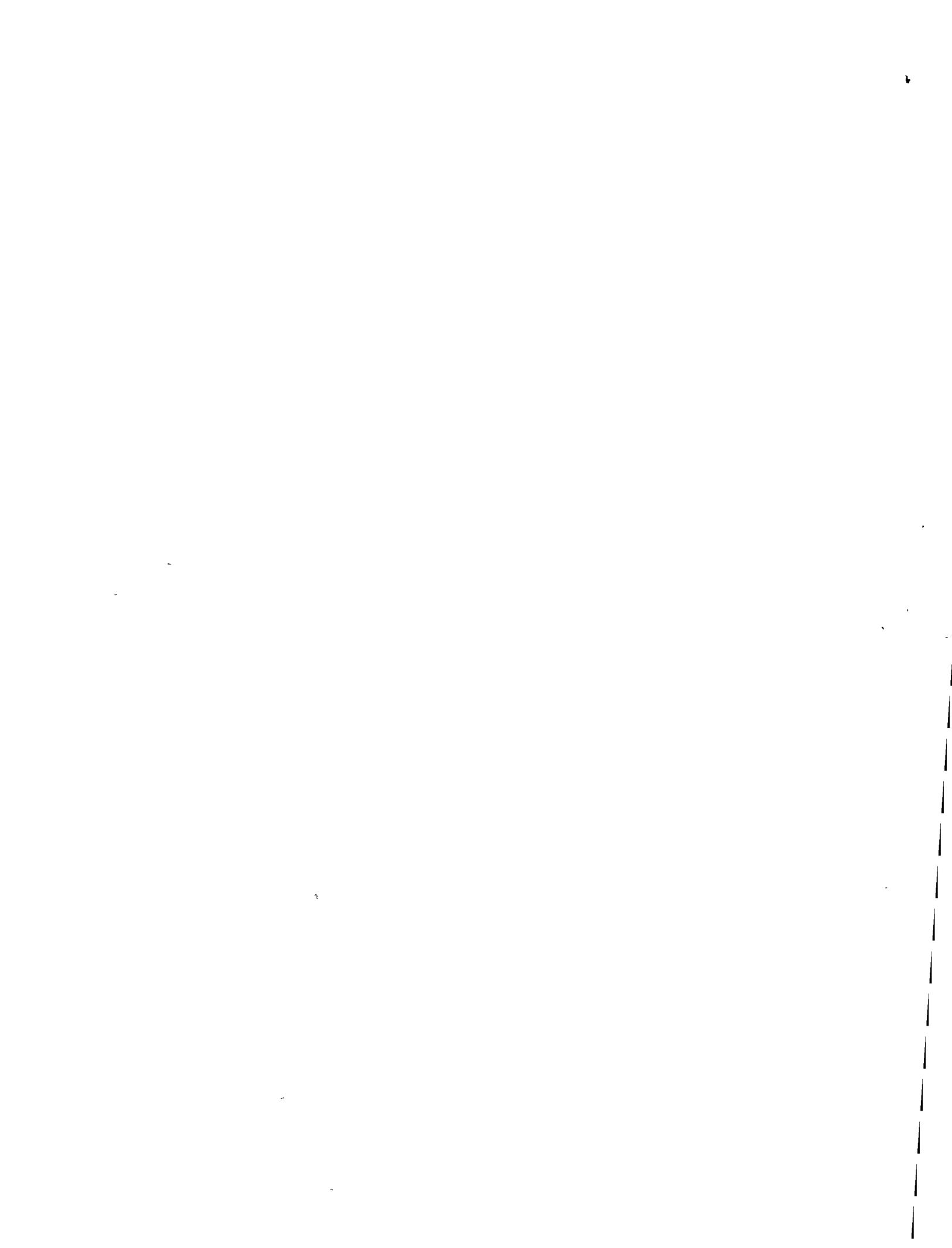


PERFORACION DE POZOS PARA AGUA.

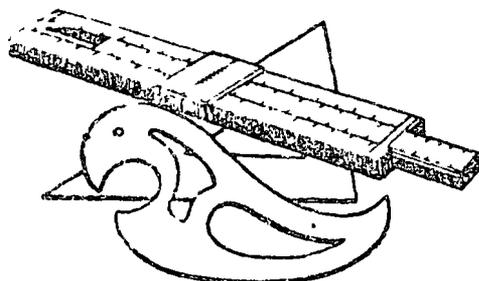
TEMA: DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPO DE
BOMBEO.

PROF. ING. JORGE MACAÑA.

Marzo de 1978.



INFORMACION DE INGENIERIA



BOMBAS Y SISTEMAS DE AGUA

INDICE

Asunto	Pág. Núm.	Asunto	Pág. Núm.
Instalacion de Línea al Aire	13	Definiciones de las Cargas	3
Efecto de la Altura ..	12- 21	Definiciones y Relaciones de	
Datos de Impulso con Banda ..	12	Caballos de Fuerza	4
Caballos de Potencia al Freno	4	Mediciones de Caballos de Fuerza	5
Capacidad de Tanques Redondos y Horizontales	11	Pérdida por Fricción, Manguera	17
Círculos, Área y Circunferencia	22	Instalaciones - Típicas y Especiales	26
Factores de Conversion - Volumen,		Requisitos para Irrigación	8- 9
Capacidad, Carga	4	Material para Bombear Varios Líquidos 23-24-	25
Factores de Conversion - Peso, Longitud ..	4	Medición de Capacidad	13
Costo de Operación de Motores Eléctricos ..	5	Mediciones de Distancia al Agua	13
Costo del Bombeo del Agua	5	Mediciones de Energía Eléctrica	5
Equivalentes Decimales	22	Tabla de Capacidad de Boquillas ..	19
Efecto del Diámetro ..	12	Dimensiones de la Tubería	18
Eficiencia de los Motores ..	6	Tabla para Igualar la Tubería ..	18
Eficiencia de la Bomba ..	4	Tanques Neumáticos de Almacenamiento 9-10-	11
Corrientes y Velocidades de los Motores Eléctricos	6	Tabla para Seleccionar Tanques Neumáticos...	10
Expresiones y Definiciones de Energía Eléctrica.	5	Tablas de Conversión de Presión ..	21
Mediciones de Energía Eléctrica ..	5	Datos para Seleccionar Poleas ..	12
Efecto de Elevación ..	12- 21	Eficiencia de las Bombas	4
Tabla del Vapor por Fuego ..	20	Resistencia del Alambre de Cobre	7
Pérdida por Fricción en Tubería de Acero	15	Efecto de la Gravedad Específica ..	12
Pérdida por Fricción en Tubería de Cobre ..	16	Efecto de la Velocidad	12
Perdida por Fricción en Manguera de		Elevación de Succión	21
Agujero Liso ..	17	Efecto de la Temperatura	12- 21
Pérdida por Fricción en Herrajes de Tubería ..	14	Efecto de la Viscosidad ..	17
Pérdida por Fricción en Bombas a		Medición del Nivel del Agua ..	13
Chorro de Vástago	14	Requisitos del Agua para Alimentar Calderas...	20
Tabla para Seleccionar Fusibles ..	6	Requisitos del Agua Doméstica y Comercial...	8
Datos Generales de las Bombas	12	Requisitos del Agua para Irrigación ..	8- 9
Tablas de Conversión de las Cargas ..	21	Tabla para Seleccionar Alambre ..	7

DEFINICIONES DE BOMBEO

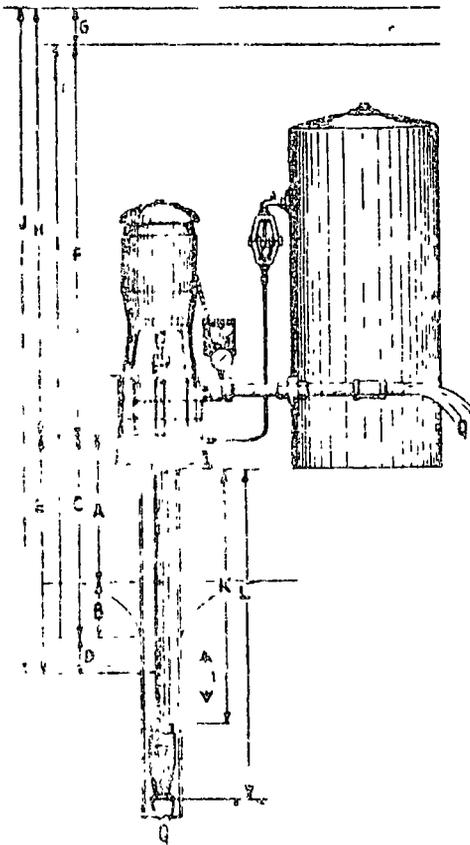


Fig. 1

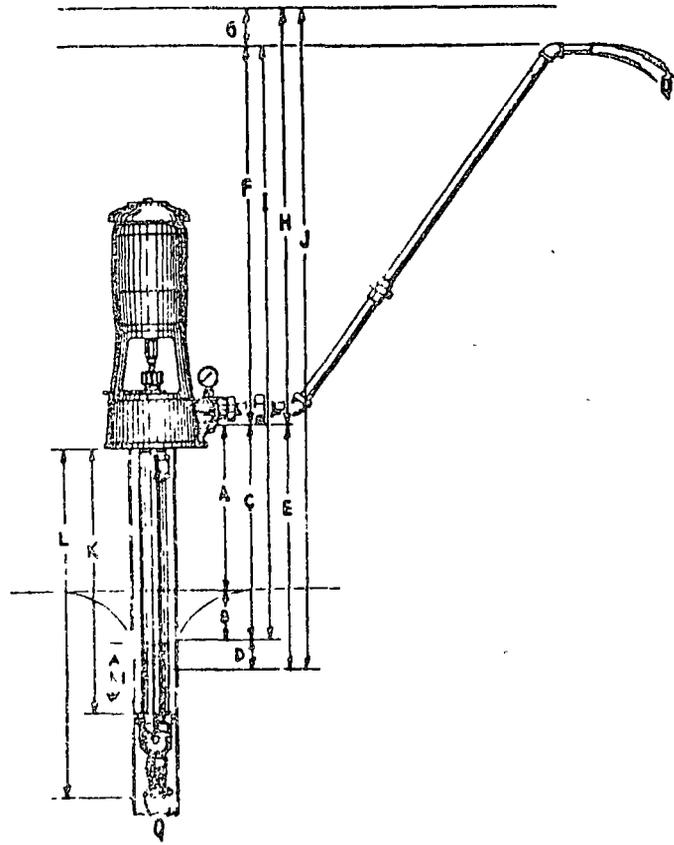


Fig. 2

A. NIVEL ESTÁTICO DEL AGUA: la distancia vertical de la bomba al nivel del agua cuando no se bombea.

B. ABATIMIENTO: la distancia vertical de el descenso del nivel del agua cuando se bombea. El abatimiento varía con la capacidad del pozo y de la bomba.

C. NIVEL DE BOMBEO: La distancia vertical de la bomba al nivel del agua cuando esta bombeando (A más B).

D. PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN LA SUCCIÓN. Es la carga producida por la fricción del agua en la tubería de succión y válvula de pie o coladera.

E. CARGA TOTAL DE SUCCIÓN: Distancia vertical del nivel de bombeo a la bomba sumando las pérdidas por fricción (A más B más D).

F. CARGA MANOMÉTRICA EN LA DESCARGA: Elevación y c presión proporcionada en la descarga de la bomba (no incluye pérdidas por fricción).

G. PÉRDIDA POR FRICCIÓN EN LA DESCARGA: Es la carga producida por el flujo del agua (fricción) en la tubería de descarga, herrajes, válvulas, etc.

H. CARGA DINÁMICA TOTAL EN LA DESCARGA: La elevación y/c la presión de la bomba a la descarga incluyendo pérdidas por fricción (F más G).

I. AGUA A AGUA: Distancia vertical del nivel de bombeo a la altura máxima de descarga. No incluye pérdidas por fricción (F más G).

J. CARGA DINÁMICA TOTAL: La distancia total del nivel de bombeo a la altura máxima de descarga incluyendo todas las pérdidas hidráulicas y por fricción (E más H).

K. COLOCACIÓN: Distancia desde la base de la bomba al inyector, válvula pie o tazones en la tubería.

L. LONGITUD TOTAL: Distancia total de la base de la bomba al fondo de la válvula de pie o coladera.

M. SUMERCIÓN: La distancia vertical desde el nivel de bombeo a la parte superior de los tazones, inyector o válvula inferior. (K menos C).

Q. CAPACIDAD: Cantidad bombeada en galones por minuto o litros por segundo, etc.

DATOS DE INGENIERIA Y FACTORES DE CONVERSION

Volumen

1 Galón de EE. UU....	}	231. Pulg. Cúbicas
		0.1337 Pulg. Cúbicas
		3.785 Litros
		.00379 Metros Cúbicos
		0.833 Gal. Imperiales
		.0238 Barril de 42 Gal.
1 Galón Imperial	1.2	Gal. de EE. UU.
1 Pie-Cúbico.....	}	7.48 Gal. de EE. UU.
		0.0283 Metros Cúbicos
1 Barril (Aceite)	42	Gal. de EE. UU.
1 Litro ..	0.2642	Gal. de EE. UU.
1 Metro Cúbico...	}	35.314 Piés Cúbicos
		264.2 Gal. de EE. UU.
1 Pié Acre.	}	43,560 Piés Cúbicos
		325,829 Gal. de EE. UU.
1 Pulgada Acre...	}	3,630 Piés Cúbicos
		27,100 Gal. de EE. UU.

Capacidad

1 Pié Cúbico por Seg (pié 2d) (c.f.s.)..	448.83 g.p.m.
1 Pié Acre por Día ..	226.3 g.p.m.
1 Pulgada Acre por Hora ..	452.57 g.p.m.
1 Litro por Segundo..	15.85 g.p.m.
1 Metro Cúbico por Minuto ..	264.2 g.p.m.
1 Pulgada de Minero (Idaho, Kans., Neb., N. M., D., S. D., Utah, Wash.)	9.0 g.p.m.
1 Pulgada de Minero (Ariz., Calif., Mont., Nev., y Ore)	11.22 g.p.m.
1 000,000 Galones por Día	694.4 g.p.m.

Carga Manométrica

1 Libra por Pul Cuadrada	}	2.31 P. en Carga de Agua
		2.04 Pulg. Mercurio
		0.07 K. por cm. cuadrado
1 Pié de Agua.....	}	0.433 lbs. por pulg. cuad.
		.885 pulgadas mercurio
1 Pulgada de Mercurio (o vacío)..	1.132 piés de agua	
1 Kg. por cm. cuadrado..	14.22 lbs. por pulg. cuad.	
1 Atm. (a nivel del mar)..	}	14.7 lbs. por pulg. cuad.
		34.0 piés de agua
		10.35 metros de agua
1 Metro de Agua ...	3.28 piés de agua	

Peso

1 Galón EE. UU. de Agua	8.33 lbs. = 8-1/3 lbs.
1 Pié Cúbico de Agua	62.35 lbs.
1 Kilo o Litro	2.2 lbs.
1 Galón Imperial.	10.0 lbs.

Longitud

1 Pulgada	2.54 cms.
1 Metro	3.28 piés
	39.37 pulgadas
1 Vara (vara de medir)	16.5 piés
1 Milla	5280 piés (1.61 kilómetros)

Caballos de Fuerza

1 C. de F. (H. P.).....	=	.746 Kw. o 746 watts
		33,000 piés-lbs. por min. 550 piés-lbs. por seg

1 C. de F. (H.P.) de entrada...	=	C. de F. de entrada al motor 1.34 × kilowatts de entrada al motor.
---------------------------------	---	---

C. de F. de Agua	=	C. de F. que se necesita para levantar el agua a un rango definido hasta una distancia dada presumiendo que hay 100% de eficiencia.
		$\frac{G.P.M. \times \text{cabeza total (en piés)}}{3960}$

C. de F. entregados por el motor.	
C. de F. que necesita la bomba	
C. de F. de entrada × eficiencia del motor	
1.34 × entrada KW × eficiencia del motor	
C. de F. de agua	
al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	---

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	--

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	---

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	--

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	---

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	--

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	---

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	--

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{\text{Eficiencia de la bomba} \times \text{G.P.M. multiplicado por el total de la carga (piés)}}{3960 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	---

C. de F. de entrada al Freno (B. H. P.)... =	$\frac{G.P.H. \times \text{carga dinámica total (lbs. por pulgada cuadrada)}}{103,000 \times \text{eficiencia de la bomba}}$
--	--

Eficiencia

Eficiencia	=	$\frac{\text{Salida de energía}}{\text{Entrada de energía}}$
------------------	---	--

Eficiencia del Motor	=	$\frac{\text{Salida de C. de F.}}{\text{Entrada de K.W. x 1.34}}$
----------------------------	---	---

Eficiencia de la Bomba	=	$\frac{G.P.M. \times \text{carga total (piés)}}{3960 \times \text{C. de F. al freno (B. H. P.)}}$
------------------------------	---	---

Eficiencia de la Planta	=	$\frac{G.P.M. \times \text{carga dinámica total (piés)}}{5300 \times \text{entrada de K.W.}}$
-------------------------------	---	---

Energía Eléctrica

- AC - Energía de corriente alterna
- DC - Corriente directa
- E - Voltios = Presión eléctrica (similar a carga)
- I - Amperes - Corriente eléctrica (similar a rango de flujo)
- W - Watts = Energía eléctrica (similar a capacidad de la carga)
- KW - Kilowatts 1000 watts
- Energía Aparente = Volts \times amperes = Voltamperes
- Energía Aparente = EI
- Energía Util W = EI \times P. F.

Factor de energía = proporción de energía util a energía aparente

$$\text{Factor de energía} = \text{PF} = \frac{W}{EI}$$

KWH = Una kilowatt

Energía monofásica $W = E \times I \times \text{PF}$

Energía trifásica $W = 1.73 \times E \times I \times \text{PF}$

Donde E = Promedio de voltaje entre fases
I = Promedio de corriente en cada fase

Mediciones de Energía Eléctrica

Para energía DC use Voltímetro DC y Amperímetro DC
Energía W = E \times I;

$$\text{Entrada HP} = \frac{W}{746} = W \times 1.34$$

Energía AC (Corriente Alterna)

Monofásica

Use Wattímetro monofásico

$$\text{Entrada de HP} = \frac{W}{746} = W \text{ por } 1.34$$

Trifásica

A) Un wattímetro de 3 fases

B) Dos wattímetros monofásicos

C) Medidor de hora watt de disco rotativo de la Cia. Electrica Método para calcular energía para un medidor de hora watt de disco rotativo

$$\text{Entrada de kilowatts} \quad \text{EntKW} = \frac{K \times R \times 3.60}{t}$$

Entrada caballos de fuerza (HP) =

$$\frac{K \times P \times 3600}{746 \times t} = \frac{4.83 \times K \times K}{t}$$

HP de salida = HP de entrada \times eficiencia de motor

*K = Constante watts por una revolución del disco giratorio

K Se encuentra generalmente en la placa del nombre del medidor o en el disco giratorio

R = Número de revoluciones del disco

t = Segundo por R revoluciones

*Donde se usan transformadores de corriente, multiplique el constante del medidor por la relación del transformador de corriente

Identificación de Energía Disponible por Inspección en el Campo

Tipo de Energía	Fases		Num de Transformadores de la Compañía Eléctrica	Num de Guías Desde los Transformadores	Relación del Voltaje del Medidor de Energía
	Fases	Volts			
1	115	1	2	120	2 alambre
1	230	1	2	230	2 alambre
1	115/230	1	3	230	3 alambre
3	220	*2 o 3	3	220 o 240	3 fases
3	240	*2 o 3	3	440 - 480	3 fases
1 & 3	120/240	3	4	120/240	3 fases 4 Alambre D
& 3	120/208	3	4	120 - 208	3 fases 4 Alambre Y

Algunas Compañías Eléctricas del Este de los EE. UU. pueden usar solamente un transformador.

COSTOS DE OPERACION

C = Costo en dólares por 1000 galones

C¹ = Costo en dólares por pulgada acre

r = Relación de energía por hora kilowatt (dólares)

Entrada KW = Kilowatts (medidos en el medidor)

GPH = Galones por hora descargados por la bomba

GPM = Galones por minuto descargados por la bomba

$$\text{Costo por 1000 galones} \quad C = \frac{\text{Entrada KW} \times r}{\text{GPH}}$$

$$\text{Costo por pulgada acre} \quad C^1 = \frac{451 \times r \times \text{Ent KW}}{\text{GPM}}$$

COSTO APROXIMADO DE OPERACION DE MOTORES ELECTRICOS

Caballos de Fuerza del motor	* Promedio de entrada de kilowatts o costo por hora basado en 1 centavo por hr kilowatt		Caballos de Fuerza del motor	* Promedio de entrada de kilowatts o costo por hora basado en 1 centavo por hr kilowatt 3 fases
	1 Fase	3 Fases		
1/4	305		15	12.8
1/3	408		20	16.9
1/2	.535	.520	25	20.8
3/4	.760	.768	30	25.0
1	1.00	.960	40	33.2
1 1/2	1.500	1.41	50	41.3
2	2.000	1.82	60	49.5
3	2.95	2.70	75	61.5
5	4.65	4.50	100	81.5
7 1/2	6.90	6.75	125	102
10	9.30	9.00	150	122
			200	162

* Para cualquiera otra relación multiplique por la relación

Ejemplo: Para determinar el costo de operación de un motor monofásico de 1/4 de caballo de fuerza (HP) a 3 centavos por hora kilowatt multiplique 760 \times 3 = 2280 centavos o aproximadamente 22.8 centavos por hora.
(Valores anotados en moneda dólar)

TAMAÑO DE LOS FUSIBLES PARA EL ARRANQUE DE LINEAS CRUZADAS PARA CIRCUITOS RAMALES Y APROXIMADAMENTE LOS AMPERES DE CARGA COMPLETA DE LOS MOTORES

Determinación de Caballos de Fuerza de los Motores	MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA					Motores de Embobinado Compuesto de Corriente Directa								
	MONOFASICOS 60 CICLOS		TRIFASICOS 60 CICLOS			Determinación de Amperaje de los Motores y tamaño de los Fusibles								
	DETERMINACION DE AMPERES DEL MOTOR Y FUSIBLES													
	115V	Fusible	230V	Fusible	220V	Fusible	440V	Fusible	32V	Fusible	115V	Fusible	230V	Fusible
1/4	4.8	15	2.4	15					9.7	30	2.7	15	1.4	15
1/2	6.0	20	3.0	15					14.4	45	3.1	15	1.5	15
3/4	7.0	25	3.5	15	2.5	15	1.3	15	17.8	60	3.0	15	2.5	15
1	9.4	30	4.7	15	2.8	15	1.4	15	24.5	80	6.8	25	3.4	15
1 1/2	11.0	35	5.5	20	3.3	15	1.7	15	30.0	90	9.2	30	4.6	15
2	15.2	45	7.6	25	4.7	15	2.4	15		12.5	40	6.3	20
3	20	60	10.0	30	6.0	20	3.0	15		16.0	50	8.0	25
5	28	90	11.5	45	9.0	25	4.5	15		23.0	70	11.5	35
7 1/2	46	150	23	70	15	40	7.5	20	Se recomiendan fusibles solamente para proteger el embobinado en caso de que accidentalmente haga tierra o corto circuito. Los elementos térmicos en un arrancador proporcionan protección para el motor y deben seleccionarse sobre la base de la corriente del motor que se obtiene de la placa del motor y el tipo de cubierta del arrancador. Para energía trifásica se recomiendan 3 elementos térmicos para su máxima protección. Si se usan fusitrones en vez de fusibles de tipo instantáneo debe seleccionarse el tamaño basados en la corriente del motor similarmente con los elementos de sobrecarga térmica.					
10	68	225	34	110	22	60	11.0	30						
15	86	300	43	125	27	70	14	35						
20					38	80	19	50						
25					52	110	26	70						
30					64	150	32	70						
40					77	175	39	80						
50					101	200	51	110						
60					125	250	63	125						
75					149	300	75	150						
100					180	400	90	200						
125					246	500	123	250						
150							155	350						
200							180	400						
							240	500						

MOTORES ELECTRICOS

Que Normalmente se Usan con las Bombas

- 1 Standard horizontal de cojinetes de bolas y de cojinetes de rodillos para impulsión con banda o con copia flexible
- 2 Campana final maquinada de cojinetes de bolas horizontales para instalarse directamente a la bomba.
- 3 Cojinete de bolas horizontales con flecha extendida que también sirve como flecha de la bomba
- 4 Cojinete de bolas verticales con campana final maquinada para bombas verticales.
- 5 Flecha hueca con cojinetes de bolas verticales con campana final maquinada para turbinas de pozo profundo

MONOFASICOS

Los motores monofasicos tienen dos juegos de bobinas, una para que sirva para el arranque. El arranque de alta torsión requiere un aditamento de arranque interno tal como un capacitor o carbones y un interruptor (switch). Los motores de fases divididas o de polo sombreado no tienen interruptores de arranque sino que tienen un arranque de baja torsión.

TRIFASICOS

Los motores trifasicos tienen juegos de bobinas y son de arranque espontaneo sin bobina ni aditamentos de arranque internos.

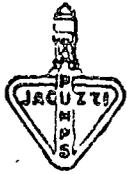
VELOCIDADES DE MOTORES DE CARGA COMPLETA

POLOS	FRECUENCIA (CICLOS POR SEGUNDO)			
	60	50	25	30
2	3450	2880	1440	40
4	1750	1450	725	50 - 60
6	1150	960	480	75 - 100
8	870	720	360	125 - 200

EFICIENCIA DE MOTORES TÍPICOS (%)

60 CICLOS

Caballos de Fuerza del Motor	Monofasicos		Trifasicos	
	1750 RPM	3450 RPM	1750 RPM	3450 RPM
1/4		63		
1/2		68		
3/4		69		
1		71		
1 1/2	71	71	77	76
2	71	73	80	79
3	75	75	80	80
5	75	78	82	81
7 1/2			83	83
10			84	84
15			85	85
20			86	86
25			87	86
30			88	87
40			88	88
50 - 60			88	
75 - 100			89	
125 - 200			90	



**RESISTENCIA
Y PESO DE
ALAMBRE SÓLIDO
DE COBRE
STANDARD
RECOCIDO**

Tamaño Calibrador B & S	OHMS por 1,000 pies 77° F	Peso lbs. por 1,000 pies
14	2.58	12.4
12	1.62	19.8
10	1.02	31.4
8	.641	50.0
6	.403	79.5
5	.320	100
4	.253	126
3	.201	159
2	.159	200
1	.126	253
0	.100	319
00	.0795	403
000	.0630	500
0000	.0500	640

Tabla de Tamaño de Alambre Mínimo de Alambre de Cobre Aislado con Hule en Línea de 32, 115, 230 Volts

Carga Máxima De Cable (Amperes)	DISTANCIA DEL MOTOR AL MEDIDOR EN PIES													
	0'-50'		50'-100'		100'-150'		150'-200'		200'-300'		300'-400'		400'-800'	
	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V	32V 115V 230V
5	14 14 14	14 14 14	14 14 14	12 14 14	10 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	
10	14 14 14	14 14 14	12 14 14	10 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	
15	14 14 14	12 14 14	10 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
20	14 14 14	10 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
25	14 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
30	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
35	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
40	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
45	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
50	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
55	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
60	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
65	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
70	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
75	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
80	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
85	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
90	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
95	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	
100	12 14 14	8 14 14	6 12 14	5 10 14	4 8 12	3 6 10	2 4 8	1 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	0 2 4	

NOTA: La tabla anterior esta basada en una caída máxima de línea de 5%, o si máxima permitida en la capacidad de corriente para alambre aislado con hule.
Para 440 Voltios use la columna de 230 V y 1/2 de la distancia actual desde el motor al medidor.

Capacidad de Conducción Permitida del Alambre y Cable de Cobre Cubierto con Hule

Reglamentos de la Junta Nacional de Aseguradores Contra Incendio,

Numero de alambre, calibre de Brown & Sharpe	14	12	10	8	6	4	2	1	0	00	000	0000
Capacidad de hule amperes	15	20	25	35	50	70	90	100	125	150	175	200

Cuando se usan conductores simples, tejido simple, solamente se utiliza alambre sólido.
Se pueden instalar 3 alambres No. 14, 12 o 10 en tubo conduit de 1/2 de pulgada.
Se pueden instalar 2 alambres No. 8 en un tubo conduit de 1/2 de pulgada.

REQUISITOS DE AGUA

NOTA Los siguientes requisitos son aproximaciones solamente puesto que el consumo de los individuos y de los animales variara con las estaciones del año y las condiciones climatológicas. Al seleccionar la bomba del tamaño apropiado, es esencial que la capacidad de la bomba exceda al máximo de los requisitos a fin de proporcionar una reserva en el caso de que se requiera agua para varias instalaciones al mismo tiempo. Por ejemplo, riego del jardín, llenar un baño y el agua que se usa en la cocina simultáneamente, ocurre con frecuencia. También se aconseja que se de un margen para el nivel del agua al bajarse en el pozo durante los años de sequía y que por esto disminuya la capacidad de la bomba.

GASTO EN GALONES POR ARTEFACTO

Flujo del servicio sanitario	6
Para llenar baño de baño o para regadera	30
Para llenar el lavabo	2

GASTO EN GALONES POR HORA POR ARTEFACTO

Manguera y boquilla de 1/2"	240
Manguera y boquilla de 3/4"	300
Manguera y boquilla de 1"	260
Regadora para césped	120
Hotel	50
Casas de apartamentos	20
Hospitales	25
Oficinas de oficinas	40
Edificios mercantiles	35

CONSUMO DE AGUA DIARIO EN GALONES

Uso domestico (por cada miembro de la familia)	100
Escuelas (por alumno)	15
Fuentes para beber	100
Vacas	15
Vacas (fuzones para beber)	35
Ovejas	3
Porcos	5
10. Allos	5

REQUISITOS DE AGUA DE LAS COSECHAS

Los requisitos de agua para diferentes cosechas variara en las diferentes zonas debido a las condiciones locales, tales como temperatura, elevación del manto de agua en el suelo, profundidad del suelo, textura del suelo y cantidad de la precipitación natural de la lluvia.

PARA IRRIGACION

Se recomienda que se consulte a la gente de agricultura de la localidad o a otras autoridades de la localidad para requisitos de irrigación pues éstos varian considerablemente con la localidad, tipo de suelo y cosechas. Los requisitos mínimos aproximado serian 10 galones por minuto por acre.

Estas tablas se pueden usar como guía pero las condiciones locales deben de gobernar la cantidad de agua que se vaya a usar.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA BOMBA PARA LOS REQUISITOS MAXIMOS DIARIOS

Los requisitos diarios deben de bombearse de una o tres horas a fin de asegurar la capacidad adecuada para hacer frente a la demanda máxima de carga y para proporcionar un servicio largo y seguro. Enseguida se muestra un método para determinar el tamaño de la bomba que lleve la condición arriba mencionada.

Primero, multiplique los requisitos diarios máximos por varios valores del factor "K" (que se muestra en la siguiente tabla) para determinar la capacidad de la bomba (GPH) sobre la base de tamaño de caballos de fuerza. Luego seleccione la bomba de caballos de fuerza más pequeña que con mayor aproximación produzca las capacidades así determinadas.

Caballos de fuerza del motor	1/4 & 1/3	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	5
K	10	9	8	7	6	5	4	3

EJEMPLO. Requisitos diarios máximos 1,000 galones por día

Para K = 9 = bomba de 1/2 HP: 1,000 x .9 = 900 GPH

K = 7 = bomba de 1 HP: 1,000 x .7 = 700 GPH

K = 5 = bomba de 2 HP: 1,000 x .5 = 500 GPH

Si una bomba de 1/2 caballo de fuerza entrega 900 GPH bajo condiciones de nivel de agua de bombeo y presión, será adecuada una bomba de 1/2 caballo de fuerza. Sin embargo, si las condiciones de bombeo necesitan una bomba de 1 1/2 caballo de fuerza para entregar 700 GPH, entonces se seleccionará una bomba de 1 1/2 caballo de fuerza.

Si el sistema de agua va a proporcionar también protección contra incendio, la capacidad mínima debe ser de 600 galones por hora, para permitir que se usen simultáneamente 2 mangueras con boquillas de 1/2".

REQUISITOS DE HUMEDAD PARA MAXIMA PRODUCCION

Cosecha	Cantidad de Agua por Riego (Pulgadas)	Periodo entre Riegos (Días)
Pasto	1 1/2 a 2	10 a 15
Alfalfa	3 a 6	21 a 45
Legumbres (Verduras)	1 a 3	7 a 21
Bayas	2 a 3	14 a 21
Huertas	3 a 6	21 a 45
Trébol	2 a 4	14 a 30
Cosechas de Raíz	1 a 3	7 a 14

NUMERO DE ACRES CUBIERTOS EN DOCE HORAS DE BOMBEO

Galones Minuto	Pies Cubicos Segundo	Pies Cubicos Minuto	1 Pulg. Profund.	2 Pulg. Profund.	3 Pulg. Profund.	4 Pulg. Profund.	6 Pulg. Profund.	8 Pulg. Profund.	10 Pulg. Profund.	12 Pulg. Profund.
20	.0446	2.675	.529	2.645	1.765	.1324	.08825	.06325	.0529	.04415
50	.1112	6.68	1.328	6.64	4.425	.332	.2213	.166	.1329	.1105
100	.2225	13.37	2.65	1.325	883	.6625	.442	.3313	.265	.221
150	.3345	20.05	3.98	1.991	1.328	.995	.664	.4975	.398	.332
225	.502	30.05	5.97	2.985	1.99	1.492	.994	.747	.597	.4975
300	.668	40.01	7.96	3.98	2.655	1.99	1.327	.995	.796	.663
400	.891	53.40	10.61	5.305	3.535	2.652	1.770	1.328	1.061	.884
700	1.560	93.50	18.58	9.28	6.18	4.64	3.095	2.32	1.858	1.548
900	2.008	120.40	23.85	11.95	7.96	5.97	3.98	2.975	2.385	1.99
1200	2.675	160.50	31.82	15.92	10.61	7.95	5.305	3.975	3.182	2.65
3000	6.68	400.50	79.50	39.75	26.50	19.88	13.25	9.94	7.95	6.625
10000	22.25	1337.00	265.00	132.50	88.30	66.25	44.20	33.15	26.50	22.10

Pie acre 1 acre cubierto a una profundidad de 1 pie = 43,560 pies cubicos = 325,829 galones

PROPORCIONES MAXIMAS DE PRECIPITACION QUE DEBEN USARSE EN TERRENO PLANO

- Terrenos ligeramente arenosos 1 1/2" a 0.75" por hora
- Terrenos de contextura media 0.75" a 0.5" por hora
- Terrenos de contextura pesada 0.5" a 0.20" por hora

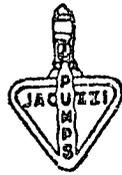
Las proporciones permisibles, aumentan con cubierta adecuada, y disminuyen con declives en terreno

CALCULANDO LAS EFICIENCIAS DE IRRIGACION CON REGADERA

- Clima Seco Cálido 60 por ciento
- Clima Moderado 70 por ciento
- Clima Humedo o Fresco 80 por ciento

Ejemplo: Se necesita aplicar dos pulgadas en clima moderado.

2
Así --- = 2.85 Pulgadas acre
.70 por acre deben aplicarse por riego.



G. P. M. POR ACRE

Operación de 24 horas

Para operación de 12 horas multiplique por 2

Para operación de 8 horas multiplique por 3, etc.

Del "Manual de Control de Agua" basado en una eficiencia de irrigación de 66-2/3%.

Frecuencia	Pulgadas-Acre por Acre							
	1	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
7 Días	4.0	6.1	8.1	10.1	12.1	16.2	20.2	24.3
8 "	3.5	5.4	7.1	8.9	10.6	14.1	17.8	21.2
9 "	3.1	4.8	6.4	7.9	9.5	12.6	15.8	19.0
10 "	2.8	4.3	5.7	7.1	8.5	11.3	14.2	17.0
11 "	2.6	3.9	5.2	6.5	7.7	10.3	12.9	15.4
12 "	2.3	3.6	4.7	5.9	7.1	9.4	11.8	14.1
13 "	2.2	3.3	4.4	5.5	6.5	8.7	11.0	13.1
14 "	2.0	3.1	4.1	5.1	6.1	8.1	10.1	12.2
15 "	1.9	2.9	3.8	4.8	5.7	7.5	9.5	11.3
16 "	1.8	2.7	3.6	4.4	5.3	7.1	8.9	10.7
17 "	1.7	2.5	3.3	4.2	5.0	6.7	8.4	10.0
18 "	1.6	2.4	3.2	4.0	4.7	6.3	7.9	9.5
19 "	1.5	2.3	3.0	3.8	4.5	6.0	7.5	9.0
20 "	1.4	2.2	2.9	3.6	4.3	5.7	7.1	8.5
21 "	1.4	2.1	2.7	3.4	4.1	5.4	6.8	8.1
22 "	1.3	2.0	2.6	3.3	3.9	5.2	6.5	7.7
23 "	1.3	1.9	2.5	3.2	3.7	5.0	6.2	7.4
24 "	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.7	5.9	7.1
25 "	1.2	1.7	2.3	2.9	3.4	4.6	5.8	6.8
26 "	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	4.4	5.5	6.6
27 "	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.3	5.3	6.4
28 "	1.0	1.6	2.1	2.6	3.1	4.1	5.1	6.1
29 "	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.9	4.9	5.9
30 "	.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.8	4.8	5.7

DATOS DE TANQUES DE PRESION

La siguiente tabla proporciona los galones de agua disponible para usarse entre los arreglos del switch de presión usando el método ordinario de cargar el aire

Si se desea una cantidad mayor de agua aprovechable que las que se muestran en la tabla, se puede calcular fácilmente el tamaño del tanque. Por ejemplo, se desean 300 galones de agua aprovechable con un arreglo de presión de 30 lbs./30 lbs. De la co-

luna "Multiplicador para Agua Aprovechable" tome al numero .102, divida 300 por él y la contestación será la capacidad en galones del tanque que se necesita. (300 ÷ .102 = 2,941 galones). Seleccione el tanque de tamaño más aproximado, que es uno de 3,000 galones de capacidad. Instale un control de volumen de aire para evitar estancamiento de agua y obtener la capacidad completa de "Agua Aprovechable", más de 20% a 30% adicional dependiendo de la colocación del cargador de aire.

Libras de Presión Calibradas	Multiplicador para la Capacidad del Tanque en Contenido de Agua	Calibración del Interruptor de Presión	Multiplicador para agua aprovechable	GALONES DE AGUA APROVECHABLE								
				18 Gals.	30 Gals.	42 Gals.	82 Gals.	120 Gals.	220 Gals.	315 Gals.	525 Gals.	
100	.870											
90	.857	80/100	.0218	0.5	0.8	1.2	2.3	3.4	6.2	8.8	14.7	
80	.842	70/90	.033	0.6	1.0	1.4	2.7	4.0	7.3	7.9	17.3	
70	.824	60/80	.042	0.76	1.26	1.76	3.44	5.04	9.24	13.23	22.05	
60	.800	50/70	.055	1.0	1.7	2.3	4.5	6.6	12.1	17.3	28.9	
50	.769	40/60	.073	1.3	2.2	3.1	6.0	8.8	16.1	23.0	38.3	
40	.727	30/50	.102	1.8	3.1	4.3	8.4	12.2	22.4	32.1	53.6	
30	.667	20/40	.155	2.8	4.7	6.5	12.7	18.6	34.1	48.8	81.4	
20	.572											

Los datos anteriores estan basados en Presión Atmosférica al Nivel del Mar. Vea también las páginas 10 y 11.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO HIDRO-NEUMATICOS

RELACION ENTRE AIRE Y LIQUIDO

Porque el agua es relativamente incompresible, no se puede almacenar para disponer de ella instantáneamente sin algún método de crear la presión necesaria para forzarla a través de la tubería y al servicio en la cantidad deseada. Los tanques elevados eran un método de obtener esta presión, sin embargo, el sistema de agua moderno utiliza la compribilidad del aire para obtener los mismos resultados con un costo inicial mucho menor y un ahorro de espacio.

El aire en un tanque neumático se comprime llenando con agua al tanque. Este cojín de agua actúa un enorme resorte manteniendo una presión constante sobre el agua en el tanque que es conducida a través de todo el sistema. Cuando se abre una válvula o espinto el aire se dilata para reponer el agua que es forzada a través de la tubería por la presión del aire. Cuando la bomba arranca y mete agua adicional dentro del tanque el aire se comprime a una presión más elevada y ocupa menos espacio.

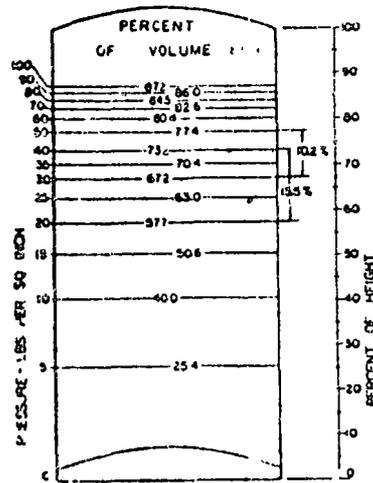


Fig. 1

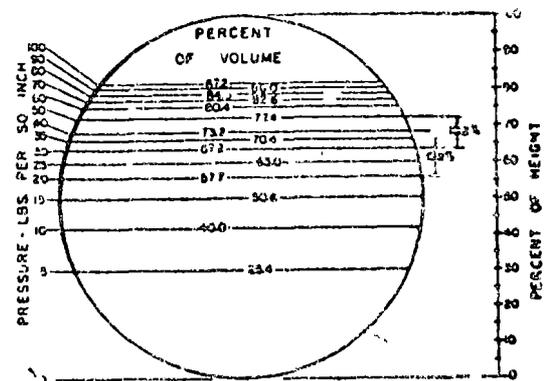


Fig. 2

Las Figs. 1 y 2 ilustran los niveles de agua en tanques standard vertical y horizontal a diferentes presiones y también el porcentaje del volumen del tanque y la altura ocupada por el agua basándose en que el tanque está siendo llenado con aire a una presión atmosférica a nivel del mar. Para determinar la cantidad de agua que se puede sacar entre dos presiones, reste los dos porcentajes correspondientes del volumen y multiplique por la capacidad del tanque. Por ejemplo, Cuánta agua se puede obtener de un tanque de 42 galones a presión entre 20 y 40 libras. De la Fig. 1 el agua ocupa 73.2% del volumen a 40 libras y 57.7% a 20 libras. Sustrayendo 73.2 menos 57.7 es igual a 15.5% de 42 galones o 6.3 galones.

TABLA DE SELECCION DE TANQUE NEUMATICO

La siguiente tabla indica el tanque de presión de tamaño mínimo que se recomienda para un sistema automático de agua basado en la capacidad de la bomba y las presiones de operación.

PRESION (Libras por Pulgada Cuadrada)										
Corte de Entrada	20	20	30	40	50	50	60	60	70	Corte de Entrada
Corte de Salida	35	40	50	60	80	70	90	80	100	Corte de Salida
Promedio	27.5	30	40	50	65	60	75	70	85	Promedio
Tamaño del Tanque	Capacidad en Galones por Hora a Presión Promedia									Tamaño del Tanque
18	185	230	145	100	90	80	80	60	65	18
32	325	400	260	185	155	140	150	110	120	32
42	430	530	340	240	200	180	190	140	155	42
82	840	1020	660	475	400	355	365	270	295	82
120	1230	1500	970	695	565	520	550	400	445	120
144	1470	1800	1160	830	700	620	650	480	525	144
180	1830	2250	1460	1040	860	770	820	660	660	180
220	2250	2760	1760	1265	1060	940	990	730	800	220
315	3240	3930	2350	1810	1520	1350	1410	1040	1150	315
525	5360	6545	4260	3030	2540	2250	2360	1740	1900	525
1000	10,400	12,500	8100	5760	4850	4300	4500	3310	3650	1000
1500	15,300	18,800	12,180	8650	9700	6420	6750	4980	5450	1500
2000	20,400	25,000	16,200	11,500	13,000	9520	9000	6600	7250	2000
3000	30,600	37,500	24,300	17,300	19,500	12,800	13,500	9950	10,900	3000
5000	51,000	62,500	40,500	28,800	32,400	21,700	22,500	16,550	18,300	5000
7500	76,000	94,000	61,000	45,000	45,500	32,400	33,700	25,000	27,400	7500
10,000	102,000	130,000	81,000	57,600	64,800	43,400	45,000	33,100	36,600	10,000

NOTA 1 La capacidad está basada sobre carga inicial atmosférica a nivel del mar.

NOTA 2 Si no se emplea cargador de aire, aumente el tamaño del tanque por el 50% aproximadamente.

NOTA 3 La capacidad del tanque se debe aumentar 25% para elevaciones mayores de 5,000 pies.

EJEMPLO Para determinar el tamaño mínimo del tanque que se recomienda para una Bomba 2VDG-120 con un nivel de agua de bombeo de 110 pies y un arreglo de presión de 30-50 libras - Corte de Entrada con presión = 30 libras Corte de Salida con presión = 50 libras. Presión promedio = 40 libras. De la tabla mencionada arriba, el tamaño mínimo del tanque cae entre 42 y 82 galones. Por lo tanto, escoja el tanque de 82 galones.

Si no se uso cargador de aire el tamaño mínimo del tanque es aproximadamente 50% mayor o 120 galones.

SOBRECARGANDO TANQUES DE PRESION



La capacidad útil de un tanque de presión hidroneumática varía con la cantidad de agua en el tanque. La ilustración en la página 10 indica la capacidad del agua basada en una carga de aire equivalente a la presión atmosférica a nivel del mar cuando el tanque no tiene agua. Si la cantidad de aire en el tanque se dobla o se aumenta a una presión calibrada a 14.7 libras cuando el tanque no contiene agua entonces se dobla también la capacidad efectiva del tanque. Sin embargo, el aire se introduciría en la línea de servicio si la presión se bajara a menos de 15 libras. La sobrecarga se puede llevar a cabo por diferentes métodos, uno de los cuales es el Supercargador Jacuzzi.

CAPACIDAD DE TANQUE REDONDO POR PIE DE PROFUNDIDAD

Diámetro	Galones	Area Piés Cuadrados	Diámetro	Galones	Area Piés Cuadrados	Diámetro	Galones	Area Piés Cuadrados	Diámetro	Galones	Area Piés Cuadrados
1"	587	785	4'	94 00	12 566	11'	710 90	95 03	22'	2843 60	380 13
1 1/2"	689	922	4' 1"	97 96	13 095	11' 3"	743 58	99 40	22' 3"	2908 60	388 82
2"	800	1069	4' 2"	102 00	13 635	11' 6"	776 99	103 87	22' 6"	2974 30	397 61
2 1/2"	918	1227	4' 3"	106 12	14 186	11' 9"	811 14	108 43	22' 9"	3040 80	406 49
3"	1044	1396	4' 4"	110 32	14 748	12'	846 03	113 10	23'	3108 00	415 48
3 1/2"	1179	1576	4' 5"	114 61	15 231	12' 3"	881 65	117 86	23' 3"	3175 90	424 56
4"	1322	1767	4' 6"	118 97	15 90	12' 6"	918 00	122 72	23' 6"	3244 80	433 74
4 1/2"	1473	1969	4' 7"	123 42	16 50	12' 9"	955 09	127 68	23' 9"	3314 00	443 01
5"	1632	2182	4' 8"	127 95	17 10	13'	992 91	132 73	24'	3384 10	452 39
5 1/2"	1799	2405	4' 9"	132 56	17 72	13' 3"	1031 50	137 89	24' 3"	3455 00	461 86
6"	1975	2640	4' 10"	137 25	18 35	13' 6"	1070 80	142 14	24' 6"	3526 60	471 44
6 1/2"	2158	2885	4' 11"	142 02	18 99	13' 9"	1110 80	148 49	24' 9"	3598 90	481 11
7"	2350	3142	5'	146 66	25 22	14'	1151 50	153 94	25'	3672 00	490 87
7 1/2"	2550	3409	5' 1"	149 25	25 97	14' 3"	1193 00	159 48	25' 3"	3745 80	500 74
8"	2758	3687	5' 2"	151 97	26 73	14' 6"	1235 30	165 13	25' 6"	3820 30	510 71
8 1/2"	2974	3975	5' 3"	154 72	27 49	14' 9"	1278 20	170 87	25' 9"	3895 60	520 77
9"	3199	4276	5' 4"	157 51	28 27	15'	1321 90	176 71	26'	3971 60	530 93
9 1/2"	3431	4587	5' 5"	160 33	30 68	15' 3"	1366 40	182 65	26' 3"	4048 40	541 19
10"	3672	4909	5' 6"	163 18	35 18	15' 6"	1411 50	188 69	26' 6"	4125 90	551 55
10 1/2"	3921	5241	5' 7"	166 06	35 78	15' 9"	1457 40	194 83	26' 9"	4204 10	562 00
11"	4178	5585	5' 8"	168 97	38 48	16'	1504 10	201 06	27'	4283 00	572 66
11 1/2"	4443	5940	5' 9"	171 90	41 28	16' 3"	1551 40	207 39	27' 3"	4362 70	583 21
12"	4716	6305	5' 10"	174 84	44 18	16' 6"	1599 50	213 82	27' 6"	4443 10	593 96
12 1/2"	4996	6681	5' 11"	177 81	47 17	16' 9"	1648 40	220 35	27' 9"	4524 30	604 81
13"	5288	7069	6'	180 81	50 27	17'	2120 90	283 53	28'	4606 20	615 75
13 1/2"	5586	7467	6' 1"	183 84	53 46	17' 3"	2177 10	291 04	28' 3"	4688 80	626 80
14"	5892	7876	6' 2"	186 89	56 75	17' 6"	2234 00	298 65	28' 6"	4772 10	637 94
14 1/2"	6206	8296	6' 3"	189 97	60 13	17' 9"	2291 70	306 35	28' 9"	4856 20	649 18
15"	6528	8727	6' 4"	193 08	63 62	18'	2350 10	314 16	29'	4941 00	660 52
15 1/2"	6858	9168	6' 5"	196 21	67 20	18' 3"	2409 20	322 06	29' 3"	5026 60	671 96
16"	7197	9621	6' 6"	199 36	70 88	18' 6"	2469 10	330 06	29' 6"	5112 90	683 49
16 1/2"	7544	10085	6' 7"	202 53	74 66	18' 9"	2529 60	338 16	29' 9"	5199 90	695 13
17"	7899	10559	6' 8"	205 72	78 54	19'	2591 00	346 36	30'	5287 70	706 86
17 1/2"	8263	11045	6' 9"	208 93	82 52	19' 3"	2653 00	354 66	30' 3"	5376 20	718 69
18"	8633	11541	6' 10"	212 16	86 59	19' 6"	2715 80	363 05	30' 6"	5465 40	730 62
18 1/2"	9013	12048	6' 11"	215 41	90 76	19' 9"	2779 30	371 54	30' 9"	5555 40	742 64

Para encontrar la capacidad de tanques mayores que los que se muestran arriba encuentre un tanque de la mitad del tamaño deseado y multiplique su capacidad por cuatro o encuentre uno de un tercio del tamaño deseado y multiplique su capacidad por nueve.

CAPACIDAD DE TANQUES CILINDRICOS HORIZONTALES

POR CIENTO LLENO	DIAMETRO								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 Pié	3	8	14	21	29	36	43	49	55
2 Piés	12	33	59	88	117	147	175	206	222
3 Piés	27	75	136	198	264	330	394	452	501
4 Piés	49	134	238	350	470	590	702	805	890
5 Piés	76	200	370	500	670	820	970	1100	1230
6 Piés	110	300	530	780	1060	1330	1580	1820	2010
7 Piés	150	410	730	1070	1440	1810	2150	2470	2720
8 Piés	190	520	960	1400	1880	2350	2810	3220	3560
9 Piés	250	670	1120	1780	2380	2980	3520	4080	4500
10 Piés	300	830	1490	2190	2940	3680	4400	5040	5560
11 Piés	370	1010	1790	2650	3560	4450	5310	6100	6720
12 Piés	440	1200	2140	3150	4230	5300	6320	7140	8000
13 Piés	510	1410	2500	3700	4960	6210	7400	8500	9400
14 Piés	600	1640	2910	4300	5760	7220	8620	9890	10840
15 Piés	680	1880	3340	4940	6610	8290	9880	11340	12530

INFORMACION UTIL ACERCA DE BOMBAS

EFFECTO DE CAMBIOS PEQUEÑOS DE LA VELOCIDAD DE BOMBEO

1. La capacidad varía directamente igual que la velocidad.
2. La carga varía igual al cuadrado de la velocidad.
3. El freno de caballo de fuerza (BHP) varía igual al cubo de la velocidad.

EFFECTO DE PEQUEÑOS CAMBIOS EN EL DIAMETRO DEL IMPULSOR

1. La capacidad varía directamente igual al diámetro.
2. La carga varía igual al cuadrado del diámetro.
3. El freno de caballo de fuerza (BHP) varía igual al cubo del diámetro.

EFFECTO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA

El freno de caballo de fuerza varía directamente con la gravedad específica. Si el líquido tiene una gravedad específica diferente al del agua (1), multiplique el caballo de fuerza al freno (BHP) para agua por la gravedad específica del líquido que se vaya a manejar.

Una bomba centrífuga siempre desarrollará la misma carga en pies no importa cual sea la gravedad específica del líquido que se

bombea. Sin embargo, la presión (en libras por pulgada cuadrada) se aumentará o disminuirá en proporción directa a la gravedad específica.

EFFECTO DE LA VISCOSIDAD

Los líquidos viscosos tienden a reducir la capacidad de la bomba, carga y eficiencia y a aumentar los caballos de fuerza al freno (BHP) y aumenta la fricción en la línea de tubería. Consulte a la fábrica pidiendo sus recomendaciones cuando bombea líquidos viscosos.

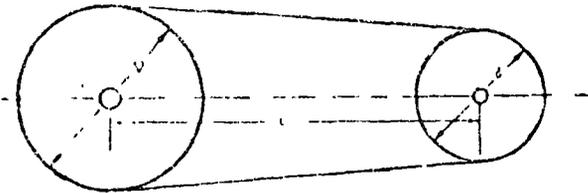
EFFECTO DE LA ALTURA

Los datos de levantar por succión están basados en valores a nivel del mar. Por lo tanto, arriba del nivel del mar el levantamiento por succión total debe de reducirse. Vea la página 26 para información adicional.

EFFECTO DE LIQUIDOS CALIENTES

Los líquidos calientes se vaporizan a mayores presiones abajo que los líquidos fríos, por lo tanto el levantamiento por succión debe de reducirse cuando se manejen líquidos calientes. Cuando se manejen líquidos con una alta presión de vapor o a altas temperaturas el líquido debe fluir a la bomba de succión baja presión. Vea la página 20 para información adicional.

IMPULSO POR BANDA



D = diámetro de la polea más grande (pulgadas).

d = diámetro de la polea más chica (pulgadas).

C = distancia entre centros (pulgadas).

S = velocidad de la banda pies por minuto.

L = longitud de la banda (pulgadas).

RPM = revoluciones por minuto de la polea grande.

rpm = revoluciones por minuto de la polea chica.

Si no tomar en cuenta el deslizamiento o resbalada de la banda la velocidad de la polea impulsora multiplicada por su diámetro siempre iguala la velocidad de la polea impulsada multiplicada por su diámetro

$$RPM \times D = rpm \times d$$

RELACIONES DE LAS POLEAS

Para determinar las relaciones de las poleas $\left(\frac{rpm}{RPM}\right) = \frac{d}{D}$

cuando la velocidad de la impulsora y la de la polea impulsada son conocidas, divida una velocidad por la otra $\left(\frac{rpm}{RPM}\right)$

Ejemplo Velocidad de la impulsora = 1170 RPM
Velocidad de la impulsada = 1750 rpm

$$\frac{rpm}{RPM} = \frac{d}{D}$$

Entonces $\frac{1750}{1170} = \frac{d}{D}$

$$\text{Razon de las poleas} = \frac{d}{D} = .667 = \frac{2}{3}$$

Si la polea más chica es de 6" entonces la polea más grande será de 9".

SELECCION DE BANDAS "V" Y DE POLEAS RANURADAS

Caballos de Fuerza	Sección	Diámetro de Inclinación	
		Polea Ranurada Pequeña	Polea Ranurada Grande
1/2 a 5	A	3.0 a 6"	4.2
2 - 25	B	5.4 a 11	6.4
15 - 75	C	9.0 a 16	9.6
50 - 100	D	13 a 22	14.2
más de 100	F	21.6 y mas	23.2

VELOCIDAD DE LA BANDA

Para operación y duración de la banda satisfactorias las poleas deben ser tan grandes como sea posible sin exceder una velocidad de la banda de 5,000 pies por minuto.

$$\text{Velocidad de la banda} = S = 26D \times RPM = \text{pies por minuto}$$

$$= 26d \times rpm = \text{pies por minuto}$$

como se puede determinar de la siguiente tabla.

La polea no debe de ser más grande que 5 1/2" para 5,000 RPM.

Ejemplo Si el diámetro de la polea (d) es 6" y su velocidad es 1,750 rpm, entonces la velocidad de la banda = $S = 26 \times 6 \times 1750 = 2,740$ pies por minuto.

La siguiente tabla muestra la velocidad RPM que una polea de diámetro (D) puede girar para una velocidad en la banda de 5,000 pies por minuto.

Diámetro de polea D (Pulg.)	Revoluciones por Min.	Diámetro de polea D (Pulg.)	Revoluciones por Min.
4	4800	10	1920
5	3850	11	1750
5 1/2	3500	12	1610
6	3220	13	1480
7	2750	14	1370
8	2400	15	1280
9	2140	16	1200

DETERMINANDO LA CAPACIDAD DE UNA BOMBA

POR EL METODO DE DESCARGA ABIERTA HORIZONTAL

Para calcular la capacidad de bombas de cualquier unidad dada, construya un instrumento de medición en forma de L similar al que se muestra en el dibujo que acompaña. El lado más corto debe tener 4" de longitud. El lado más largo pueda ser de cualquier longitud convenientemente marcada en pulgadas. Con el agua fluyendo de un descargue abierto horizontalmente coloque el lado largo de la L a la largo del tubo de descarga por la parte de arriba, permitiendo que el lado más corto cuelgue hacia abajo como se muestra en el dibujo. Desde la punta del lado largo del tubo hasta que la gresca sea 4" escaso, marque el tubo del agua. Note la distancia "X" cubierta por el flujo del agua antes que caiga 4". Por ejemplo, presumiendo que la distancia es 15' y el diámetro interior del tubo (indicado por "D") es 3". Consultando la tabla que sigue encuentre 15" en la columna que tiene encabezado a la izquierda "distancia horizontal X (Pulg.)". Entonces mueva horizontalmente hacia la derecha hasta la columna que muestra el diámetro del tubo que se usa (3"). La proporción de descarga se encuentra que es 183 galones por minuto.

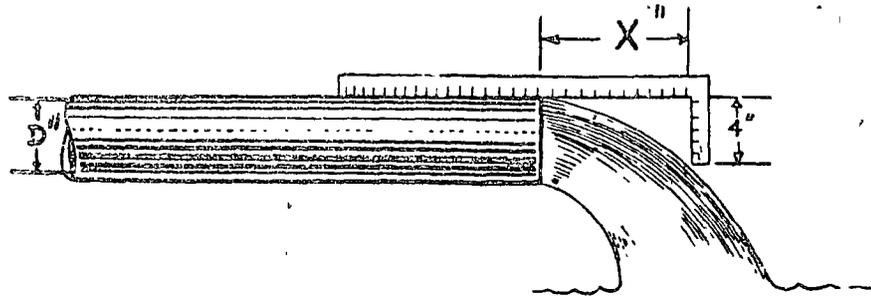


Fig. 1

Distancia Horizontal X (Pulg.)	PROPORCION DE DESCARGA (Galones por minuto)											Velocidad Promedia	
	Diámetro Nominal del Tubo												
	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	
4	3.7	9.8	13.3	22.0	31.3	48.5	83.5						2.1
5	7.1	12.2	16.6	27.5	39.0	61.0	104	163					2.6
6	8.5	14.7	20.0	33.0	47.0	73.0	125	195	285				3.1
7	10.0	17.1	23.2	38.5	55.0	85.0	146	228	334	580			3.7
8	11.3	19.6	26.5	44.0	62.5	97.5	166	263	386	665	1060		4.2
9	12.8	22.0	29.8	49.5	70.0	110	187	292	430	750	1190	1660	4.7
10	14.2	24.5	33.2	55.5	78.2	122	208	326	476	830	1330	1850	5.3
11	15.6	27.0	36.3	60.5	86.0	134	229	360	525	915	1460	2200	5.8
12	17.0	29.0	40.0	66.0	94.0	146	250	390	570	1000	1600	2220	6.2
13	18.5	31.5	43.0	71.5	102	158	270	425	620	1080	1730	2400	6.9
14	20.0	34.0	46.5	77.0	109	170	292	456	670	1160	1860	2590	7.4
15	21.3	36.3	50.0	82.5	117	183	312	490	710	1250	2000	2760	7.9
16	22.7	39.0	53.0	88.0	125	196	334	520	750	1330	2120	2960	8.4
17		41.5	56.5	93.0	133	207	355	550	810	1410	2260	3140	9.1
18			60.0	99.0	144	220	375	590	860	1500	2390	3330	9.7
19				110	148	232	395	620	910	1580	2520	3500	10.4
20					156	244	415	650	950	1660	2660	3700	10.6
21						256	435	685	1000	1750	2800		11.4
22							460	720	1050	1830	2920		11.8
23								750	1100	1910	3060		12.4
24									1140	2000	3200		13.0

Para tubos de diámetros diferentes al standard se puede determinar el flujo usando la fórmula siguiente.

$$Q \text{ gpm} = X \times 1.28D^2$$

Donde D = diámetro interior del tubo

X = flujo abierto horizontal para caído de 4".

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA DISTANCIA AL NIVEL DEL AGUA

Instale suficiente tubería de 1/2" o de 3/4" (también se puede usar tubería de cobre) en el pozo de manera que el tubo final se extienda de 10 a 20 pies más abajo del más bajo nivel posible de bombeo. Asegúrese de que todas las uniones queden herméticamente cerradas usando plomo blanco o compuesto para juntas. Debe de conocerse la longitud exacta del tubo o tubería en el pozo y ésta información debe apuntarse.

Asegure el extremo superior del tubo o tubería perfectamente bien a la salida del pozo. Conecte una válvula para llantas a la línea de aire en la parte superior del pozo y también un calibrador de presión. Enseguida conecte una bomba para llantas u otro abastecedor de aire a la línea de aire y bombee aire dentro de la línea hasta que el calibrador alcance la máxima lectura. Esta lectura es el punto al cual un abastecimiento mayor de aire no aumenta la lectura a ningún valor más elevado. Apunte la lectura del calibrador.

- Deje X = profundidad al agua (en pies) desconocida
 Y = longitud de la línea de aire (en pies) conocida.
 Z = presión del agua en la línea de aire, obtenida de la lectura de la presión en el calibrador.
 El calibrador tipo aire da la lectura directamente pies de agua. Si el calibrador da la lectura en libras conviértala a pies multiplicándola por 2.31.
 X = Y Z

Distancia al agua = longitud de la línea de aire menos la lectura en el calibrador (pies).

EJEMPLO. Suponiendo que el tubo de aire es de 100 pies de largo del centro del calibrador al extremo final del tubo y que la lectura más alta en la flecha del calibrador es 15 lbs. = 15 X 2.31 = 34.6 pies
 Distancia al agua = 100 - 34.6 = 65.4

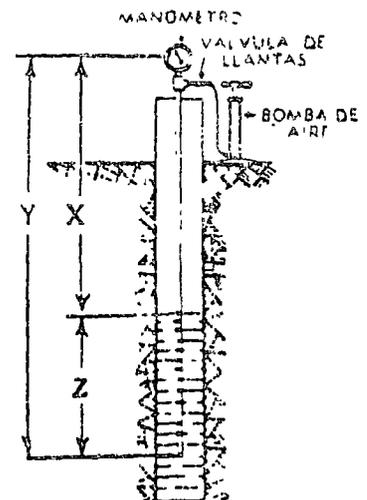


Fig. 2

PERDIDAS POR FRICCION A TRAVES DE HERRAJES DE ROSCA DE LOS TUBOS EN EXPRESIONES EQUIVALENTES A TRAMOS DE TUBERIA STANDARD

Tamaño Nominal del Tubo Pulgadas	Diámetro Interior Actual Pulgadas	Válvulas de Compuerta	Codo de Largo Alcance o en Carrera de Te Standard	Codo de Mediano Alcance o en Carrera de Te Reducido en Tamaño 1/4	Codo Standard o en Carrera de Te Reducido en Tamaño 1/2	Válvula de Ángulo	Doblez de Regreso Cerrado	Te a Traves de Salida Lateral	Válvula de Globo
Factor de resistencia		0.25	0.33	0.42	0.67	0.90	1.00	1.33	2.00
1/2	0.662	0.335	0.442	0.56	0.89	1.20	1.34	1.79	2.68
3/4	0.824	0.442	0.627	1.07	1.27	1.71	1.90	2.52	3.80
1	1.049	0.627	0.844	1.51	1.72	2.30	2.56	3.40	5.12
1 1/4	1.38	0.844	1.19	1.83	2.42	3.24	3.61	4.80	7.22
1 1/2	1.61	1.19	1.43	2.50	2.92	3.92	4.36	5.79	8.72
2	2.06	1.43	1.96	2.50	3.99	5.36	5.96	7.92	11.92
2 1/2	2.46	1.96	2.46	3.13	5.00	6.72	7.47	9.93	14.94
3	3.06	2.46	3.25	4.11	6.66	8.87	9.86	13.11	19.72
4	4.026	3.44	4.53	5.77	9.22	12.37	13.70	18.28	27.50
5	5.047	4.57	6.00	7.68	12.20	16.47	18.30	24.33	36.00
6	6.065	5.72	7.55	9.61	15.30	20.61	22.90	30.45	45.00
7	7.024	6.90	9.10	11.60	18.50	24.84	27.60	36.70	55.20
8	7.981	8.10	10.70	13.60	21.71	29.16	32.40	43.09	64.80
10	10.020	10.70	14.10	17.97	28.70	38.52	42.80	56.92	85.60
12	12.170	12.50	17.80	22.68	36.28	48.60	54.00	71.82	108.00

Esta tabla Basada en la formula de Foster — $L = 53.75 r d^{1.5}$
 En la cual — L = equivalente a un tramo de tubo recto en pies
 r = factor de resistencia
 d = diámetro de herraje en pies
 Pérdida de válvula de pie = cero siempre que la válvula de pie tenga area de 150% de tubo de succion
 (Transcrito de A. S. M. E. Vol. 42, pag. 648, 1920)

PERDIDAS POR FRICCION EN HERRAJES DE TUBERIA EN EXPRESIONES EQUIVALENTE A TRAMOS DE TUBERIA RECTA.

Tamaño Nominal del Tubo Pulgadas	Válvula de Compuerta Standard o Union de Expansion	Codo de 90° de Radio Largo o Carrera de Te Standard	Codo de 90° de Alcance Medio o Carrera de Te Reducido 1/4	Codo de 90° Standard o Carrera de Te Reducido 1/2	Construcción de Cada Soldadura de 90° Escuadrada	Te Standard a Traves de Salida Lateral	Standard Te Entrada Lateral Dividida	Pérdida de Entrada Ordinaria	
14	18.5	24.5	31	49	58	14.5	98	70	22.5
16	21.5	28.5	36	58	66	16.5	115	80	26.0
18	25.0	33	42	67	75	18.5	132	91	29.5
20	28.5	38	48	78	83	20.5	150	102	32
24	36	47	60	98	101	25	185	121	40
30	47	61	80	126	127	32	242	151	50
36	59	79	100	156	150	38	305	179	60
42	71	95	120	189	175	44	370	210	70
48	83	110	139	219	200	50	415	242	80

Basada en los datos de energia Hoja Num. 8

FRICCION DE LA TUBERIA PARA BOMBAS A CHORRO DE VASTAGO

Pérdida por Fricción en Pies por 100 Pies de Vástago

Tamaño del Chorro Caballos de fuerza	TAMAÑOS DE TUBOS DE SUCCION Y PRESION (EN PULGADAS)											
	1x3/4	1x1	1 1/4x1	1 1/4x1 1/4	1 1/2x1 1/4	1 1/2x1 1/2	2x1 1/2	2x2	2 1/2x2	2 1/2x2 1/2	3x2 1/2	3x3
1/4	27	18	7	5	3	2						
1/2			12	8	6	4						
3/4			18	12	8	6	3	2				
1				22	16	11	6	4				
1 1/2					25	16	9	6				
2							13	8	5	3		
3							20	13	7	5		
	No se recomiendan las Operaciones mas abajo de la linea.											

NOTA: la pérdida por fricción debe añadirse a la altura vertical

FRICCION EN TUBERIA DE COBRE

**PERDIDA DE CARGA POR FRICCION EN PIES POR TRAMOS DE 100 PIES DE TUBERIA DE COBRE TIPO L
BASADO EN LA FORMULA DE WILLIAMS & HAZEN USANDO CONSTANTE DE 130**

DIAMETRO EXTERIOR	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"	
DIAMETRO INTERIOR	.543"		.785"		1.025"		1.265"		1.505"		1.905"		2.465"	
ESPESOR DE DE PAREDES	.040"		.043"		.050"		.055"		.060"		.080"		.070"	
GALONES de EF.LU por Minuto	Velocidad Pies/Seg.	Pérdida de Carga												
2	2.75	8.89	1.33	1.50	.778	.411								
4	5.50	32.0	2.65	5.40	1.56	1.48								
6	8.25	87.7	3.98	11.5	2.34	3.13	1.53	1.12						
8	11.0	116.	5.30	19.5	3.11	5.35	2.04	1.92	1.44	.822				
10	13.8	174.	6.62	29.4	3.89	8.08	2.55	2.90	1.80	1.24	1.04	.321		
12			7.95	41.2	4.67	11.3	3.06	4.04	2.16	1.73	1.24	.450		
14			9.27	54.9	5.45	15.0	3.58	5.44	2.52	2.32	1.45	.598		
16			10.6	70.3	6.22	19.2	4.09	6.82	2.88	2.92	1.66	.767		
18			11.92	87.5	7.00	23.9	4.61	8.21	3.22	3.72	1.87	.953		
20					7.78	29.0	5.10	10.4	3.60	4.46	2.07	1.16	1.34	.404
25					9.74	43.9	6.38	15.7	4.51	6.74	2.59	1.75	1.68	.609
30					11.68	61.4	7.65	22.1	5.41	9.44	3.11	2.45	2.02	.852
35					13.61	81.8	8.94	29.3	6.31	12.6	3.62	3.26	2.35	1.14
40					15.55	105.	10.2	37.6	7.21	16.1	4.14	4.18	2.69	1.46
45					17.50	130.	11.5	46.7	8.11	20.0	4.66	5.20	3.02	1.81
50					19.45	158.	12.8	56.7	9.01	24.3	5.17	6.32	3.36	2.20
60							15.3	79.5	10.8	34.1	6.21	8.85	4.03	3.08
70							17.9	106.	12.6	45.5	7.25	11.8	4.70	4.11
80							20.4	136	14.4	58.1	8.28	15.1	5.37	5.25
90							23.0	168.	16.2	72.1	9.31	18.7	6.04	6.52
100							25.5	204	18.0	87.7	10.4	22.7	6.71	7.94
110									19.8	104.5	11.4	27.2	7.38	9.44
120									21.6	123.	12.4	31.8	8.05	11.1
130									23.4	143.	13.4	36.9	8.73	12.9
140											14.5	42.3	9.40	14.8
150											15.5	48.1	10.1	16.8
160											16.5	54.2	10.8	18.9
170											17.6	60.6	11.4	21.1
180											18.6	67.4	12.1	23.6
190											19.6	74.3	12.8	26.0
200											20.7	81.9	13.4	28.6
220											22.8	97.5	14.8	34.7
240											24.8	115.	16.1	40.2
260											26.9	133.	17.5	46.5
280											29.0	153.	18.8	53.2
300											31.1	174	20.1	61.1

FRICCION DEL AGUA EN 100 PIES DE MANGUERA DE AGUJERO LISO

Para Diferentes Flujos y Tamaños de Manguera, la Tabla da la Velocidad del Agua y Piés de Carga por Pérdidas en Fricción de 100 Piés de Manguera de Agujero Liso.

Los Tamaños de la Manguera Muestran el Verdadero Diámetro Interior

Flujo en Galones de Ed. U. por Minuto	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		Flujo en Galones de Ed. U. por Minuto
	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	Velocidad en Piés por Seg.	Fricción de la Carga en Piés	
1.5	1.6	23	11	97									1.5
2.5	2.6	60	18	25									2.5
5	5.2	214	36	89	20	22	13	74	9	3			5
10	10.5	768	73	318	41	70	26	264	18	10	10	2	10
15			109	685	61	158	39	57	27	23	15	5	15
20	13	32			82	267	52	96	36	39	20	9	20
25	16	51			102	432	65	147	45	60	25	14	25
30	20	70	14	3	122	612	78	207	54	85	31	20	30
35	23	92	16	4	143	805	91	276	64	112	36	27	35
40	26	12	18	5			104	350	73	143	41	35	40
45	29	15	20	6			117	430	82	177	46	43	45
50	32	18	23	7			131	527	91	218	51	52	50
60	39	25	27	10			157	735	109	302	61	73	60
70	46	32	32	13					127	404	71	98	70
80	52	41	36	17		4"			145	520	82	126	80
90	59	53	41	21	73	5			63	642	92	157	90
100	65	65	45	26	25	6			181	774	102	189	100
125	82	90	57	40	32	9					128	286	125
150	98	130	68	56	38	13					153	407	150
175	114	181	79	74	45	18		3"	6"		179	534	175
200	131	234	91	96	51	23	33	8	23	32	204	685	200
225	147	290	102	119	57	29	37	10	26	40			225
250	163	350	113	148	64	35	41	12	28	49			250
275	180	420	125	182	70	42	45	14	31	58			275
300	196	400	136	203	77	49	49	17	33	69			300
325			147	235	83	57	53	20	37	80			325
350			159	270	89	66	57	23	40	90			350
375			170	307	96	74	61	26	42	10	8"		375
400					102	84	65	29	45	11	26	28	400
450					115	105	74	36	51	14	29	35	450
500					128	127	82	43	57	17	32	43	500
600					153	178	98	61	68	24	38	63	600
700					179	237	114	81	79	33	45	80	700
800							131	103	91	42	51	11	800
900							147	128	102	52	58	3	900
1000							163	156	114	64	64	5	1000
1100							179	185	125	76	70	19	1100
1200									136	92	77	23	1200
1300									147	100	83	26	1300
1400									159	119	89	30	1400
1500									170	136	96	33	1500
1600											102	37	1600
1800											115	47	1800
2000											128	57	2000
2500											160	86	2500
3000											191	122	3000

TABLA DE TUBOS DE ACERO

TAMANO NOMINAL	NUMERO DE HILOS POR PULGADA	DIAMETRO EXTERIOR REAL	BROCAS Y DIAMETRO DE AGUJERO	STANDARD					*	EXTRA PESADO					PRESION DE REVENTAMIENTO	
				DIAMETRO INTERNO ACTUAL	AREA INTERNA PULG. CUADRADAS	G.P.M. A VELOCIDAD DE UN PIE POR SEG.	PESO NOMINAL LBS. POR PIES	DIAMETRO EXTERIOR DEL COPLE		DIAMETRO INTERNO ACTUAL	AREA INTERNA PULG. CUADRADAS	GALS. POR MINUTO VELOCIDAD DE 1 PIE POR SEGUNDO	PESO NOMINAL LBS. POR PIE	PRESION DE REVENTAMIENTO		
														(a) SOLDADO A TRASLAPE	(b) SOLDADO A TOPE	
1/8"	27	0.405	1 1/32	0.27	0.06	0.18	0.42	0.56	2500	0.22	0.04	0.11	0.31	19800	005C	
1/4"	18	0.540	3/16	0.36	0.10	0.32	0.57	0.72	1500	0.30	0.07	0.22	0.54	19000	005E	
3/8"	18	0.575	1/32	0.49	0.19	0.60	0.85	0.85		0.42	0.14	0.44	0.74	15500		
1/2"	14	0.840	23/32	0.62	0.30	0.95	0.24	1.02	1500	0.55	18.19	0.73	1.09	2000	14600	005Z
3/4"	14	1.050	15/16	0.82	0.53	1.66	1.13	1.28		0.74	0.43	1.35	1.47	11900	000Z	
1"	11 1/2	1.315	1 3/32	1.05	0.86	2.69	1.68	1.58	1500	0.96	1.77	2.24	2.17	11400	000Z	
1 1/4"	11 1/2	1.660	1 1/2	1.38	1.50	4.46	2.27	9.42		1.28	2.95	4.00	3.00	9600	005L	
1 1/2"	11 1/2	1.900	1 3/32	1.61	2.04	6.35		11.72	1500	1.50	6.61	5.51	3.36	8850	005L	
2"	11 1/2	2.375	2 3/16	2.07	3.36	10.5	3.65	14.00		1.94	11.50	9.20	5.02	9750	7700	1250
2 1/2"	8	2.875	2 3/8	2.47	4.79	14.9	5.79	1.95	95Z	2.32	4.24	13.2	7.66	10100	7950	
3"	8	3.500	3 1/4	3.07	7.39	23.0	7.58	2.22		2.90	26.07	20.6	10.25	9150	7700	
4"	8	4.500	4 1/4	4.03	12.73	39.7	10.79	2.76	1250	3.83	45.66	35.8	14.98	7900		
5"	8	5.563	5 3/8	5.05	20.21	62.4	14.62	3.28		4.81	1.28	56.7	20.78	6950		
6"	8	6.625	6 3/8	6.07	28.89	90.0	18.97	3.95	1000	5.76	0.23	81.2	28.57	6850		
8"	8	8.625	8 1/32	7.98	50.02	156.0	28.55	5.09		7.63	0.7	142	43.34	6050		
10"	8	10.75	10 3/8	10.02	78.85	246.0	40.49	6.30	750	9.75	74.66	233	54.74	4825		
12"	8	12.75	12 3/8	12.00	113.1	353.0	49.56	7.36		11.75	108.4	338	65.42	4075		

Las Presiones de Reventamiento (Agua Fria) están basadas en la Formula de Barlow: $P = 2 \times f \times t$; donde P = Presión en Lbs por Pulgada Cuadrada, f = Fibra, t = Espesor en Pulgadas; D = Diámetro Exterior en Pulgadas. D Esfuerzo (a) 41000 (b) 52000 (c) 62000 lbs. por Pulgada Cuadrada.

* Se Indican Tubos Utiles para Presiones. Si están Sujetos a Golpes Fuertes, Reduzca las Presiones que se Indican.

TABLA PARA IGUALAR TUBOS

El tamaño del tubo principal se da en la columna de la izquierda. El número de ramales se da en el cuerpo de la tabla en la línea de arriba, y el tamaño apropiado de los ramales se da en el cuerpo de la tabla en la línea de cada principal y debajo del número deseado de ramales.

En los tamaños comerciales el tamaño nominal de 1/4 de pulgada generalmente es de mayor tamaño, con frecuencia hasta de 1/2. Muy seguridad al llamarlo de 1/3, y así está calculada en la tabla. Se dan los tamaños exactos para los tubos de los ramales. En esta forma el diseñador del sistema de tubería puede seleccionar los tamaños comerciales que se vayan a usar.

Tamaño del Tubo Principal	NUMERO DE RAMALES																Tamaño del Tubo Principal
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	758	644	574	525	488	459	435	415	398	383	370	358	348	338	330	1	
1 1/4	965	838	747	683	635	597	556	540	518	498	466	452	440	428	428	1 1/4	
1 1/2	114	967	861	788	733	689	653	623	597	575	555	538	522	508	494	1 1/2	
2	125	129	115	105	977	918	870	830	796	766	740	717	696	677	660	2	
2 1/2	164	161	144	131	122	115	109	104	995	958	925	896	870	846	825	2 1/2	
3	221	192	172	158	147	138	131	125	119	115	111	108	104	102	980	3	
3 1/2	265	226	201	184	171	161	152	145	139	134	130	125	122	118	115	3 1/2	
4	303	258	230	210	195	184	174	166	159	153	148	143	139	135	132	4	
4 1/2	341	290	258	236	220	207	196	187	179	172	167	161	157	152	148	4 1/2	
5	379	322	287	263	244	230	218	208	199	192	185	179	174	169	165	5	
6	425	367	345	315	293	275	261	249	239	230	222	215	209	203	198	6	
7	530	451	402	368	342	321	305	291	279	268	259	251	244	237	231	7	
8	636	516	459	420	391	367	348	332	318	309	296	287	278	271	264	8	
9	687	580	517	473	443	413	392	374	358	345	333	323	313	304	297	9	
10	710	644	574	525	440	459	435	415	398	383	370	359	348	338	330	10	
12	908	773	689	630		551	522	498	478	460	444	430	418	406	396	12	

DESCARGA TEORICA DE LAS BOQUILLAS EN GALONES DE EE. UU. POR MINUTO

Carga Monométrica		Velocidad de Descarga Pés por Segundo	DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS EN PULGADAS:								
Libras	Piés		$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
10	23.1	38.6	0.37	1.48	3.32	5.91	13.3	23.6	36.9	53.1	72.4
15	34.6	47.25	0.45	1.84	4.06	7.24	16.3	26.9	45.2	65.0	88.5
20	46.2	54.55	0.52	2.09	4.69	8.35	18.8	33.4	52.2	75.1	102
25	57.7	61.0	0.58	2.34	5.25	9.34	21.0	37.3	58.3	84.0	114
30	69.3	66.85	0.64	2.56	5.75	10.2	23.0	40.9	63.9	92.0	125
35	80.8	72.2	0.69	2.77	6.21	11.1	24.8	44.2	69.0	99.5	135
40	92.4	77.2	0.74	2.96	6.64	11.8	26.6	47.3	73.8	106	145
45	103.9	81.8	0.78	3.13	7.03	12.5	28.2	50.1	78.2	113	153
50	115.5	86.25	0.83	3.30	7.41	13.2	29.7	52.8	82.5	119	162
55	127.0	90.4	0.87	3.46	7.77	13.8	31.1	55.3	86.4	125	169
60	138.6	94.5	0.90	3.62	8.12	14.5	32.5	57.8	90.4	130	177
65	150.1	98.3	0.94	3.77	8.45	15.1	33.8	60.2	94.0	136	184
70	161.7	102.1	0.98	3.91	8.78	15.7	35.2	62.5	97.7	141	191
75	173.2	105.7	1.01	4.05	9.08	16.2	36.4	64.7	101	146	198
80	184.8	109.1	1.05	4.18	9.39	16.7	37.6	66.8	104	150	205
85	196.3	111.5	1.08	4.31	9.67	17.3	38.8	68.9	108	155	211
90	207.9	115.8	1.11	4.43	9.95	17.7	39.9	70.8	111	160	217
95	219.4	119.0	1.14	4.56	10.2	18.2	41.0	72.8	114	164	223
100	230.9	122.0	1.17	4.67	10.0	18.7	42.1	74.7	117	168	229
105	242.2	125.0	1.20	4.79	10.8	19.2	43.1	76.5	120	172	234
110	254.0	128.0	1.23	4.90	11.0	19.6	44.1	78.4	122	176	240
115	265.5	130.9	1.25	5.01	11.2	20.0	45.1	80.1	125	180	245
120	277.1	133.7	1.28	5.12	11.5	20.5	46.0	81.8	128	184	251
125	288.6	136.4	1.31	5.22	11.7	20.9	47.0	83.5	130	188	256
130	300.2	139.1	1.33	5.33	12.0	21.3	48.0	85.2	133	192	261
135	311.7	141.8	1.36	5.43	12.2	21.7	48.9	86.7	136	195	266
140	323.3	144.3	1.38	5.53	12.4	22.1	49.8	88.4	138	199	271
145	334.8	146.9	1.41	5.62	12.6	22.5	50.6	89.9	140	202	275
150	346.4	149.5	1.43	5.72	12.9	22.9	51.5	91.5	143	206	280
175	404.1	161.4	1.55	6.18	13.9	24.7	55.6	98.8	154	222	302
200	461.9	172.6	1.55	6.61	14.8	26.4	59.5	106	165	238	323

Carga Monométrica		Velocidad de Descarga Pés por Segundo	DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS EN PULGADAS:								
Libras	Piés		1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	2	2 1/4	2 1/2
10	23.1	38.6	94.5	120	148	179	213	289	376	479	591
15	34.6	47.25	116	147	181	219	260	354	463	585	723
20	46.2	54.55	134	169	209	253	301	409	535	676	835
25	57.7	61.0	149	189	234	283	336	458	598	756	934
30	69.3	66.85	164	207	256	309	368	501	655	828	1023
35	80.8	72.2	177	224	277	334	398	541	708	895	1106
40	92.4	77.2	188	239	296	357	425	578	756	957	1182
45	103.9	81.8	200	253	313	379	451	613	801	1015	1252
50	115.5	86.25	211	267	330	399	475	647	845	1070	1320
55	127.0	90.4	221	280	346	418	498	678	886	1121	1385
60	138.6	94.5	231	293	362	438	521	708	926	1172	1447
65	150.1	98.3	241	305	376	455	542	737	964	1220	1506
70	161.7	102.1	250	317	391	473	563	765	1001	1267	1565
75	173.2	105.7	259	327	404	489	582	792	1037	1310	1619
80	184.8	109.1	267	338	418	505	602	818	1070	1354	1672
85	196.3	111.5	276	349	431	521	620	844	1103	1395	1723
90	207.9	115.8	284	359	443	536	638	869	1136	1436	1773
95	219.4	119.0	292	369	456	551	656	892	1168	1476	1824
100	230.9	122.0	299	378	467	565	672	915	1196	1512	1870
105	242.2	125.0	306	388	479	579	689	937	1226	1550	1916
110	254.0	128.0	314	397	490	593	705	960	1255	1588	1961
115	265.5	130.9	320	406	501	606	720	980	1282	1621	2005
120	277.1	133.7	327	414	512	619	736	1002	1310	1659	2050
125	288.6	136.4	334	423	522	632	751	1022	1338	1690	2090
130	300.2	139.1	341	432	533	645	767	1043	1365	1726	2132
135	311.7	141.8	347	439	543	656	780	1063	1390	1759	2173
140	323.3	144.3	354	448	553	668	795	1082	1415	1790	2212
145	334.8	146.9	360	455	562	680	809	1100	1440	1820	2250
150	346.4	149.5	366	463	572	692	824	1120	1466	1853	2290
175	404.1	172.6	395	500	618	747	890	1210	1582	2000	2473
200	461.9	194.5	423	535	660	799	950	1294	1691	2140	2645

NOTA.—Las cantidades reales variarán de estos números, la cantidad de variación depende de la forma de la boquilla y tamaño del tubo en el punto donde se determina la presión. Con boquillas lisas en forma cónica el descargue real es como de 90 por ciento de los números que se dan en la tabla.

CHORROS EFECTIVOS PARA INCENDIO

(por W. H. Freeman, M. E.)

Las presiones que se dan son presiones aproximadas, no presiones efectivas. Las presiones efectivas seran ligeramente mayores.

Las distancias horizontal y vertical que se dan son para chorros de incendio buenos y eficientes. Las distancias a las cuales se arrojan las gotas aisladas son mucho mayores.

Las presiones usadas se basan en que la manguera esté conectada directamente a la bomba o al hidrante mientras el chorro está fluyendo, 250 galones por minuto es un buen standar de chorro para incendio con 60 libras de presión en el hidrante o en la bomba.

3/4-Pulgada Boquilla Lisa									3/4-Pulgada Boquilla Lisa							
Presión de la Boquilla	Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"					Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"				
				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies
33	97	55	41	38	46	42	44	45	143	56	46	40	46	48	52	56
40	104	60	44	43	46	48	50	53	142	62	49	46	50	55	59	64
45	110	64	47	48	51	54	57	59	150	67	52	51	57	62	67	72
50	116	67	50	54	57	60	63	65	159	71	55	57	63	69	74	80
55	122	70	52	59	63	66	69	73	166	74	58	63	69	75	82	88
60	127	72	54	65	68	72	76	79	174	77	61	69	75	82	89	96
65	132	74	56	70	74	78	82	86	181	79	64	74	82	89	96	104
70	137	76	58	75	80	84	88	92	188	81	66	80	88	96	104	112
75	142	78	60	81	85	90	94	99	194	83	68	86	94	103	111	120
80	147	79	62	86	91	96	101	106	201	85	70	91	101	110	119	128
85	151	80	64	92	97	102	107	112	207	87	72	97	107	116	126	136
90	156	81	65	97	102	108	113	119	213	88	74	103	113	123	134	144
95	160	82	66	102	108	114	120	125	219	89	75	109	115	130	141	152
100	164	83	68	108	114	120	125	132	224	90	76	114	126	137	148	160
1 pulgada Boquilla Lisa									1 1/4-Pulgada Boquilla Lisa							
Presión de la Boquilla	Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"					Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"				
				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies
33	174	58	51	44	51	57	64	71	222	59	54	49	60	71	82	94
40	186	64	55	50	58	66	73	81	238	65	59	56	69	81	94	107
45	198	69	58	56	65	74	83	91	252	70	63	63	77	92	106	120
50	208	73	63	62	72	82	92	102	266	75	66	70	86	102	118	134
55	218	76	64	69	79	90	101	112	279	80	69	77	95	112	130	147
60	228	79	67	75	87	98	110	122	291	83	72	84	103	122	141	160
65	237	82	70	81	94	107	119	132	303	86	75	91	112	132	153	174
70	246	85	72	87	101	115	128	142	314	88	78	98	120	143	165	187
75	255	87	74	94	110	123	138	152	325	90	79	105	129	153	177	201
80	263	89	76	100	115	131	147	162	336	92	81	112	138	163	188	214
85	274	91	78	106	123	139	156	173	346	94	83	119	146	173	200	227
90	279	92	80	112	130	147	165	183	356	96	85	124	155	183	212	241
95	287	94	82	118	137	156	174	193	366	98	87	133	163	194	224	254
100	295	96	83	125	144	164	183	203	376	99	89	140	172	204	236	270
1 1/2-Pulgada Boquilla Lisa									1 3/4-Pulgada Boquilla Lisa							
Presión de la Boquilla	Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"					Descarga Galones por Minuto	Distancia Vertical del Chorro	Distancia Horizontal del Chorro	Presión en libras que se necesita en el hidrante o en la bomba para mantener la presión en la boquilla a través de varios tramos de manguera lisa de hule con una de 2 1/2"				
				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies				100 Pies	200 Pies	300 Pies	400 Pies	500 Pies
33	277	60	59	57	74	91	109	126	340	62	62	67	94	120	146	172
40	296	67	63	65	84	104	124	144	363	69	66	77	107	137	166	196
45	314	72	67	73	95	117	140	162	385	74	70	87	120	154	187	221
50	331	77	70	81	106	130	155	180	406	79	73	96	134	171	208	245
55	347	81	73	89	116	143	170	198	426	83	76	106	147	188	229	270
60	363	85	76	97	127	156	186	216	445	87	79	116	160	205	250	
65	377	88	79	105	137	169	201	234	463	90	82	125	174	222		
70	392	91	81	113	148	182	217	252	480	92	84	135	187	239		
75	405	93	83	121	158	195	232		497	95	86	145	201	256		
80	419	95	85	129	169	208	248		514	97	88	154	214			
93	432	97	88	137	179	221			529	99	90	164	227			
90	444	99	90	145	190	234			545	100	92	173	240			
95	456	100	92	154	210	247			560	101	94	183	254			
100	468	101	93	162	211	261			574	103	96	193				

AGUA QUE SE NECESITA POR MINUTO PARA ALIMENTAR CALDERAS

Un Caballo de Fuerza de Caldera equivale a 345 libras de agua evaporada por hora de y a 212 gradas Fahrenheit. (100°C)

Un Galón de Agua peso 8.34 libras a 60 gradas Fahrenheit

Caballos de Fuerza de Caldera multiplicado por 0.69 galones por minuto es la alimentación de agua que se necesita

de F	G P M	C de F	G P M	C de F	G P M	C de F	G P M	C de F	G P M
20	138	60	414	110	759	190	131	400	276
25	173	65	449	120	828	209	138	450	311
30	207	70	483	130	897	225	155	500	345
35	242	75	517	140	966	250	173	600	414
40	276	80	552	150	1040	275	190	700	483
45	311	85	587	160	1110	300	207	800	552
50	345	90	621	170	1170	325	225	900	621
55	380	100	690	180	1240	350	242	1000	690

Al seleccionar bombas Alimentadoras de Calderas debe de tomarse en consideración el hecho de que con frecuencia las calderas se trabajan a 200 y 300 por ciento de su valor. Los numeros anteriores son los desarrollados realmente como caballo de fuerza de caldera

PRESIONES DE BOMBEO APROXIMADAS DE ALIMENTACION DE LA CALDERA

Presión de la Caldera	Presión de Descarga de la Bomba Alimentadora de la Caldera
200	250
400	475
800	925
1200	1350

LEVANTADAS DE SUCCION PRACTICAS A DIFERENTES ELEVACIONES SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ELEVACION	Lectura del Barómetro Libras por Pulgada Cuadrada	Levantada de Succión Teórica Metros (Piés)	Levantada de Succión Práctica Metros (Piés)	Calibrador * de Vacío Pulgadas
A Nivel del Mar	14.7	10.3 (34.0)	6.7 (22)	19.5
¼ milla—1,320 pies—sobre nivel del mar	14.0	9.75 (32.4)	6.4 (21)	18.6
½ milla—2,640 pies—sobre nivel del mar	13.3	9.4 (30.8)	6.1 (20)	17.7
¾ milla—3,960 pies—sobre nivel del mar	12.7	8.9 (29.2)	5.4 (18)	15.9
1 milla—5,280 pies—sobre nivel del mar	12.0	8.48 (27.8)	5.1 (17)	15.0
1¼ milla—6,600 pies—sobre nivel del mar	11.4	8.05 (26.4)	4.8 (16)	14.2
1½ milla—7,920 pies—sobre nivel del mar	10.9	7.65 (25.1)	4.5 (15)	13.3
2 millas—10,560 pies—sobre nivel del mar	9.9	6.95 (22.8)	4.2 (14)	12.4

*Nota: Multiplique el Barómetro en Pulgadas por 4.91 para obtener Libras por Pulgada Cuadrada. *Las Lecturas en el Calibrador de Vacío en Pulgadas corresponden a Levantada de Succión Práctica en pies solamente cuando se para la Bomba. La fricción del tubo aumenta las lecturas en el calibrador de vacío cuando la bomba está trabajando. Para una operación silenciosa, el calibrador de vacío nunca debe registrar más de 20 pulgadas cuando la bomba está trabajando. Basada a una temperatura en el agua de 65° F.

Levantadas de Succión Prácticas a Diferentes Temperaturas y Elevaciones del Agua en Grados Fahrenheit.

Elevación	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
Nivel del Mar	-10	-7	-5	-2	0	+3	+5	+7	+10	+12
1000	-7	-5	-2	+1	+3	+5	+7	+10	+12	+15
2000	-5	-2	+1	+3	+5	+7	+10	+12	+14	
3000	0	+1	+3	+5	+7	+10	+12	+14	+16	
4000	3	+3	+5	+7	+9	+12	+14	+16		
5000	+2	+4	+7	+9	+11	+14	+16	+18		

Esta tabla da la levantada de succión máxima permisible o la carga mínima que se permite en el lado de succión de la bomba a diferentes alturas y temperaturas del líquido. Un signo de menos delante de un número indica la levantada de succión máxima. Un signo de más, delante de un número, indica la carga mínima. Estos números son para usarse como guía y no están garantizados.

Cuando se bombear líquidos volátiles tales como gasolina y nafta, debe darse consideración especial a la cantidad de levantada de succión y al tamaño del tubo de succión que se use. En esos líquidos la levantada de succión ya sea levantada vertical real u ocasionada por la fricción de la línea de tubería, debe de conservarse tan baja como sea posible, y nunca exceder a 3.6 mts (12 pies).

Para líquidos tales como aceite lubricante, melazas, etc., generalmente es satisfactoria una levantada de succión hasta de 7.3 mts (24 pies), a nivel del mar.

VALORES EQUIVALENTES DE PRESION: Pulgadas de Mercurio—Piés de Agua—Libras por Pulgada Cuadrada

Pulgadas de Mercurio	Pies de Agua	Libras por Pulgada Cuadrada	Pulgadas de Mercurio	Pies de Agua	Libras por Pulgada Cuadrada	Pulgadas de Mercurio	Pies de Agua	Libras por Pulgada Cuadrada
1	1.13	0.49	11	12.45	5.39	21	23.78	10.3
2	2.26	0.98	12	13.57	5.87	22	24.88	10.8
3	3.39	1.47	13	14.70	6.37	23	26.00	11.28
4	4.52	1.95	14	15.82	6.86	24	27.15	11.75
5	5.65	2.44	15	16.96	7.35	25	28.26	12.25
6	6.78	2.93	16	18.09	7.84	26	29.40	12.73
7	7.91	3.42	17	19.22	8.33	27	30.52	13.23
8	9.04	3.91	18	20.35	8.82	28	31.65	13.73
9	10.17	4.40	19	21.75	9.31	29	32.80	14.22
10	11.30	4.89	20	22.60	9.80	29.929	33.947	14.699

PRESION Y EQUIVALENTE EN PIES DE CARGA DE AGUA

Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga
1	2.31	20	46.18	120	277.07	225	519.51
2	2.62	25	57.72	125	288.62	250	577.24
3	6.93	30	69.27	130	300.16	275	643.03
4	9.24	40	92.36	140	323.25	300	692.69
5	11.54	50	115.45	150	346.34	325	750.41
6	13.85	60	138.54	160	369.43	350	922.58
8	16.16	70	161.63	170	392.52	375	808.13
7	18.47	80	184.72	180	415.61	400	865.89
9	20.78	90	207.81	190	438.90	500	1154.48
10	23.09	100	230.90	200	461.73	1000	2309.00
15	34.63	110	253.98	...	...	...	...

PIES DE CARGA DE AGUA Y PRESIONES EQUIVALENTES

Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad	Pies de Carga	Lbs por Pulg Cuad
1	43	30	12.99	140	60.63	300	129.93
2	87	40	17.32	150	64.96	325	140.71
3	130	50	21.65	160	69.29	350	151.53
4	173	60	25.99	170	73.63	400	173.24
5	217	70	30.32	180	77.96	500	216.51
6	260	80	34.65	190	82.29	600	259.78
7	303	90	38.98	200	86.62	700	303.05
8	346	100	43.31	225	97.45	800	346.32
9	390	110	47.65	250	108.27	900	389.59
10	433	120	51.97	275	119.10	1000	433.09
20	866	130	56.30	...	...	...	...

CIRCUNFERENCIAS Y AREAS DE LOS CIRCULOS

Diámetro de 1/64 hasta 30, avanzando principalmente por Octavos

Diám.	Circunf.	Area	Diám.	Circunf.	Area	Diám.	Circunf.	Area	Diám.	Circunf.	Area	Diám.	Circunf.	Area
1/64	.04909	.00019	2 1/4	8.8357	6.2126	7 1/8	23.169	42.718	14 1/8	46.731	173.78	22 1/8	70.293	393.26
1/32	.09818	.00077	1/2	9.0321	6.4918	1/2	23.562	44.179	15 1/8	47.124	176.71	1/2	70.686	397.01
1/16	.14726	.00173	3/4	9.2284	6.7771	3/4	23.955	45.664	15 3/8	47.517	179.67	3/4	71.079	402.04
3/32	.19635	.00307				1/4	24.347	47.173	16 1/8	47.909	182.65	1/4	71.471	406.49
1/8	.24542	.00690	3.	9.4248	7.0686	1/4	24.740	48.707	16 3/8	48.302	185.66	1/4	71.864	410.97
1/4	.32270	.01227	1/2	9.6211	7.3662				16 5/8	48.695	188.69			
3/8	.40807	.01917	3/4	9.8175	7.6699	8.	25.133	50.265	17 1/8	49.087	191.75	23.	72.257	415.43
1/2	.58905	.02761	1/2	10.014	7.9798	1/2	25.525	51.849	17 3/8	49.480	194.93	1/2	72.649	420.00
3/4	.68722	.03758	3/4	10.210	8.2958	1/4	25.918	53.456	17 5/8	49.873	197.93	3/4	73.041	424.56
			1/4	10.407	8.6179	3/4	26.311	55.088	18 1/8			1/4	73.433	429.13
			3/4	10.603	8.9462	1/2	26.704	56.745	18 3/8			3/4	73.827	433.74
			1/2	10.799	9.2806	1/4	27.096	58.426	18 5/8			1/2	74.220	438.36
			3/4	10.996	9.6211	3/4	27.489	60.132	19 1/8			3/4	74.613	443.01
			1/4	11.192	9.9678	1/2	27.882	61.862	19 3/8			1/2	75.006	447.69
			3/4	11.388	10.321				19 5/8					
			1/2	11.585	10.680	9.	28.274	63.617	19 7/8			24.	75.398	452.39
			3/4	11.781	11.045	1/2	28.667	65.397	20 1/8			1/2	75.791	457.11
			1/4	11.977	11.416	3/4	29.060	67.201	20 3/8			3/4	76.184	461.86
			3/4	12.174	11.793	1/2	29.452	69.029	20 5/8			1/2	76.576	466.64
			1/4	12.370	12.177	3/4	29.845	70.882	20 7/8			3/4	76.969	471.44
						1/2	30.238	72.760	21 1/8			1/2	77.362	476.26
						3/4	30.631	74.662	21 3/8			3/4	77.754	481.11
						1/4	31.023	76.589	21 5/8			1/4	78.147	485.98
									21 7/8					
						10.	31.416	78.540	22 1/8			25.	78.540	490.87
						1/2	31.809	80.516	22 3/8			1/2	78.933	495.79
						3/4	32.201	82.516	22 5/8			3/4	79.325	500.74
						1/4	32.594	84.541	22 7/8			1/4	79.718	505.71
						3/4	32.988	86.590	23 1/8			3/4	80.111	510.71
						1/2	33.379	88.664	23 3/8			1/2	80.503	515.72
						3/4	33.772	90.763	23 5/8			3/4	80.896	520.77
						1/4	34.165	92.886	23 7/8			1/4	81.289	525.84
									24 1/8					
						11.	34.558	95.033	24 3/8			26.	81.681	530.93
						1/2	34.950	97.205	24 5/8			1/2	82.074	536.05
						3/4	35.343	99.402	24 7/8			3/4	82.467	541.19
						1/4	35.736	101.62	25 1/8			1/4	82.860	546.35
						3/4	36.128	103.87	25 3/8			3/4	83.252	551.55
						1/2	36.521	106.14	25 5/8			1/2	83.645	556.76
						3/4	36.914	108.43	25 7/8			3/4	84.038	562.00
						1/4	37.306	110.75	26 1/8			1/4	84.430	567.27
									26 3/8					
						12.	37.699	113.10	26 5/8			27.	84.823	572.56
						1/2	38.092	115.47	26 7/8			1/2	85.216	577.87
						3/4	38.485	117.86	27 1/8			3/4	85.608	583.21
						1/4	38.877	120.28	27 3/8			1/4	86.001	588.57
						3/4	39.270	122.72	27 5/8			3/4	86.394	593.96
						1/2	39.663	125.19	27 7/8			1/2	86.787	599.37
						3/4	40.055	127.68	28 1/8			3/4	87.179	604.81
						1/4	40.448	130.19	28 3/8			1/4	87.572	610.27
									28 5/8					
						13.	40.841	132.73	28 7/8			28.	87.965	615.75
						1/2	41.233	135.30	29 1/8			1/2	88.357	621.26
						3/4	41.626	137.89	29 3/8			3/4	88.750	626.80
						1/4	42.019	140.50	29 5/8			1/4	89.143	632.36
						3/4	42.412	143.14	29 7/8			3/4	89.535	637.94
						1/2	42.804	145.80	30 1/8			1/2	89.928	643.55
						3/4	43.197	148.49	30 3/8			3/4	90.321	649.18
						1/4	43.590	151.20	30 5/8			1/4	90.714	654.84
									30 7/8					
						14.	43.982	153.94	31 1/8			29.	91.106	660.52
						1/2	44.375	156.70	31 3/8			1/2	91.499	666.23
						3/4	44.768	159.48	31 5/8			3/4	91.892	671.96
						1/4	45.160	162.30	31 7/8			1/4	92.284	677.71
						3/4	45.553	165.13	32 1/8			3/4	92.677	683.49
						1/2	45.946	167.99	32 3/8			1/2	93.070	689.30
						3/4	46.339	170.87	32 5/8			3/4	93.462	695.13
									32 7/8			1/4	93.854	700.96
									33 1/8					

EQUIVALENTES DECIMALES

1/64	015625	1/64	140625	1/64	.265625	1/64	390625	1/64	515625	1/64	640625	1/64	765625	1/64	890625
1/32	03125	1/32	15625	1/32	.28125	1/32	40625	1/32	53125	1/32	65625	1/32	78125	1/32	90625
1/16	046875	1/16	171875	1/16	171875	1/16	421875	1/16	546875	1/16	671875	1/16	796875	1/16	921875
1/8	0625	1/8	1875	1/8	3125	1/8	4375	1/8	5625	1/8	6875	1/8	8125	1/8	9375
1/4	078125	1/4	203125	1/4	328125	1/4	453125	1/4	578125	1/4	703125	1/4	828125	1/4	953125
3/8	09375	3/8	21875	3/8	34375	3/8	46875	3/8	59375	3/8	71875	3/8	84375	3/8	96875
1/2	109375	1/2	234375	1/2	359375	1/2	484375	1/2	609375	1/2	734375	1/2	859375	1/2	984375
3/4	125	3/4	250	3/4	375	3/4	500	3/4	625	3/4	750	3/4	875	3/4	1000

MATERIALES PARA BOMBLEAR DIFERENTES LIQUIDOS

Esta lista ha sido compilada para la conveniencia de los usuarios de bombas y representa la práctica mejor conocida para manejar diferentes líquidos. Viscosidad en Segundos Saybolt Universal (S. S. U.) Excepto cuando se anoten.

Líquido	Condición	Símbolo Químico	Peso Esp.	Viscosidad	MATERIAL QUE SE RECOMIENDA
Acido Acético	Concent. Diluido	CH_3COOH	1.055	32 a 68°F	Plomo, Alum., Bronce, Monel, Cromo Niq. A Inox.
Acido Acético					Plomo, Monel, Cromo, Niquel, Acero Inox.
Acido Arsenico		As_2O_3			Todo Fierro, Cromo, Niquel, Acero Inox
Acido Bórico					Alum., Bronce, Monel, Cromo, Niquel, Acero Inoxidable
Acido Carbónico (Fanel)	Concent.	C_6H_5OH	1.071	56 a 68°F	Todo Fierro.
Acido Carbonico		$CO_2 + H_2O$			Todo Bronce
Acido Clorico		ClO_3H	1.54		Herrajes Comunes, Cromo Niquel, Acero Inoxidable.
Acido Cloroso		ClO_2H			Todo Fierro.
Acido Cloroso		ClO_2H			Aluminio Bronce, Monel.
Acido Cloroso		ClO_2H			Monel, Cromo Niquel, Acero Inoxidable
Acido Clorhídrico		HCl	1.16 (20BE)	31.5 a 68°F	Esmalte, Fierro de Alto Silicio, Hastelloy
Acido Cianhídrico		HCN	70		Todo Fierro.
Acido Fluosilícico		H_2SiF_6			Aluminio, Bronce, Monel
Acido Antracénico					Bronce de Alto Plomo, Niquel, Acero Inox Ver Acido Hidroclórico.
Acido Nítrico		HNO_3	1.41	31.5 (EST.)	Plomo, Cromo Niquel, Acero Inoxidable
Acido Nítrico					Todo Fierro, Cromo Niquel, Acero Inox
Acido Oxálico	A 50%	$CO_2CHO_2 \cdot H_2O$			Fierro de Alto Silicio, Cr Niquel, Acero Inoxidable.
Acido Fosfórico	Crudo 50%	H_3PO_4	1.36-1.4		Niquel, Acero Inoxidable
Acido Pírico					Acido Piroalico
Acido Oxaligineoso		$H_2C_2O_4$			Todo Bronce
Acido Sulfúrico		H_2SO_4	1.018-1.03	66 a 68°F	Todo Fierro, Fierro Alto Silicio
Acido Sulfúrico	Concent.		1.835		Todo Fierro, Fierro Alto Silicio.
Acido Sulfúrico	Cal. 60° Ba				Alta Silicio y Fierro
Acido Sulfúrico	Diluido		1.07		Bronce Silicio, Bronce Aluminio, Plomo, Monel
Acido Sulfúrico	Humeante	$H_2SO_4 + SO_3$			Herrajes Comunes, Acero
Acido Sulfuroso	Concent.	H_2SO_3			Esmalte, Plomo, Bronce Aluminio
Acido Táxico		$C_{14}H_{10}O_4$			Todo Bronce, Monel, Cromo Niquel, Acero Inox.
Alcohol (de granos)		C_2H_5OH	7839	33 a 68°F	Todo Bronce.
Alcohol (de madera)		CH_3OH	7965	31 a 68°F	Todo Bronce.
Líquido Alcalino	Conc y Dil				Esmalte, Todo Fierro
Sulfato de Aluminio	H_2O y Acido	$N_2(SO_4)_3$		29.5 a 32°F	Herrajes Comunes, Fierro de Alto Silicio
Amoníaco		NH_3	623 a 32°F		Todo Fierro
Bicarbonato de Amoníaco	Sal de Agua	NH_4HCO_3			Todo Fierro
Cloruro de Amoníaco	Sal de Agua	NH_4Cl			Todo Fierro, Cromo Niquel, Aleación Acero Inox
Nitrato de Amoníaco	Sal de Agua	NH_4NO_3			Todo Fierro, Cromo Niquel, Aleación de Acero Inoxidable.
Sulfato de Amoníaco	Sal de Agua	$(NH_4)_2SO_4$			Todo Fierro, Cr Niquel, Aleación de Acero Inoxidable
Agua de Anilina					Todo Fierro
Asfalto	Caliente		98-14		Todo Fierro.
Cloruro de Bario		$BaCl_2$			Todo Fierro, Cr. Niquel, Aleación de Acero Inoxidable
Nitrato de Bario		$Ba(NO_3)_2$			Todo Fierro, Cr Niquel, Aleación de Acero Inoxidable.
Cerveza			1.01	32 a 68°F	Todo Fierro, Cr. Niquel, Aleación de Acero Inoxidable.
Cerveza en Fermentación					Todo Fierro, Cr. Niquel, Aleación de Acero Inoxidable.
Jugo de Betabel (Rala)					Todo Fierro, Cr. Niquel, Aleación de Acero Inoxidable.
Bencina (producto de alquitrán de hulla)		C_6H_6	88		31 a 68°F	Todo Fierro
Bencina (producto de aceite destilado)			64-66		Herraje de Bronce
Bicloruro de Mercurio	Diluido	$HgCl_2$			Todo Fierro, Cr Niquel Acero inox
Bitterwasser (Agua Amarga)					Todo Bronce
Soluciones Blanqueadoras					Herrajes de Bronce
Salmuera e Cloruro de Calcio	Pura	$CaCl_2$	Hasta 1.3	32-42 a 60 F	Todo Fierro
Cloruros de Salmuera, de Calcio y Sodio					Todo Bronce
Salmuera de Piroxilina	3% Sal	$NaCl$	1.02	32-35 a 60 F	Todo Bronce
Cloruro de Salmuera de Sodio					Todo Bronce
Cloruro de Salmuera de Sodio	Mas de 3% Sa		1.02-1.20	31 a 77 f	Todo Bronce Monel Cr Niquel Acero Inoxidable
Cachaça					Herraje de Bronce
Electrolito de Cadmio					Fierro de Alto Silicio No Metalico

MATERIALES PARA BOMBEAR DIFERENTES LIQUIDOS (Cont.)

Líquido	Condición	Símbolo Químico	Peso Esp.	Viscosidad	MATERIAL QUE SE RECOMIENDA
Bisulfito de Calcio	Sol de Agua	$\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$	1.04		Cr. Niquel, Aleación de Acero Inox.
Clorato de Calcio		$\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			Cr. Niquel, Aleación de Acero Inox, Esmalte, Todo Fierro, Acero de Alto Silicio
Manganeso Caustico		$\text{Ca}(\text{OCl})_2$			
Cloruro de Calcio de Magnesio					Todo Bronce
Jugo de Caña					Herrajes de Bronce
Bisulfato de Carbon	Sol. de Agua	CS_2			Todo Fierro
Carbonato de Soda (Soda Ash)		Na_2CO_3			Todo Fierro
Tetracloruro de Carbono		CCl_4	1.58		Herrajes Comunes, Todo Fierro
Cloruro Caustico de Magnesio	Caliente	MgClOH			Plomo Duro
Cloruro Caustico de Sodio		NaClOH			Todo Fierro
Cianogeno Caustico		CNOH			Todo Fierro.
Manganeso Caustico		$\text{Mn}(\text{OH})_2$			Todo Fierro
Potasa Caustica		KOH			Todo Fierro, Cromo Niquel, Acero Inox
Sosa Caustica		NaOH			Todo Fierro, Cromo Niquel, Acero Inox
Estroncia Caustica		$\text{Sr}(\text{OH})_2$			Todo Bronce
Sulfato Caustico		KSH			Todo Bronce
Cloruro de Zinc Caustico		ZnClOH			Herrajes de Bronce
Calvasa					Fierro de Alto Silicio, Herrajes Comunes
Cloruro de Zinc		ZnCl_2			Todo Fierro
Agua Clorurada					Fierro de Alto Silicio, No Metalico, Hastelloy
Cloro (Gas Seco)		Cl			Aleaciones de Cu, Ni, y Mn.
Clorobencina		$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$	1.1		Herrajes Standard
Cloroformo		CHCl_3	1.5		Plomo, Cromo Niquel, Aleación de Acero Inox.
Alumbre Cromico					Fierro de Alto Silicio.
Aceite de Alquitran de hulla					Todo Fierro.
Caparrosa (Vitriolo Verde)	Sol al Agua	FeSO_4			Todo Fierro, Plomo, Fierro de Alto Silicio
Aceite de Cobre		$\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$			Cromo Niquel, Aleación de Acero Inox
Cloruro de Cobre	Sol al Agua	CuCl_2			Fierro de Alto Silicio, Hastelloy C.
Nitrato de Cobre	Sol al Agua	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$			Cromo Niquel, Aleación de Acero Inox.
Sulfato de Cobre (Vitriolo Azul)		CuSO_4			Plomo, Fierro de Alto Silicio, Cr Niquel, Acero Inoxidable.
Creosota			.93		Todo Fierro.
Aceite de Creosota					Todo Fierro.
Meta Cresol		$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{OH}$	1.04		Todo Fierro.
Cianuro		NaCN			Todo Fierro.
Cianuro de Potasio		KCN			Todo Fierro.
Cianogeno		CN			Todo Fierro
Cianogeno Viscoso					Todo Fierro
Agua de Difusión					Herraje Común.
Difetil	En alcohol	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$			Todo Fierro
Agua para Vastijas					Herraje Común.
Cerveza Destilada sin Fermentar					Todo Bronce
Licor de Madera de Tintura					Herraje de Bronce.
Acetato Etilico		$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$	.90		Todo Fierro Cr. Niquel, Acero Inox
Cloruro de Etileno	Frio	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{Cl})_2$	1.28		Plomo, Fierro de Alto Silicio
Cloruro Ferrico	Sol al Agua	FeCl_3			Fierro de Alto Silicio, Hastelloy C, No Met
Cloruro Ferrico	Caliente	FeCl_3			Fierro de Alto Silicio, Hastelloy C, No Met
Cloruro Ferrico	Agua Fria	FeCl_2			Todo Fierro (Se oxida a Condición Férrica)
Sulfato Ferrico (Ver Caparrosa)					
Jugos de Frutas					Monel, Fierro de Alto Sil Cr. Niquel Inox
Formal		$\text{C}_1\text{H}_3\text{OCHO}$	1.16		Todo Fierro, Cr Niquel Acero Inox.
Gasolina		C_8H_{18}	.68-.75	30 a 68°F	Herraje de Bronce.
Pegadura	Caliente	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$			Herraje de Bronce
Glicerina				1.262	2950 a 68°F	Todo Bronce
Jugo de Uva					Todo Bronce
Heptano (Hidro Carbón Líquido).		C_7H_{16}	.69		Herraje de Bronce
Tupulos					Herraje de Bronce
Peróxido de Hidrógeno (Perbidrol)	Comerc.	H_2O_2			Todo Fierro, Cr. Niquel Acero Inox
Sulfuro de Hidrogeno (Acido Sulfhidrico)	En Agua	H_2S_2			Niq. Resistente, Cr. Niquel Acero Inox
Grasa					Todo Fierro.
Acetato de Plomo (Azúcar de Plomo)	Caliente				Fierro de Alto Sil Cr Niquel Acero Inox
Plomo Derretido	Sol. al Agua	$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$			Todo Fierro.
Agua de Cal (Lecbe de Cal)		$\text{Ca}(\text{OH})_2$			Todo Fierro
Lepa Caustica					Todo Fierro.
Lepa Sulfata					Herraje de Bronce o Todo Bronce.
Lepa, Solucion conteniendo arena					Todo Fierro.
Sulfato de Acido de Magnesio	Concent.				Todo Bronce.
Sulfato de Acido de Magnesio	Diluido				Todo Fierro
Cloruro de Magnesio	Sol. al Agua	MgCl_2			Plomo Duro, Fierro de Alto Silicio.
Oxalofuro de Magnesio		MgClOH			Plomo.
Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	Sol al Agua	MgSO_4			Todo Fierro

MATERIALES PARA BOMBEAR DIFERENTES LIQUIDOS (Cont.)

Líquido	Condición	Símbolo Químico	Peso Esp.	Viscosidad	MATERIAL QUE SE RECOMIENDA
Salas Sulfatignicas	Concent				Todo Bronce
Salas Sulfatignicas	Diluidas				Herraje de Bronce
Azúfre	En Agua				Toxic Fierro, Todo Bronce.
Cloruro de Azúfre	Frio	S_2Cl_2			Todo Fierro, Plomo
Dióxido de Azúfre		SO_2			Todo Bronce
Agua Dulce					Herraje de Bronce
Jarabe					Todo Bronce
Lico para Curtir	Vegetal				Todo Bronce.
Alquitran					Todo Fierro
Alquitran y Amoníaco	Sol al Agua				Todo Fierro.
Tetracloruro de Estaño		(Ver Cloruro Estáñico)			
Tetracloruro de Plomo		$Pb(ClH_3)_4$	1.65		Todo Fierro
Tolueno (Tolul)		$CH_3C_6H_5$	.86		Todo Fierro, Herraje Standard.
Tetraclorometileno		C_2HCl_3	1.47		Todo Fierro, Herraje Standard.
Grasa					Todo Bronce
Barniz					Todo Bronce, Monel.
Vinagre			1.8	32 a 68°F	Todo Bronce, Fierro de Alto Silicio.
Vitriolo, Azul	(Ver Sulfuro de Cobre)				Cromo Niquel Acero Inoxidable
Vitriolo, Verde	(Ver Sulfato Ferroso)				
Aceite de Vitriolo	(Ver Acido Sulfúrico)				
Vitriolo, Blanco	(Ver Sulfato de Zinc)				
Agua Destilada			1.00	31.5 a 60°F	Herraje de Bronce
Agua Fresca			1.00		Herraje de Bronce.
Agua, Salada y de Mar	Ver Salmuera				
Whiskey					Todo Bronce.
Vino					Todo Bronce.
Pulpa de Madera					Herraje de Bronce
Vinagre de Madera	(Ver Acido Paraligneoso)				
Cerveza en Fermentación					Todo Bronce.
Levadura					Todo Bronce o Herrajes de Bronce.
Cloruro de Zinc	Sol. al Agua				Bronce Esp. Aluminio, Bronce Fierro de Alto Silicio.
Zinc, Electrolito					Plomo, Fierro de Alto Silicio.
Nitrato de Zinc		$Zn(NO_3)_2$			Todo Bronce.
Sulfato de Zinc		$ZnSO_4$			Todo Bronce, Fierro Alto Sil. Cr. Niq Acero Inoxidable.

INSTALACIONES ESPECIALES

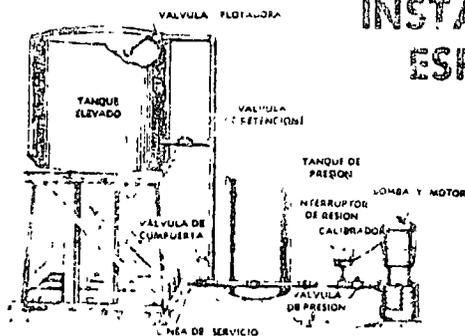


Fig. 1

Para Preparar un Volumen Grande a Baja Presión

El agua almacenada en el tanque elevado pasa a través de la válvula de cheque y dentro de la línea de servicio suplementando el agua descargada por la bomba. La válvula flotadora mantiene correcto el nivel del agua en el tanque de almacenamiento. Después de que se haya llenado el tanque abierto, se cierra la válvula y la presión en el tanque alcanza su presión normal.

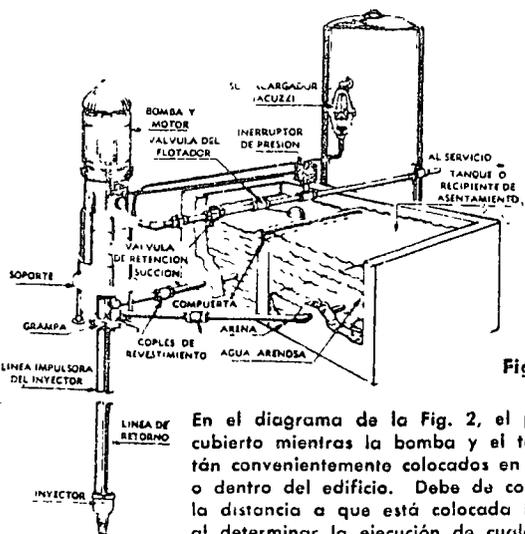


Fig. 2

En el diagrama de la Fig. 2, el pozo está cubierto mientras la bomba y el tanque están convenientemente colocados en el sótano o dentro del edificio. Debe de considerarse la distancia a que está colocada la bomba al determinar la ejecución de cualquier unidad de bombeo. Generalmente hablando, las capacidades que se muestran en este catálogo son válidas para instalaciones donde la distancia a que está colocada la bomba no excede a 10 pies. Cuando la distancia es mayor de 10 pies pero menos de 100 pies, los tamaños del tubo entro al pozo y la bomba deben aumentarse un tamaño mayor que de la bomba. Para instalaciones mayores las conexiones estandar del tubo en la base de 100 pies, consulte a la fábrica pidiendo recomendaciones acerca del tamaño apropiado del tubo.

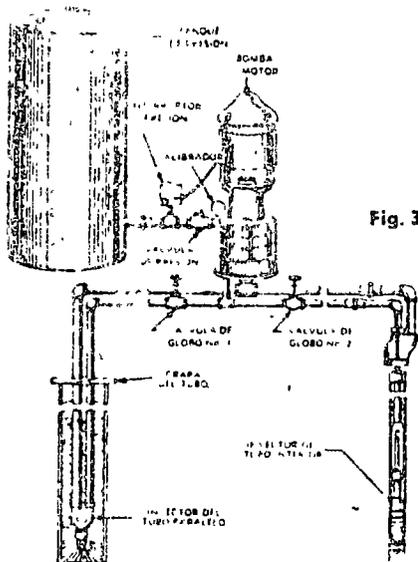


Fig. 3

En donde un pozo no proporciona suficiente agua para llenar los requisitos, algunas veces es de desearse una bomba para que opere en dos o mas pozos como se ilustra en la Fig. 3. La instalación puede hacerse como se ilustra o con dos inyectores iguales. Debe proporcionarse una válvula en cada una de las líneas de presión, si se desea regular la cantidad de agua bombeada de cada pozo.

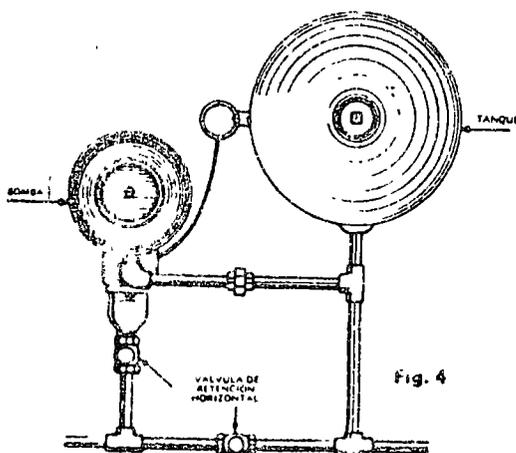


Fig. 4

Cuando la presión del agua es adecuada a veces sin asistencia, se recomienda una instalación de acuerdo con la Fig. 4. Con este tipo de instalación, el agua puede desviarse de la bomba cuando la presión es normal, y la bomba operará solamente cuando la presión es anormalmente baja.

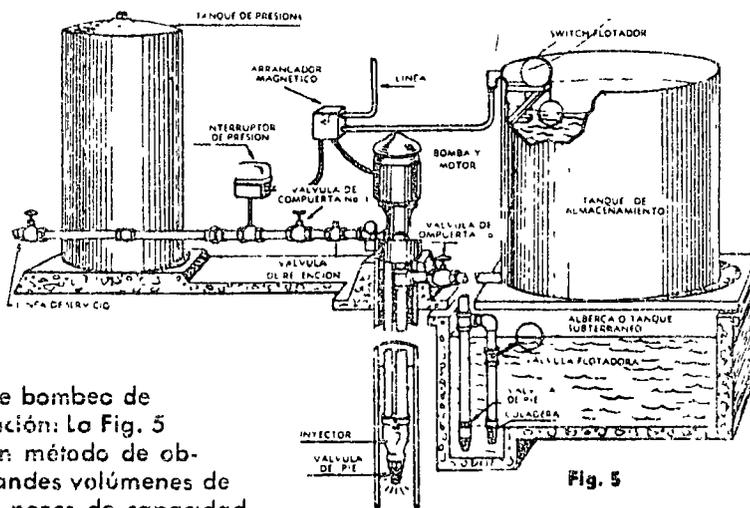


Fig. 5

Planta de bombeo de Combinación: La Fig. 5

ilustra un método de obtener grandes volúmenes de agua de pozos de capacidad limitada. El estanque o tanque de almacenamiento se abastece por la descarga de succión de la bomba. Sin embargo, se mantiene una alta presión en el sistema de presión de la instalación. Cuando se requiera más agua que la que pueda proporcionar la capacidad normal del pozo la bomba automáticamente sacará del pozo y también del estanque. Si el tanque elevado tiene más de 10 pies de altura que la bomba, instale de acuerdo con la Fig. 5. La bomba continuará operando hasta que se llene el tanque de almacenamiento y trabaje el interruptor flotador. Para arrancar, cierre las válvulas No. 1 y No. 2. Cierre la bomba en la forma regular. Arranque la bomba y ajuste la válvula No. 2 similar al ajuste de la válvula de control. Deje que el tanque de presión se llene completamente. Abra Válvula de Compuerta No. 1. Cuando el estanque esté completamente lleno abra Válvula de Compuerta No. 2. El sistema operará ahora automáticamente.



FABRICA Y OFICINAS GENERALES, S. A.
CALLE VERACRUZ No 257

**FABRICA Y
OFICINAS GENERALES
MONTERREY, N. L.**
Apartado Postal 1537
TEL. 46 - 30 - 00
Con Ocho Líneas

MEXICO 12, D. F.
AVE COYOACAN No 1865
APARTADO POSTAL 44-982
TEL 534 - 82 00 AL 04
CON 5 LINEAS

GUADALAJARA, JAL.
AVE CORONA No 551
ESQ CONGRAL AHUMADA
TELS 14 50 - 61, 14 - 94 - 09
Y 14 94 - 24

LA PAZ, B. C.
CALLE ABASOLO No 669
APARTADO POSTAL 204
TELS 2 - 06 - 47, 2 - 16 - 47
Y 2 - 16 - 48

MERIDA, YUC.
CALLE 56 B No 499
TELS 2 10 - 58 Y 2 55 - 77

HERMOSILLO, SON.
AVE. VERACRUZ Nos 255 Y 257
TELS 4 05 - 55 Y 4 - 05 - 13

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.
CONSTITUCION No 1420
TEL 2 - 87 - 91



**TABLA DE SELECCION DE FLECHAS
DE ACERO C-1045**

DIAMETRO DE LA FLECHA P.A. (Pulg.)	Velocidad (RPM)	* TRACCION EN LA FLECHA KGS. (LBS)								
		454	907	1,361	2,268	3,402	4,536	6,804	9,072	13,608
		1,000	2,000	3,000	5,000	7,500	10,000	15,000	20,000	30,000
Potencia Admisible - HP										
19.05 (3/4)	1,760	20.0	19.5	18.8	16.3					
	1,150	13.2	12.9	12.4	10.7					
	860	9.8	9.5	9.2	8.0					
25.4 (1)	3,500	24.5	23.8	23.0	19.5	18.2.5				
	1,760	17.5	17.2	16.7	14.0	13.5				
	1,160	11.3	11.1	10.8	9.7	9.3				
30.16 (1 3/16)	860	23.2	23.1	22.9	22.0	20.3				
	3,500	167	167	166	163	157	149			
	1,760	84.0	84.0	83.5	82.0	79.0	75.0			
36.51 (1 7/16)	1,160	55.4	55.4	55.0	54.1	52.1	49.4			
	860	41.0	41.0	40.7	40.0	38.6	36.6			
	3,500			296	294	289	283	254		
38.10 (1 1/2)	1,760			149	146	145	142	133		
	1,160			98.3	97.6	96.0	94.0	87.6		
	860			72.7	72.3	71.0	69.5	64.8		
42.86 (1 11/16)	3,500			336	334	330	324	306		
	1,760			169	168	166	163	154		
	1,160			111.2	110.7	109.2	107.2	101.4		
49.21 (1 15/16)	860			82.6	82.1	81.1	79.6	75.2		
	1,760			252	251	248	246	239	227	
	1,160			166	165	164	162	157	150	
55.56 (2 3/16)	860			123	122	121	120	117	111	
	1,760				393	392	390	382	373	345
	1,160				259	258	257	252	246	223
61.91 (2 7/16)	860				192	192	191	187	182	162
	1,760				578	577	576	570	562	533
	1,160				382	381	380	376	371	355
68.26 (2 11/16)	860				283	282	281	279	275	263
	1,760					816	815	810	802	771
	1,160					537	537	533	529	515
88.26 (2 11/16)	860					398	398	395	392	371
	1,760						1,070	1,062	1,055	1,035
	1,160						703	700	696	676
	860						520	518	515	505

* Se determina de acuerdo con las páginas 9 y 10 de esta misma Sección.

SELECCION DE LOS COPLES

TIPO DE IMPULSOR	TIPO DE COPLE	PROFUNDIDAD MAXIMA RECOMENDABLE MTS. (PIES)
Cerrado	Auto-desconexión	60.96 (200')
	No-retroceso	152.40 (500')
Semi-abierto	Auto-desconexión	30.48 (100')
	No-retroceso	60.96 (200')

Para profundidades mayores que las indicadas o para cargas totales que excedan los 600', diríjase a la fábrica. Para grandes profundidades y altas cargas revíse el alargamiento de la flecha.

(Vea la gráfica de ajuste de la flecha en esta Sección)

**HOJA DE
INFORMACION
TECNICA**

Jacuzzi-Universal, S.A.

MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

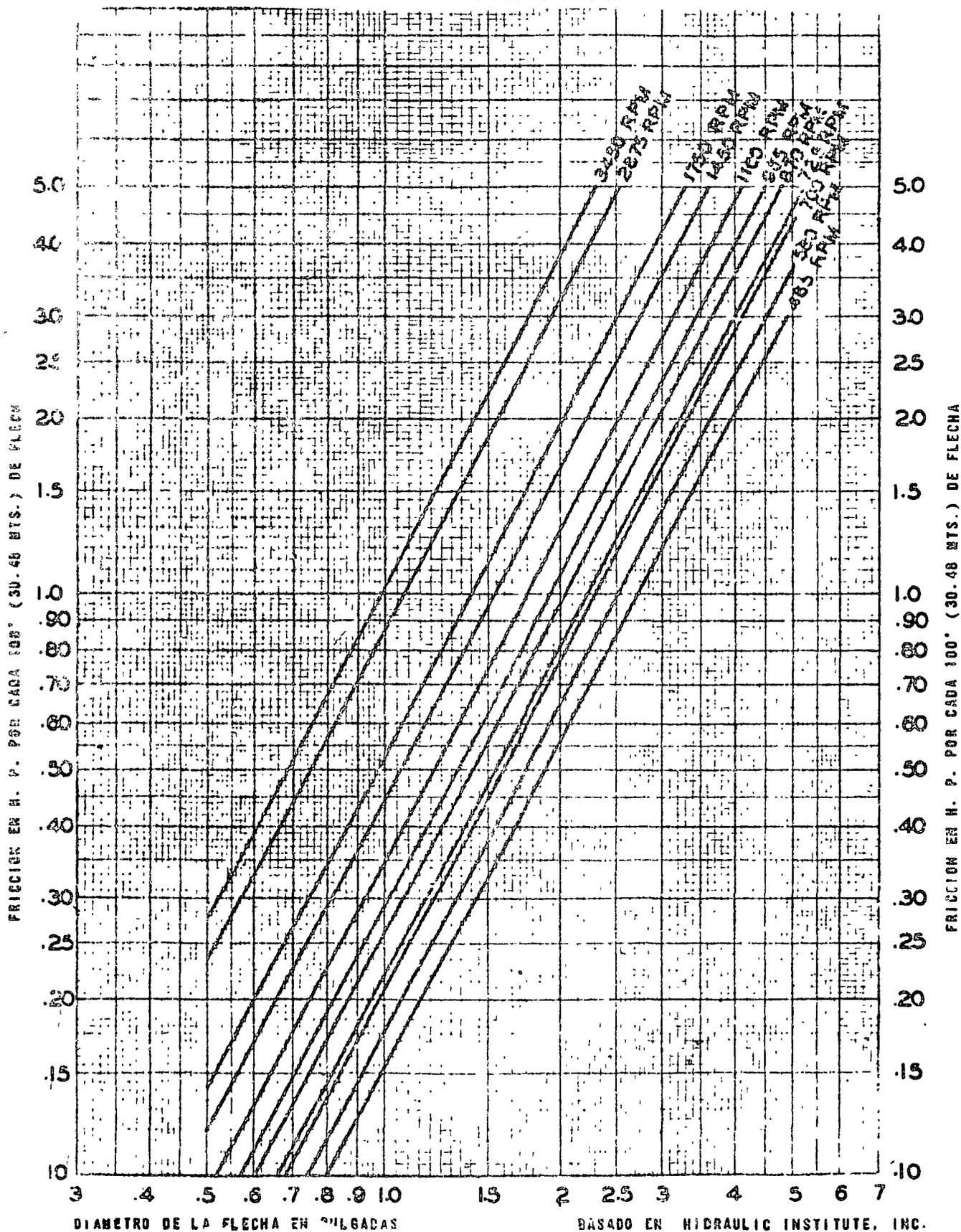


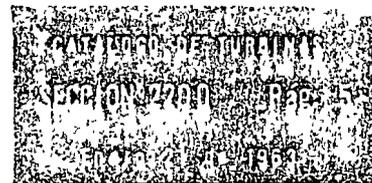
**FRICCIÓN MECÁNICA
EN LAS FLECHAS DE LAS BOMBAS TURBINAS**

Longitud de la Flecha		DIAMETRO DE LA FLECHA										
		3/4"	1"	1 3/16"	1 7/16"	1 1/2"	1 11/16"	1 15/16"	2 3/16"	2 7/16"	2 11/16"	2 15/16"
Metros	Pies	Fricción Mecánica en H.P. A 1750 R.P.M.										
7.6	25	.08	.13	.18	.25	.29	.35	.45	.58	.71	.84	1.00
15.2	50	.15	.26	.36	.50	.58	.70	.90	1.15	1.42	1.68	2.00
22.9	75	.23	.39	.54	.75	.86	1.05	1.35	1.73	2.14	2.51	3.00
30.5	100	.30	.52	.72	1.00	1.15	1.40	1.80	2.30	2.85	3.35	4.00
38.1	125	.38	.65	.90	1.25	1.44	1.75	2.25	2.88	3.56	4.19	5.00
45.7	150	.45	.78	1.08	1.50	1.73	2.10	2.70	3.45	4.27	5.03	6.00
53.3	175	.53	.91	1.26	1.75	2.01	2.45	3.15	4.03	4.99	5.86	7.00
61.0	200	.60	1.04	1.44	2.00	2.30	2.80	3.60	4.50	5.70	6.70	8.00
68.6	225	.68	1.17	1.62	2.25	2.59	3.15	4.05	5.18	6.41	7.54	9.00
76.2	250	.75	1.30	1.80	2.50	2.88	3.50	4.50	5.75	7.12	8.38	10.00
83.8	275	.83	1.43	1.98	2.75	3.16	3.85	4.95	6.33	7.84	9.21	11.00
91.4	300	.90	1.56	2.16	3.00	3.45	4.20	5.40	6.90	8.55	10.05	12.00
99.0	325	.98	1.69	2.34	3.25	3.74	4.55	5.85	7.48	9.26	10.89	13.00
106.7	350	1.05	1.82	2.52	3.50	4.03	4.90	6.30	8.05	9.97	11.73	14.00
114.3	375	1.13	1.95	2.70	3.75	4.31	5.25	6.75	8.63	10.69	12.56	15.00
121.9	400	1.20	2.08	2.88	4.00	4.60	5.60	7.20	9.20	11.40	13.40	16.00
129.5	425	1.28	2.21	3.06	4.25	4.89	5.95	7.65	9.78	12.11	14.24	17.00
137.1	450	1.35	2.34	3.24	4.50	5.18	6.30	8.10	10.35	12.82	15.08	18.00
144.8	475	1.43	2.47	3.42	4.75	5.46	6.65	8.55	10.93	13.54	15.91	19.00
152.4	500	1.50	2.60	3.60	5.00	5.75	7.00	9.00	11.50	14.25	16.75	20.00

		Fricción Mecánica en H.P. A 1450 R.P.M.										
7.6	25	.06	.11	.15	.23	.24	.30	.38	.48	.60	.73	.85
15.2	50	.12	.23	.30	.45	.48	.60	.75	.95	1.20	1.44	1.70
22.9	75	.19	.34	.45	.68	.71	.90	1.13	1.42	1.80	2.18	2.55
30.5	100	.25	.45	.60	.90	.95	1.20	1.50	1.90	2.40	2.90	3.40
38.1	125	.31	.56	.75	1.13	1.19	1.50	1.88	2.38	3.00	3.63	4.25
45.7	150	.38	.68	.90	1.35	1.43	1.80	2.25	2.85	3.60	4.35	5.10
53.3	175	.44	.79	1.05	1.58	1.66	2.10	2.63	3.32	4.20	5.08	5.95
61.0	200	.50	.90	1.20	1.80	1.90	2.40	3.00	3.80	4.80	5.80	6.80
68.6	225	.56	1.01	1.35	2.03	2.14	2.70	3.38	4.28	5.40	6.53	7.65
76.2	250	.63	1.13	1.50	2.25	2.38	3.00	3.75	4.75	6.00	7.25	8.50
83.8	275	.69	1.24	1.65	2.48	2.61	3.30	4.13	5.22	6.60	7.98	9.35
91.4	300	.75	1.35	1.80	2.70	2.85	3.60	4.50	5.70	7.20	8.70	10.20
99.0	325	.81	1.46	1.95	2.93	3.09	3.90	4.88	6.17	7.80	9.43	11.05
106.7	350	.88	1.58	2.10	3.15	3.33	4.20	5.25	6.65	8.40	10.15	11.90
114.3	375	.94	1.69	2.25	3.38	3.56	4.50	5.63	7.15	9.00	10.88	12.75
121.9	400	1.00	1.80	2.40	3.60	3.80	4.80	6.00	7.60	9.60	11.60	13.60
129.5	425	1.06	1.91	2.55	3.83	4.04	5.10	6.38	8.07	10.20	12.33	14.45
137.1	450	1.13	2.03	2.70	4.05	4.28	5.40	6.75	8.55	10.80	13.05	15.30
144.8	475	1.19	2.14	2.85	4.28	4.51	5.70	7.13	9.04	11.40	13.78	16.15
152.4	500	1.25	2.25	3.00	4.50	4.75	6.00	7.50	9.50	12.00	14.50	17.00

FRICCIÓN MECÁNICA
EN FLECHAS DE BOMBAS TURBINAS





FRICCION MECANICA

EN LAS FLECHAS DE LAS BOMBAS TURBINAS

Longitud de la Flecha		DIAMETRO DE LA FLECHA							
		1 1/2	1 11/16	1 15/16	2 3/16	2 7/16	2 11/16	2 15/16	3 3/16
Medida	Pulg	Fricción Mecánica en H.P. a 1160 R.P.M.							
7.6	25	.19	.23	.30	.38	.46	.55	.66	.76
15.2	50	.37	.46	.60	.75	.93	1.10	1.31	1.52
22.9	75	.56	.69	.90	1.13	1.39	1.65	1.98	2.28
30.5	100	.74	.92	1.20	1.50	1.85	2.20	2.60	3.04
38.1	125	.93	1.15	1.50	1.88	2.31	2.75	3.30	3.80
45.7	150	1.11	1.38	1.80	2.25	2.78	3.30	3.96	4.56
53.3	175	1.30	1.61	2.10	2.63	3.24	3.85	4.62	5.32
61.0	200	1.48	1.84	2.40	3.00	3.70	4.40	5.28	6.08
68.6	225	1.67	2.07	2.70	3.38	4.16	4.95	5.94	6.84
76.2	250	1.85	2.30	3.00	3.75	4.63	5.50	6.60	7.60
83.8	275	2.04	2.53	3.30	4.13	5.09	6.05	7.26	8.36
91.4	300	2.22	2.76	3.60	4.50	5.55	6.60	7.92	9.12
99.0	325	2.41	2.99	3.90	4.88	6.01	7.15	8.58	9.88
106.7	350	2.59	3.22	4.20	5.25	6.48	7.70	9.24	10.64
114.3	375	2.78	3.45	4.50	5.63	6.94	8.25	9.90	11.40
121.9	400	2.96	3.68	4.80	6.00	7.40	8.80	10.56	12.16
129.5	425	3.15	3.91	5.10	6.38	7.86	9.35	11.22	12.92
137.1	450	3.33	4.14	5.40	6.75	8.33	9.90	11.88	13.68
144.8	475	3.52	4.37	5.70	7.13	8.79	10.45	12.54	14.44
152.4	500	3.70	4.60	6.00	7.50	9.25	11.00	13.20	15.20
		Fricción Mecánica en H.P. a 870 R.P.M.							
7.6	25	.14	.18	.23	.29	.35	.42	.50	.58
15.2	50	.28	.35	.45	.58	.70	.84	1.00	1.15
22.9	75	.42	.53	.68	.86	1.05	1.26	1.50	1.73
30.5	100	.56	.70	.90	1.15	1.40	1.68	2.00	2.30
38.1	125	.70	.88	1.13	1.44	1.75	2.10	2.50	2.88
45.7	150	.84	1.05	1.35	1.73	2.10	2.52	3.00	3.45
53.3	175	.98	1.23	1.58	2.01	2.45	2.94	3.50	4.03
61.0	200	1.12	1.40	1.80	2.30	2.80	3.36	4.00	4.60
68.6	225	1.26	1.58	2.03	2.59	3.15	3.78	4.50	5.18
76.2	250	1.40	1.75	2.25	2.88	3.50	4.20	5.00	5.75
83.8	275	1.54	1.93	2.48	3.16	3.85	4.62	5.50	6.33
91.4	300	1.68	2.10	2.70	3.45	4.20	5.04	6.00	6.90
99.0	325	1.82	2.28	2.93	3.74	4.55	5.46	6.50	7.48
106.7	350	1.96	2.45	3.15	4.03	4.90	5.88	7.00	8.05
114.3	375	2.10	2.60	3.38	4.31	5.25	6.30	7.50	8.63
121.9	400	2.24	2.80	3.60	4.60	5.60	6.72	8.00	9.20
129.5	425	2.38	2.98	3.83	4.89	5.95	7.14	8.50	9.78
137.1	450	2.52	3.15	4.05	5.18	6.30	7.56	9.00	10.35
144.8	475	2.66	3.33	4.28	5.46	6.65	7.98	9.50	10.93
152.4	500	2.80	3.50	4.50	5.75	7.00	8.40	10.00	11.50



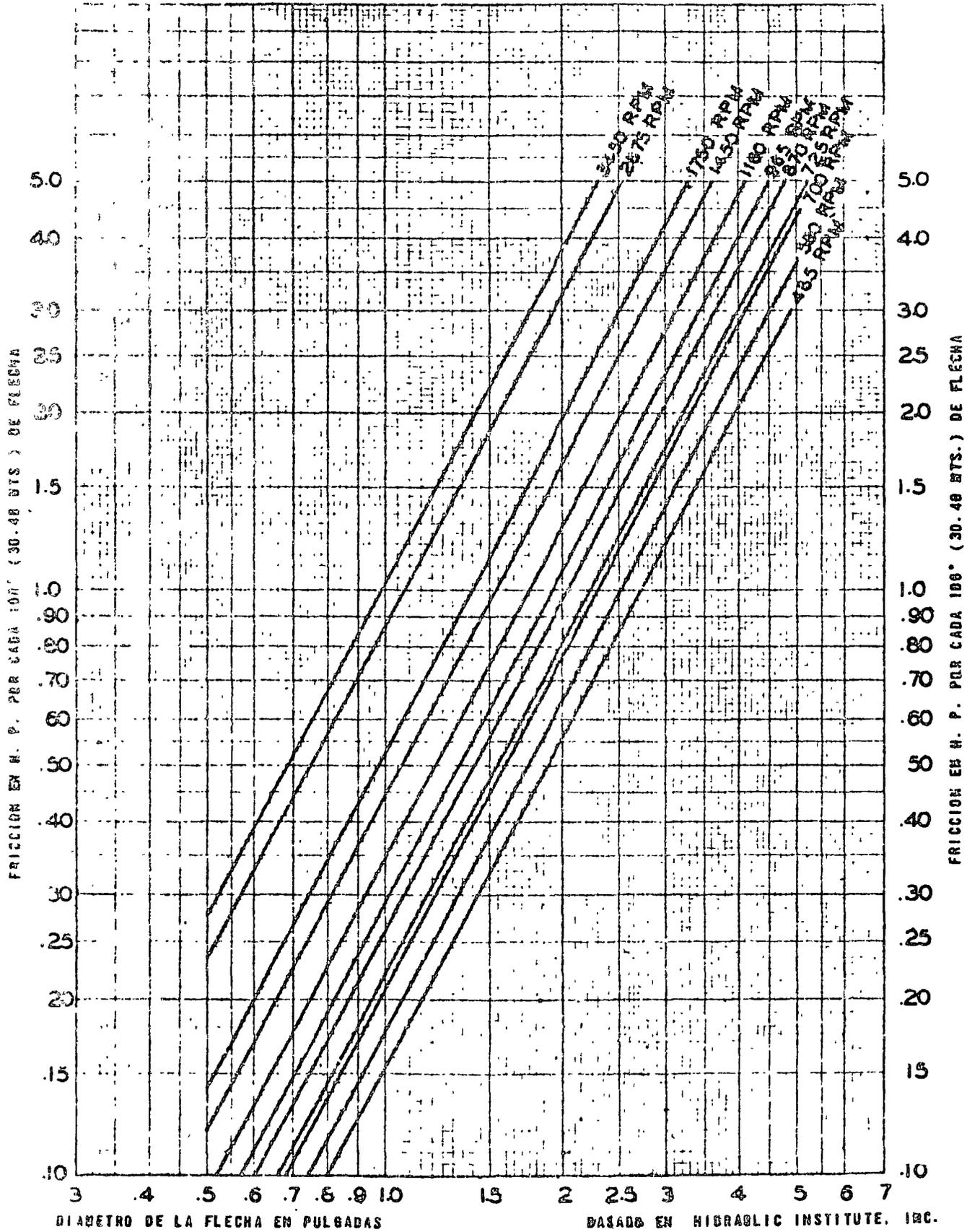
Jacuzzi-Universal S.A.

MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

FRICCION MECANICA EN FLECHAS DE BOMBAS TURBINAS



HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

Jacuzzi-Universal, S.A.

MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

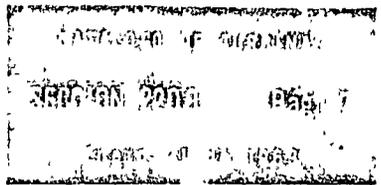
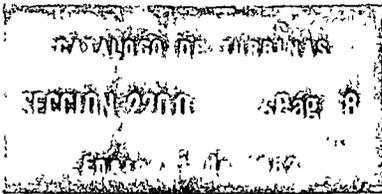


TABLA DE PERDIDAS POR FRICCION EN COLUMNAS DE TURBINA

COLUMNA EXTERIOR		3"			4"			5"			6"			8"			10"			12"			
CUBIERTA INTERIOR		1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1 1/4"	1 1/2"	2"	1 1/2"	2"	2 1/2"	2"	2 1/2"	3"	2"	2 1/2"	3"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"		
Gasto LPS	Gasto CPN	PERDIDA DE CARGA EN PIES POR CADA 100' (ó MTS. POR CADA 100 MTS.) DE COLUMNA																					
1.6	25	1.8																					
3.2	50	4.6	.65	.86	1.6																		
4.7	75	9.0	1.3	1.7	3.3																		
6.3	100	14.	2.2	2.8	5.3	.54	.65	.94															
7.9	125		3.2	4.2	7.8	.81	.96	1.4															
9.4	150		4.4	5.8		1.1	1.3	1.9															
11.0	175		5.8	7.5		1.5	1.7	2.5															
12.6	200		7.3	9.4		1.8	2.2	3.1	.73	.96	1.4												
14.1	225					2.3	2.7	3.9	.90	1.2	1.7												
15.7	250					2.7	3.3	4.7	1.1	1.4	2.0												
17.3	275					3.3	3.9	5.6	1.3	1.7	2.4												
18.9	300					3.8	4.5	6.4	1.5	2.0	2.8												
20.4	325					4.4	5.2	7.4	1.7	2.3	3.2												
22.0	350					5.0	6.0	8.4	2.0	2.6	3.6												
23.6	375					5.6	6.7	9.5	2.2	2.9	4.1												
25.2	400					6.3	7.5		2.5	3.3	4.6	.61	.74	1.0									
28.3	450					7.8	9.3		3.1	4.1	5.7	.77	.91	1.3									
31.5	500								3.7	5.0	6.9	.93	1.1	1.5									
34.6	550								4.4	5.8		1.1	1.3	1.8									
37.8	600								5.2	6.8		1.3	1.5	2.1									
40.9	650								6.0			1.5	1.8	2.5									
44.1	700											1.7	2.0	2.8									
47.2	750											1.9	2.3	3.2									
50.4	800											2.2	2.6	3.6	.57	.55	.77						
53.5	850											2.4	2.9	4.0	.63	.72	.86						
56.7	900											2.7	3.2	4.5	.70	.80	.96						
59.9	950											2.9	3.5	4.9	.77	.88	1.1						
63.0	1000		La tabla siguiente servirá como guía al calcular pérdidas por fricción tomando en cuenta las condiciones de la tubería									3.2	3.9	5.4	.85	.97	1.2	.34	.38	.44	.50		
75.6	1200											4.5	5.4	7.6	1.2	1.4	1.6	.47	.54	.62	.71		
88.2	1400											6.0	7.2	10.	1.6	1.8	2.2	.60	.71	.82	.94		
100.8	1600											7.6	9.1	13.	2.0	2.3	2.8	.80	.90	1.1	1.2		
113.4	1800											9.4	11.		2.5	2.8	3.4	.99	1.1	1.3	1.5		
126.0	2000		Condiciones de la pared interior del tubo	Edad Aprox. del tubo sometido al uso ordinario en agua limpia.	Use los valores arriba indicados multiplicados por el sig factor.	11.	13.		3.0	3.5	4.2	1.2	1.4	1.6	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1				
138.6	2200							3.6	4.1	5.0	1.4	1.6	1.9	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	
151.2	2400							4.2	4.9	5.8	1.7	1.9	2.2	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6
163.8	2600							4.9	5.6	6.8	1.9	2.2	2.5	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9
176.4	2800							5.6	6.4	7.8	2.2	2.5	2.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9
189.0	3000		Muy lisa	Nuevo	1 00				6.4	7.4	8.8	2.5	2.9	3.3	2.8	3.2	3.7	4.2	4.7	5.1	5.5		
201.6	3200													3.2	3.6	4.2	4.7	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	
214.2	3400													3.5	4.0	4.7	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5
226.8	3600													3.9	4.4	5.1	5.5	5.9	6.3	6.7	7.1	7.5	7.9
239.4	3800																						
252.0	4000		Mas ó menos lisa	1 1/2 años	1 51							4.3	4.9	5.6	4.7	5.3	6.0	6.7	7.4	8.1	8.8		
264.6	4200													5.1	5.8	6.7	7.4	8.1	8.8	9.5	10.2	10.9	
277.2	4400													5.6	6.3	7.4	8.1	8.8	9.5	10.2	10.9	11.6	12.3
289.8	4600		Aspera	6 ó más años	2 35							6.0	6.8	7.9	6.0	6.8	7.9	8.8	9.7	10.6	11.5		
302.4	4800																						



Jacuzzi-Universal S.A.

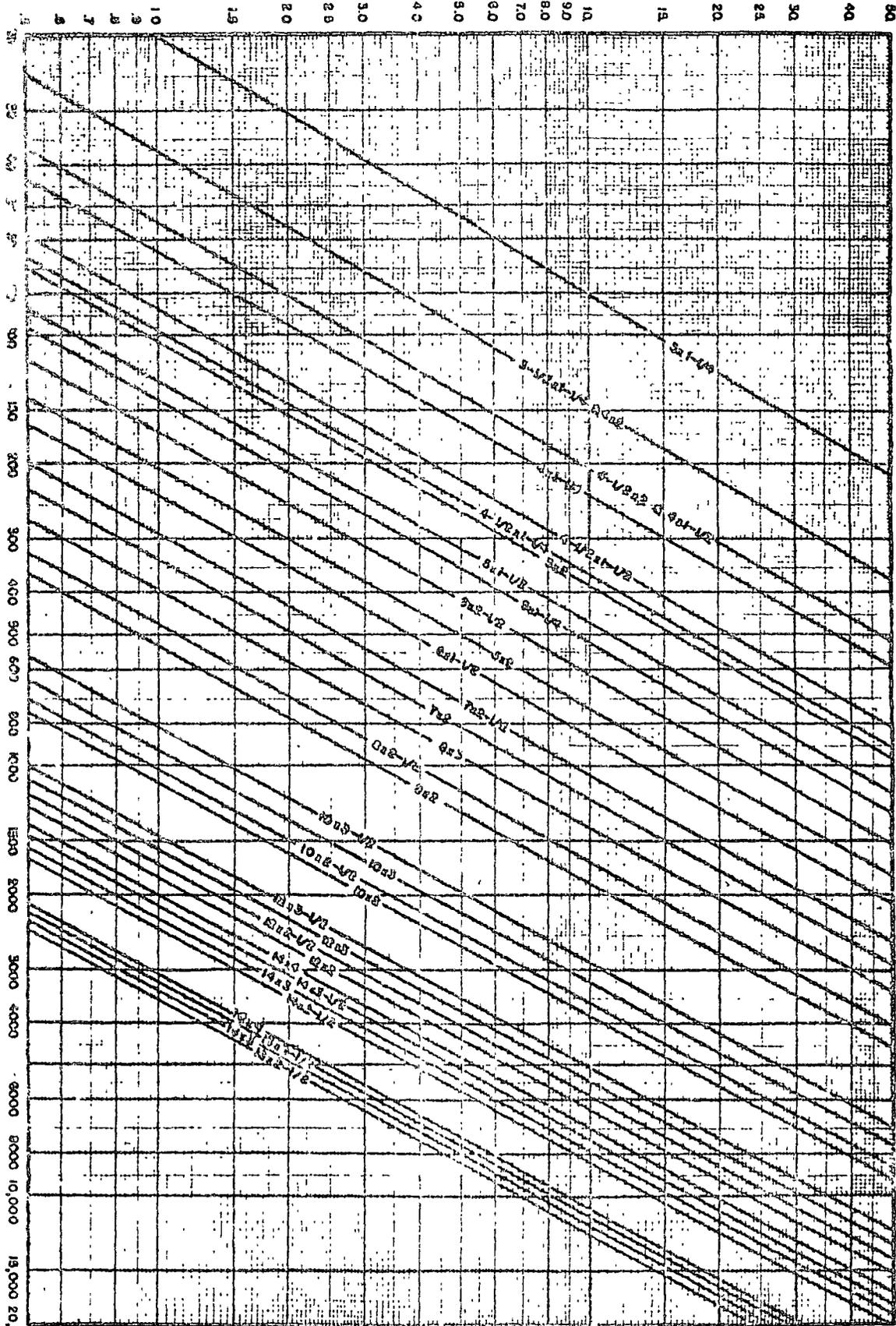
MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

GRAFICA DE PERDIDAS POR FRICCIÓN EN COLUMNA DE TURBINA

LUBRICACION POR ACEITE



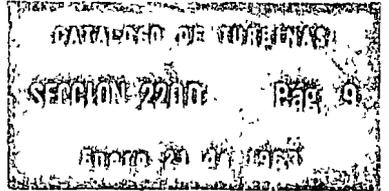
GASTO EN GALONES POR MINUTA
PARA CONVERTIR GALONES A 1.17963 MULTIPLIQUE POR 3.785

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

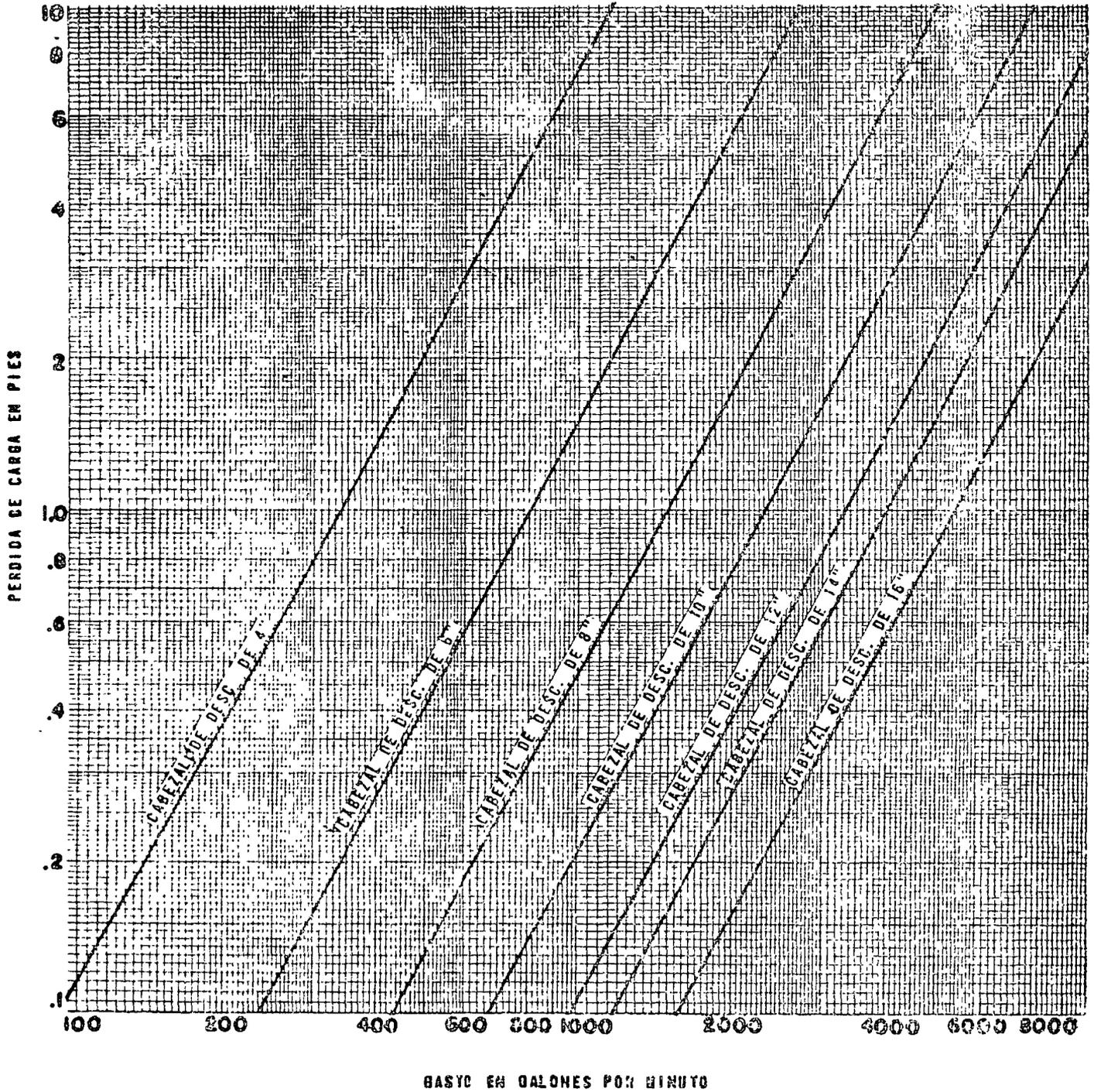
Jacuzzi-Universal, S.A.

MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.



GRAFICA DE PERDIDAS POR FRICCION
EN CABEZALES DE DESCARGA DE BOMBAS TURBINAS



PARA CONVERTIR GALONES A LITROS MULTIPLIQUE POR 3.785

Jacuzzi-Universal, S.A.

MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

SELLO DEL IMPULSOR - JUEGO EXTREMO - CONSTANTE DE EMPUJE

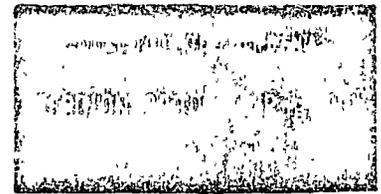
TAZONES CON IMPULSOR CERRADO			TAZONES CON IMPULSOR SEMI-ABIERTO		
Modelo del Tazón	Juego Extremo (Pulgadas)	Constante de Empuje Lbs./pié de Carga	Modelo del Tazón	Juego Extremo (Pulgadas)	Constante de Empuje Lbs./pié de carga
			M4	3/8	1.5
			M4	1/4	1.5
6JC	3/8	1.56	6JS	3/8	1.74
6LC	3/8	1.56	6LS	3/8	1.72
8MC	1/2	2.24	6MS	1/2	2.43
8MC	1/2	2.24	6HS	1/2	2.29
8XC	5/8	2.83	6XS	5/8	2.35
8JC	7/16	2.98	8JS	7/16	3.52
8LC	7/16	2.98	8LS	7/16	3.34
8MC	7/16	3.93	8KS	7/16	4.42
8MC	7/16	3.93	9MS	7/16	4.28
8MC	3/8	5.4	8MS	3/8	5.4
10LC	1/2	6.6	10LS	1/2	7.5
10LC-XD	1	6.6	10MS	5/8	7.5
10MC	5/8	6.6	10HS	5/8	9.2
10MC-XD	1	6.6	10WS	7/8	11.2
10MC	5/8	8.1	10YS	3/4	11.4
10MC-XD	1 1/4	8.1	10ZS	1/2	13.5
10WC	7/8	10.3	12LS	7/8	12.5
10YC	3/4	10.3	12KS	3/4	12.5
10ZC	1/2	13.7	12MS	3/4	19.0
12LC	7/8	10.6	12HS	3/4	19.0
12LC-XD	1 1/4	10.6	14LS	7/8	19.7
12MC	3/4	10.6	14MS	7/8	23.4
12MC-XD	1 1/4	10.6	14HS	7/8	25.2
12MC	3/4	16.5	14XS	7/8	23.4
12MC-XD	1 1/4	16.5	16MS	1	38.9
12XC	7/8	18.0	16HS	1	39.5
14LC	7/8	17.2			
14MC	7/8	21.8			
14MC	7/8	21.8			
14XC	7/8	21.8			
16MC	1	34.9			
16MC	1	34.9			
20MC	1 1/2	38.0			
20MC	1 1/4	38.0			
24MC	2	59.0			
28MC	2 1/2	83.0			

* consulte a la Fábrica si se requiere juego adicional

** X D indica construcción extra-fuerte para colocarse a grandes profundidades.

NOTAS 1 - El material de que se construyen normalmente los impulsores es el bronce. Todos los de tipo cerrado pueden surtirse también de fierro a solicitud, y con un plazo de entrega mayor

2 - Los impulsores se fijan a la flecha mediante un mango tipo cónico



ALARGAMIENTO DE LA FLECHA Y EMPUJE AXIAL

Las flechas de las Bombas Turbinas se alargan cuando la Bomba está en operación debido a la tensión o empuje hidráulico que sufren. El alargamiento debido a este empuje puede ser calculado, y los impulsos elevados esa misma distancia, de manera que queden en la posición deseada con respecto a los tazones cuando la Bomba esté funcionando.

El ajuste debe ser muy cuidadoso, particularmente con impulsores semi-abiertos donde la mejor eficiencia se obtiene cuando existe un claro de sólo unas milésimas de pulgada entre el fondo del impulsor y la cara del tazón. Para impulsores de tipo cerrado la posición no es crítica, y normalmente basta con colocarlos de manera que haya un juego tal que evite holgadamente el rozamiento.

La tabla en la hoja de ingeniería EP210A muestra la constante de empuje (K) para cada modelo de tazón, la cual representa el empuje en libras por cada pie de carga.

Al reverso de esta página aparece una gráfica que indica el número de vueltas que debe darse a la tuerca de ajuste para compensar el alargamiento de la flecha, en función de "C" para varios diámetros de flecha. "C", es el producto de la constante del tazón (K) x la carga total de bombeo y x la longitud de la flecha

En seguida aparece un ejemplo de como se determina el alargamiento de la flecha:

Datos:	Tazones	12MC
	Longitud de Columna	150'
	Diám. de la Flecha	1 1/2"
	C.D.T. :	200'

"C" = constante del tazón (K) x longitud de la columna x C.D.T. = 10.6 x 150' x 200' = 318,000.

En la tabla puede leerse que para "C" = 318,000 y flecha de 1 1/2" de diámetro, corresponde un número de vueltas igual a 0.85.

Por lo tanto, la flecha debe ser levantada 0.85 vueltas después de que los impulsores apenas ligan la cara del tazón, para permitir el alargamiento de la flecha debido a la tracción hidráulica.

CARGA SOBRE LOS RODAMIENTOS

La carga que debe soportar el motor, el cabezal engranado o el cabezal de polea, según el caso, puede determinarse añadiendo el peso de la flecha al producto de la constante de empuje "K" por la C.D.T.

La tabla que aparece a la derecha muestra el peso de las flechas de los diámetros usuales.

Ejemplo	Datos:	Tazones	12MCB-9
		C.D.T.	200'
		Longitud de la columna	150'
		Diámetro de la flecha:	1 1/2"
		Motor eléctrico	75 H.P., 1750 R.P.M.

Tracción Hidráulica = constante de empuje (K) x C.D.T. en pies.

La constante de empuje de la tabla incluida en la hoja de Información Técnica, Sección 2200, Pág. 10, para el tazón 12MC = 10.6 Lbs./pie.

Tracción Hidráulica = 10.6 Lbs./pie x 200' = 2,120 Libras.

Peso de la flecha de 1 1/2" de diámetro = 6.0 Lbs./pie (de la tabla de la derecha.)

Peso total de la flecha = 6.0 Lbs /pie x 150' = 900 Libras.

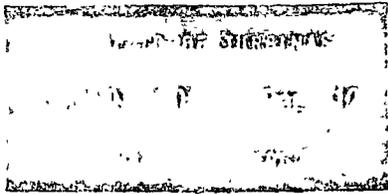
La carga total en los rodamientos de empuje del motor equivale al empuje hidráulico + el peso de la flecha = 2120 Libras + 900 Libras = 3020 Libras = 1,373 Kgs.

De la Lista de Precios de motores eléctricos, Sección 2400, la carga de empuje admisible para un motor de 75 H.P. y 1750 R.P.M., es de 3500 kgs

Por lo tanto, el empuje está perfectamente dentro de los límites admisibles para un motor de fabricación estándar. Si la carga de empuje excediera la capacidad del motor, se necesitaría instalar uno especial dotado de baleros extrapesados

PESO DE LAS FLECHAS DE BOMBAS TURBINA

DIAMETRO cms (pulg)	PESO	
	KGS /Mts	LBS /PIÉ
1.9 (3/4")	2.3	1.5
2.54 (1")	4.0	2.7
3.01 (1 3/16")	5.7	3.8
3.85 (1 7/16")	8.2	5.5
3.81 (1 1/2")	9.0	6.0
4.28 (1 11/16")	11.3	7.6
4.92 (1 15/16")	15.8	10.6
5.55 (2 3/16")	19.1	12.8
6.17 (2 7/16")	23.7	15.9
6.83 (2 11/16")	28.8	19.3
7.46 (2 15/16")	34.3	23.0



Jacuzzi-Universal S.A.

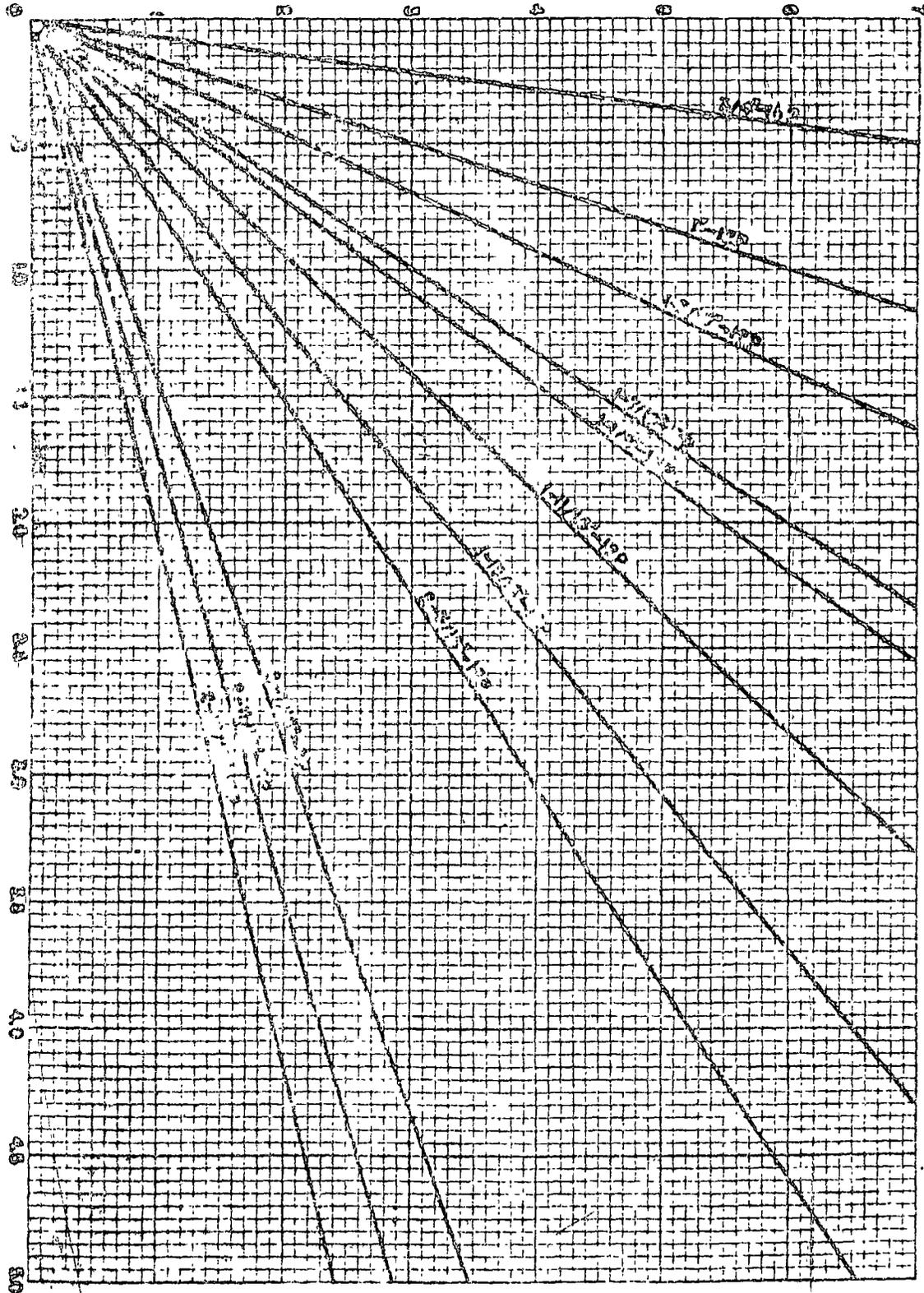
MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE INFORMACION TECNICA

GRAFICA DE AJUSTE DE LA FLECHA
NUMERO DE VUELTAS DE LA TUERCA DE AJUSTE

6 - (Millones)



RECOMENDACIONES PARA LA
PRE-LUBRICACION
DE BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR AGUA

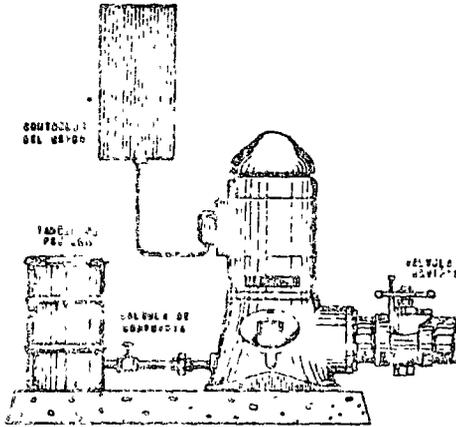


FIG. No. 1

Instalación con tanque, descarga libre y control manual.

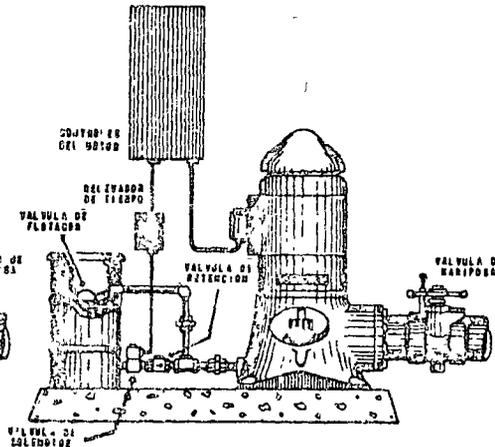


FIG. No. 2

Instalación típica con válvula de solenoide y descarga libre.

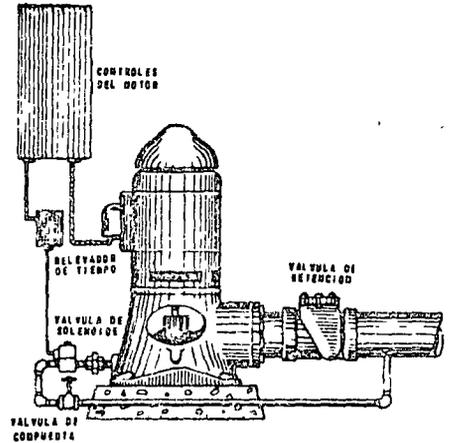


FIG. No. 3

Instalación con válvula de solenoide y presión en la línea de descarga.

IMPORTANTE

Se recomienda el uso de un trinquete de no retroceso para profundidades de 15.24 Mts (50') ó mayores. Para profundidades menores de 9.14 Mts. (30') no se requiere pre-lubricación.

VALVULAS DE SOLENOIDE Y CONEXIONES

Presión de la válvula Solenoide Kgs./cms. ² (Lbs./pulg. ²)	DIAMETRO DE LA COLUMNA		
	5" ó menor	6" y 8"	10" ó mayor
0.1 a 0.7 (0-10)	1 1/4"	1 1/2"	2 1/2"
0.8 a 5.3 (11-75)	1"	1 1/4"	2"
5.4 a 10.5 (76-150)	3/4"	1"	1 1/2"

TAMANOS DE TANQUES Y CONEXIONES

DIAM. DE LA COLUMNA	MEDIDA					
	CONEX. 1"	TANQUE DE 100 LIT (50 GAL)	CONEX. 2 1/2"	TANQUE DE 378 LIT (100 GAL)	CONEX. 2"	TANQUE DE 756 LIT (200 GAL)
1 1/2" a 4"	NIVEL ESTÁTICO MTS. (PIES)					
		9.14-91.44 (30-300)	91.44-121.92 (300-400)			
4 1/2"		9.14-60.96 (30-200)	60.96-121.92 (200-400)			
8" a 10"		9.14-38.10 (30-125)	38.10-91.44 (125-300)	91.44-121.92 (300-400)		
12"		9.14-21.34 (30-70)	21.34-60.96 (70-200)	60.96-121.92 (200-400)		
14"		9.14-15.24 (30-50)	15.24-45.72 (50-150)	45.72-91.44 (150-300)		

SE REQUIERE PRE-LUBRICACION SI SE USA VALVULA DE TIEMPO.

No se recomienda el uso de válvulas de pie en columnas de 8" ó mayores.

Para Col. 6" en profundidades mayores de 15.24 Mts. (50')
 " " 5" " " " " " " 45.72 Mts. (150')
 " " 4" " " " " " " 60.96 Mts. (200')

RELEVADOR DE TIEMPO

NIVEL ESTÁTICO MTS. (PIES)	DEMORA MINUTOS *
0-9.14 (0-30)	No se necesita Pre-lubricación
9.45-21.34 (31-70)	1/2
21.64-45.72 (71-150)	.1
46.02-76.20 (151-250)	1 1/2
76.51-106.68 (251-350)	2 1/2
106.99-137.16 (351-450)	3 1/2

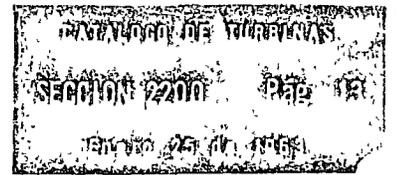
* TIEMPO BASADO EN LA SELECCION CORRECTA DE LA VALVULA

**HOJA DE
INFORMACION
TECNICA**

Jacuzzi-Universal, S.A.

MONTERREY, N. L.

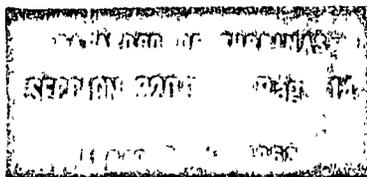
México, D. F. - Guadalajara, Jal.



**TABLA DE SELECCION DE CABEZALES ENGRANADOS Y DE POLEA
CON SUS CORRESPONDIENTES CABEZALES DE DESCARGA**

Cabezales Engranados Modelo No.	D.ám. de la base del motor cms. (pulg.)	ADECUADOS PARA MONTAR LOS CABEZALES TABULADOS ABAJO						CABEZALES DE POLEA					
		CABEZALES ENGRANADOS				Jacuzzi Modelo No.	Johnson Modelo No.	POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE			BANDA PLANA	BANDA "V"	
		POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE						1760 R P M	1460 R P M.	1160 R P.M.			860 R.P.M.
		1760 R P M	1460 R P.M.	1160 R.P.M.	860 R.P.M.								
W3A	25.4 (10")	15	13	11	8	J15		7 1/2	5	4	B10A	V10A	
								20	15	12	B20A	V20A	
W4A	25.4 (10")	15	13	11	8	J15		7 1/2	5	4	B10A	V10A	
								20	15	12	B20A	V20A	
4B	25.4 (10") 30.48 (12")	15	13	11	8	J15		7 1/2	5	4	B10A	V10A	
								20	15	12	B20A	V20A	
								20	15	12	B20B	V20B	
4C	41.91 (16 1/2")	35	30	25	21	J35		30	27	22	B30C	V30C	
								40	35	28	B40C	V40C	
6B	25.4 (10") 30.48 (12")	15	13	11	8	J15		7 1/2	5	4	B10A	V10A	
								20	15	12	B20A	V20A	
								20	15	12	B20A	V20B	
								30	27	22	B30B	V30B	
6C	41.91 (16 1/2")	35	30	25	21	J35		30	27	22	B30C	V30C	
								40	35	28	B40C	V40C	
8B	25.4 (10") 30.48 (12")	15	13	11	8	J15		7 1/2	5	4	B10A	V10A	
								20	15	12	B20A	V20A	
								20	15	12	B20B	V20B	
								30	27	22	B30B	V30B	
8C	41.91 (16 1/2")	35	30	25	21	J35		30	27	22	B30C	V30C	
		50	43	35	28	J50		40	35	28	B40C	V40C	
		75	66	53	42	J75							
8HD	50.80 (20")	110	95	78	64	J110		40	35	28	B40D	V40D	
		160	140	115	92	J160		60	50	40	B60D	V60D	
8HF	63.23 (24 1/2")	200	180	150	120		HG200						
		250	230	200	160		HH250						
		350	305	255	200		HI350						
10B	25.4 (10") 30.48 (12")							20	15	12	B20G	V20B	
								30	27	22	B30B	V30B	
10C	41.91 (16 1/2")	35	30	25	21	J35		30	27	22	B30C	V30C	
		50	43	35	28	J50		40	35	28	B40C	V40C	
		75	66	53	42	J75							
10HD	50.80 (20")	110	95	78	64	J110		40	35	28	B40D	V40D	
		160	140	115	92	J160		60	50	40	B60D	V60D	

CONTINUA AL REVERSO



Jacuzzi-Universal S.A.

MONTERREY, N. L.

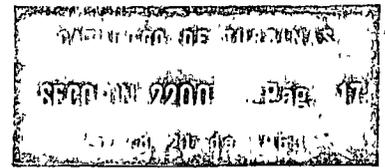
México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

**TABLA DE SELECCION DE CABEZALES ENGRANADOS Y DE POLEA
CON SUS CORRESPONDIENTES CABEZALES DE DESCARGA:**

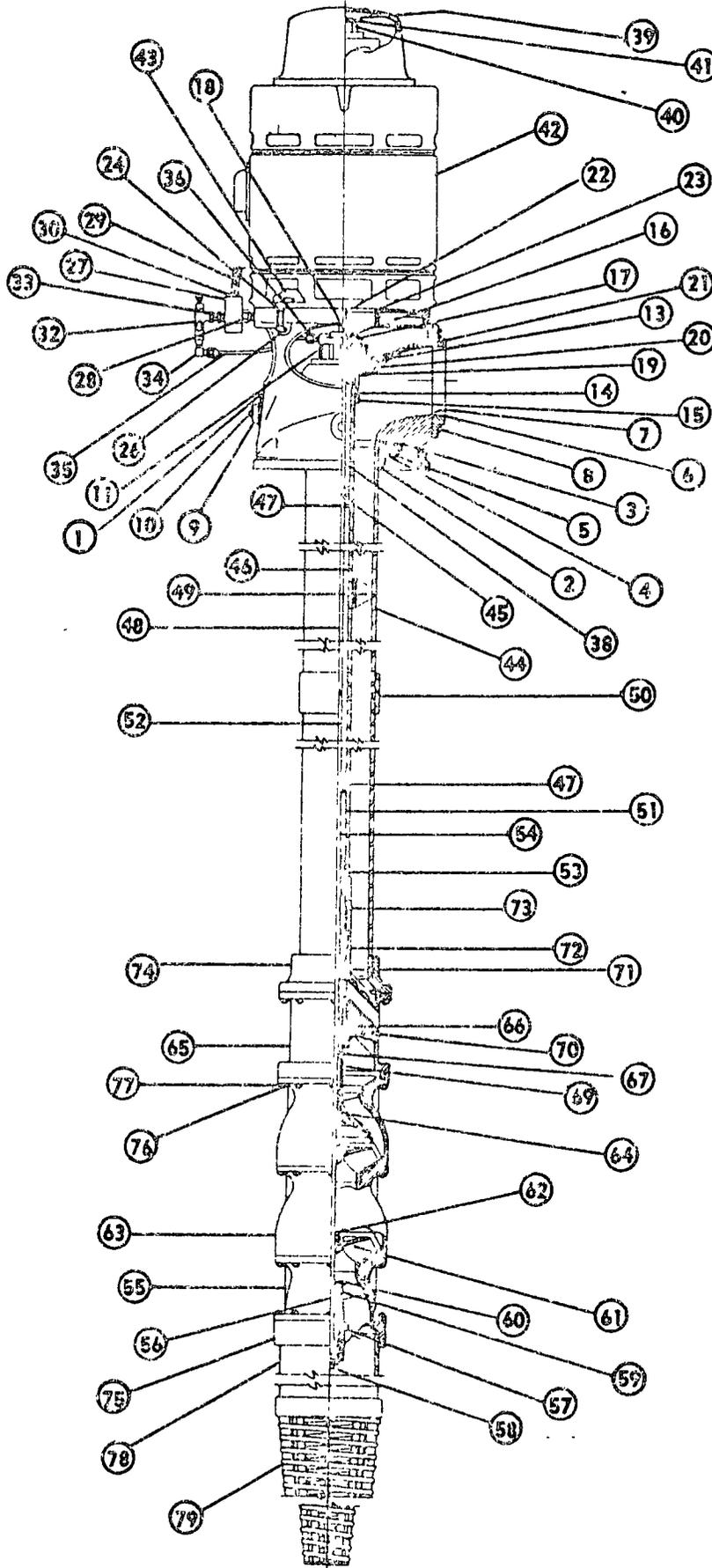
Cabezales Engranados Modelo No.	Diám. de la base del motor cms. (pulg.)	ADECUADOS PARA MONTAR LOS CABEZALES TABULADOS ABAJO										
		CABEZALES ENGRANADOS						CABEZALES DE POLEA				
		POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE				Jacuzzi Modelo No.	Johnson Modelo No.	POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE			BANDA PLANA	BANDA "V"
		1760 R.P.M.	1460 R.P.M.	1160 R.P.M.	860 R.P.M.			1760 R.P.M.	1460 R.P.M.	1160 R.P.M.		
10HF	62.23 (24 1/2")	200	180	150	120		H6200					
		250	230	200	160		HH250					
		350	305	255	200		H1350					
12C	41.91 (16 1/2")	35	30	25	21	J35		30	27	22	B30C	V30C
		50	43	35	28	J50		40	35	28	B40C	V40C
		75	66	53	42	J75						
12D	50.80 (20")	110	95	78	64	J110		40	35	28	B40D	V40D
		160	140	111*	82*	J160		60	50	40	B60D	V60D
12HF	62.23 (24 1/2")	200	180	150	120		H6200					
		250	230	200	160		HH250					
		350	305	255	200		H1350					
12HG	77.47 (30 1/2")	450	377	312	245		HJ450					
14D	50.80 (20")	110	95	78	64	J110		40	35	28	B40D	V40D
		160	140	115	92	J160		60	50	40	B60D	V60D
14F	62.23 (24 1/2")	200	180	150	120		H6200					
		250	230	200	160		HH250					
		350	305	255	200		H1350					
14G	77.47 (30 1/2")	450	377	312	245		HJ450					
16D	50.80 (20")	110	95	78	64	J110		30	27	22	B30C	V30C
		160	140	115	92	J160		40	35	28	B40C	V40C
16F	62.23 (24 1/2")	200	180	150	120		H6200					
		250	230	200	160		HH250					
		350	305	255	200		H1350					
16G	77.47 (30 1/2")	450	377	312	245		HJ450					

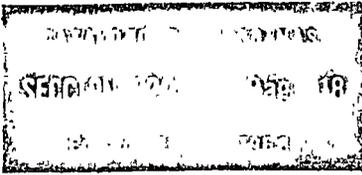
* Potencia limitada por la flecha del cabezal.



México, D. F. - Guadalajara, Jal

DIAGRAMA DE PARTES
BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR ACEITE





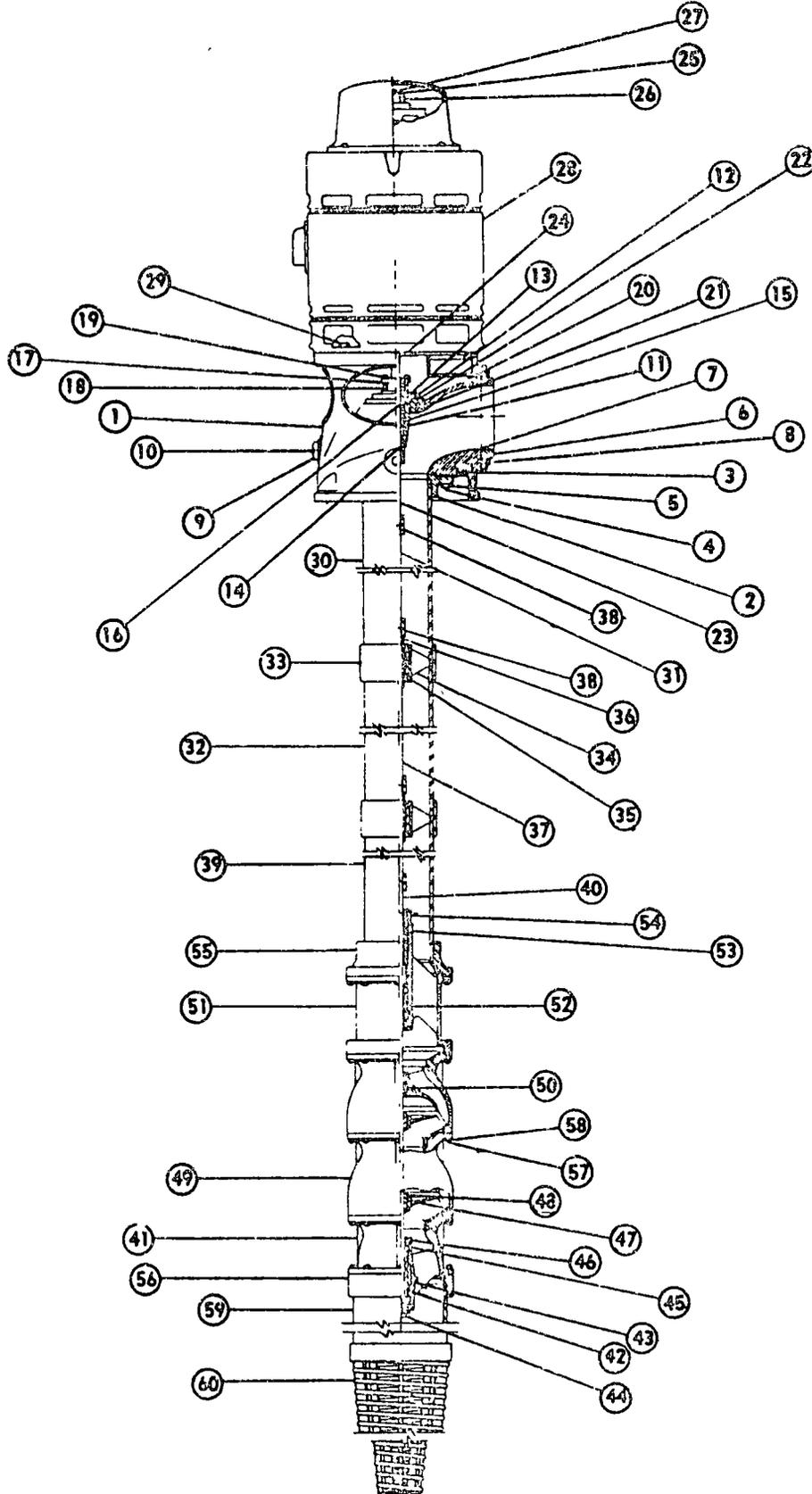
Jawzgi-Universal, S.A.

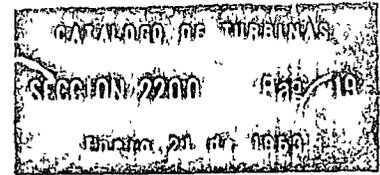
MONTERREY, N. L.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

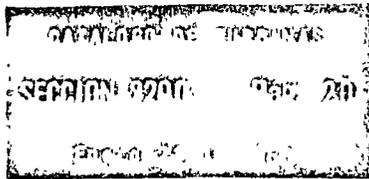
DIAGRAMA DE PARTES BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR AGUA





BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR ACEITE
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION ESTANDAR

Nu.	NOMBRE DE PARTE	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Cabezal de descarga	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
2	Brida de la columna	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
3	Empaque de la brida de la columna	Asbesto	Johns mansville No. 60
4	Barras de la brida de la columna	Acero	AISI C-1137
5	Tuerca de la brida de la columna	Acero	ASTM A-307
6	Brida de descarga del cabezal	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
7	Empaque de la brida de descarga del cabezal	Asbesto	Johns mansville No. 60
8	Barras de la brida de descarga del cabezal	Acero	ASTM A-307
9	Reducción-buje de la descarga auxiliar		
10	Tapón de la reducción-buje de la descarga auxiliar	Fe. vaciado	
11	Tuerca de tensión de la cubierta interior	Bronce	SAE40
12	Tornillo para fijar la tuerca de tensión	Acero	ASTM A-307
13	Empaque (anillo "O") de la tuerca de tensión	Neopreno	
14	Empaque de la cubierta	Neopreno	
15	Contratuerca del empaque de la cubierta interior	Bronce	SAE40
16	Chumacera del cabezal	Bronce	SAE660
17	Tornillo de la chumacera del cabezal	Acero	ASTM A-307
18	Sello de la chumacera del cabezal	Neopreno	Johns mansville Tipo 1PU
19	Brida adaptadora de la tuerca de tensión	Fe. vaciado	ASTM-A48-56 Clase 30
20	Empaque (Anillo "O") de la brida adaptadora	Neopreno	
21	Tornillo de la brida adaptadora	Acero	ASTM A-307
22	Tapa de la cámara de Aceite	Aluminio	SAE 356
23	Tornillos de ensamble de la tapa de la cámara de aceite	Acero	ASTM A-307
24	visor de nivel de aceite		Kingston mod. 160 ó el equivalente
25	Hiple del visor de nivel de aceite		
26	Cople del visor de nivel de aceite		
27	Válvula de solenoide		Skinner No. V5M6260C
28	Hiple de la válvula de solenoide		
29	Tubo conduit de la válvula de solenoide		
30	Acoplador del conduit del solenoide		Thomas-Betts No. 5231
31	Acoplador del motor y el conduit del solenoide		Thomas-Betts No. 5231
32	Gotero		Kingston No. 45A
33	Reducción-Buje del gotero		
34	Conexión del tubo de aceite del gotero	Bronce	
35	Tubo de aceite	Cobre	
36	Conexión del tubo de aceite con la chumacera del cabezal	Bronce	
37	Acertera	Acero	
38	Flecha del motor	Acero	AISI C-1045
39	Cuña de la flecha del motor	Acero	AISI C-1020
40	Tuerca de ajuste de la flecha del motor	Acero	AISI C-1213



Jacuzzi-Universal, S.A.

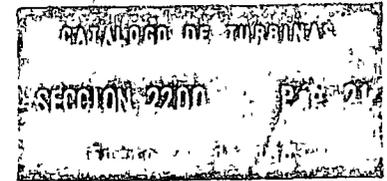
MONTERREY, N. L.

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR ACEITE
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION ESTANDAR

No.	NOMBRE DE PARTE	MATERIAL	ESPECIFICACION
41	perno de la tuerca de ajuste	Acero	ASTM A-307
42	Motor		
43	Tornillos para fijar el motor	Acero	ASTM A-307
44	Tramo de columna exterior	Acero	ASTM A120-57T
45	Adaptador de la cubierta interior	Acero	ASTM A120-57T
46	Extensión de la cubierta interior	Acero	ASTM A120-57T
47	Cople de la flecha	Acero	AISI C-1137
48	Extensión de la flecha	Acero	AISI C-1045
49	Araña estabilizadora de la cubierta interior	Hule	
50	Cople de la columna exterior	Acero	ASTM A120-57T
51	Tramo de cubierta interior	Acero	ASTM A120-57T
52	Tramo de flecha	Acero	AISI C-1045
53	Chumacera de la flecha	Bronce	SAE40
54	Flecha del cuerpo de tazones		AISI 416 H. T.
55	Tazón de succión	Fe. vaciado	ASTM A 48-56 Clase 30
56	Chumacera del tazón de succión	Bronce	SAE 660
57	Tapón para grasa del tazón de succión	Fe. Vaciado	
58	Tapón final del tazón de succión	Fe. Vaciado	
59	Protector de arena del tazón de succión	Bronce	SAE 660
60	Opresor del protector de arena	Acero	ASTM A-307
61	Impulsor	Bronce	SAE40
62	Manguito del impulsor	Acero	AISI C-1045
63	Tazón	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
64	Chumacera del tazón intermedio	Bronce	SAE 4840A
65	Tazón de descarga	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
66	Chumacera del tazón de descarga	Bronce	SAE 660
67	Empaque (Anillo "O") de la camisa de sello	Neopreno	Tipo Parker
69	Camisa de sello	Bronce	SAE40
70	Tapón para grasa del tazón de descarga	Fe. Vaciado	
71	Sellos de aceite del tazón de descarga	Neopreno	Johns mansville Tipo LPD
72	Chumacera superior de la Bomba (Estilo "B")	Bronce	SAE 660
73	Cople adaptador de la cubierta interior	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
74	Brida de descarga del cuerpo de tazones	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
75	Brida de succión del cuerpo de tazones	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
76	Birlos de ensamble de los tazones	Acero	AISI C-1137
77	Tuercas de ensamble de los tazones	Acero	ASTM A-307
78	Tubo de succión	Acero	ASTM A120-57T
79	Colador cónico	Acero	
80	Campana de succión (opcional en lugar de la brida de succión No. 75)	Hierro vaciado	ASTM A48-56 Clase 30



BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR AGUA

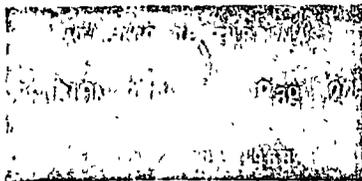
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION ESTANDAR

NO.	NOMBRE DE PARTE	MATERIAL	ESPECIFICACION
1	Cabezal de descarga	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
2	Brida de la columna	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
3	Empaque de la brida de la columna	Asbesto	Johns Mansville No. 60
4	Bridas de la brida de la columna	Acero	AISI C-1137
5	Tuercas de la brida de la columna	Acero	ASTM A-307
6	Brida de descarga del cabezal	Fe. Vaciado	ASA 125-# (B16 1 - 1948)
7	Empaque de la brida de descarga del cabezal	Asbesto	Johns Mansville No. 60
8	Pernos de la brida de descarga del cabezal	Acero	ASTM A-307
9	Reducción-buje de la descarga auxiliar		
10	Lonchón de la reducción-buje de la descarga auxiliar	Fe. Vaciado	
11	Cuerpo del estopero	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
12	Empaque (Anillo "O") del cuerpo del estopero	Neopreno	
13	Tornillo del cuerpo del estopero	Acero	ASTM A-307
14	Colector de arena del cuerpo del estopero	Bronce	SAE 660
15	Chumacera del cabezal	Bronce	SAE40
16	Empaques grafitados	Asbesto	John Crane Estilo 810
17	Opresor de los empaques	Bronce	SAE 40
18	Bridas del opresor de los empaques	Acero	AISI C-1045
19	Tuerca del opresor de los empaques	Acero	ASTM A-307
20	Brida adaptadora del cuerpo del prensa-estopas	Fe. Vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
21	Empaque (Anillo "O") de la brida adaptadora	Neopreno	
22	Tornillos de la brida adaptadora	Acero	ASTM A-307
23	Flecha del motor	Acero Inox.	AISI C-1045
24	Reflector de la flecha	Neopreno	
25	Arca de la flecha	Acero	AISI C-1020
26	Tuerca de ajuste de la flecha	Acero	AISI C-1213
27	Tornillo de la tuerca de ajuste	Acero	ASTM A-307
28	MOTOR		
29	Tornillos para fijar el motor	Acero	ASTM A-307
30	Columna exterior en sección superior	Acero	ASTM A120-57T
31	Flecha de extensión	Acero	AISI C-1045
32	Columna exterior en sección intermedia	Acero	ASTM A120-57T
33	Cople de la columna exterior	Acero	
34	Arana de la flecha de la columna	Bronce	SAE 40
35	Chumacera de la flecha lubricada por agua	Hule	Patterson-Ballagh
36	Manguito de la flecha *	Acero Inox.	AISI 304
37	Flecha en sección intermedia	Acero	AISI C-1045
38	Cople de la flecha	Acero	AISI C-1137
39	Columna exterior en sección inferior	Acero	ASTM A120-57T

* Actualmente la columna está provista de flechas metalizadas en los puntos de contacto con las chumaceras de hule de la araña.

NOTA Al hacer su pedido de refacciones especifique si la flecha está provista de manguitos, o es metalizada

CONTINUA AL REVERSO



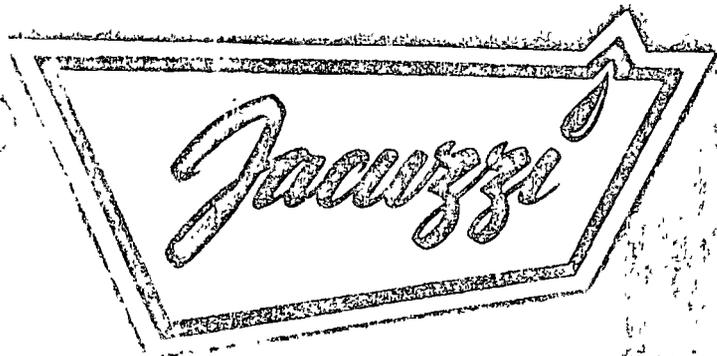
Jacuzzi-Universal S.A.
MONTERREY, N. L.

HOJA DE
INFORMACION
TECNICA

México, D. F. - Guadalajara, Jal.

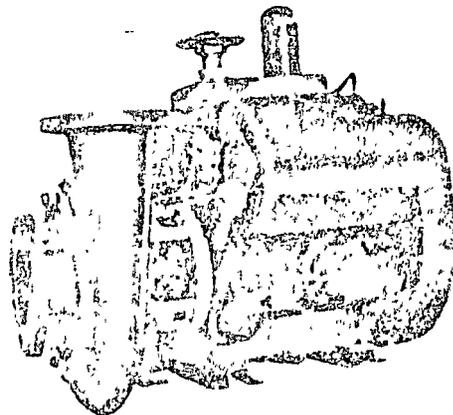
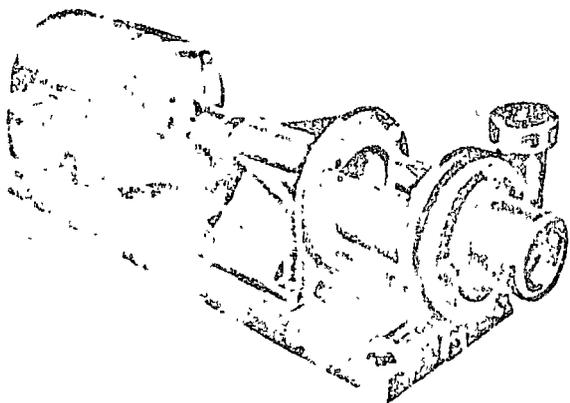
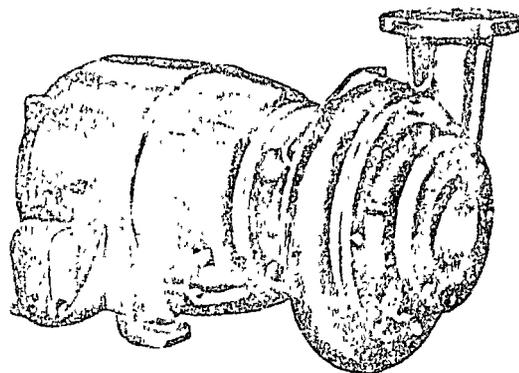
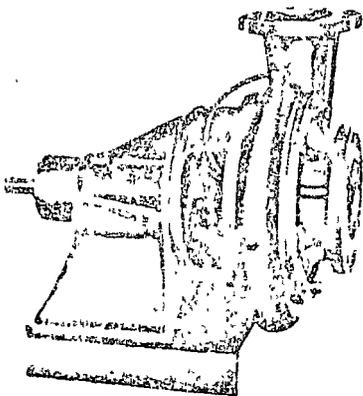
BOMBAS TURBINAS LUBRICADAS POR AGUA
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION ESTANDAR

No.	NOMBRE DE PARTE	MATERIAL	ESPECIFICACION
40	Flecha del cuerpo de tazones	Acero Inox.	AISI 416 H T.
41	Tazón de succión	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
42	Chumacera del tazón de succión	Bronce	SAE 660
43	Tapón para grasa del tazón de succión	Fe. vaciado	
44	Tapón final del tazón de succión	Fe. vaciado	
45	Protector de arena del tazón de succión	Bronce	SAE 660
46	Opresor del protector de arena	Acero	
47	Impulsor	Bronce	SAE 40
48	Manguito del impulsor	Acero	AISI C-1045
49	Tazón	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
50	Chumacera del tazón	Bronce	SAE 4840A
51	Tazón de descarga	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
52	Chumacera superior del tazón de descarga	Hule	Patterson-Ballagh
53	Chumacera inferior del tazón de descarga	Hule	Patterson-Ballagh
54	Protector de arena del tazón de descarga	Bronce	SAE 660
55	Brida de descarga del cuerpo de tazones	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
56	Brida de succión del cuerpo de tazones	Fe. vaciado	ASTM A48-56 Clase 30
57	Birlos de ensamble del cuerpo de tazones	Acero	AISI C-1137
58	Tuercas de ensamble del cuerpo de tazones	Acero	ASTM A-307
59	Tubo de succión	Acero	ASTM A120-57T
60	Colador cónico	Acero	
61	Campana de succión (opcional en lugar de la brida de succión no 56)	Hierro vaciado	ASTM A48-56 Clase 30



Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS
CENTRIFUGAS DE SUCCION EXTERNA

SERIES D, E, F y G



Las siguientes instrucciones se proporcionan con el fin de que el cliente consumidor pueda obtener el máximo rendimiento de bomba centrífuga. Las indicaciones correspondientes a la instalación y conexión de las tuberías, deberán observarse con

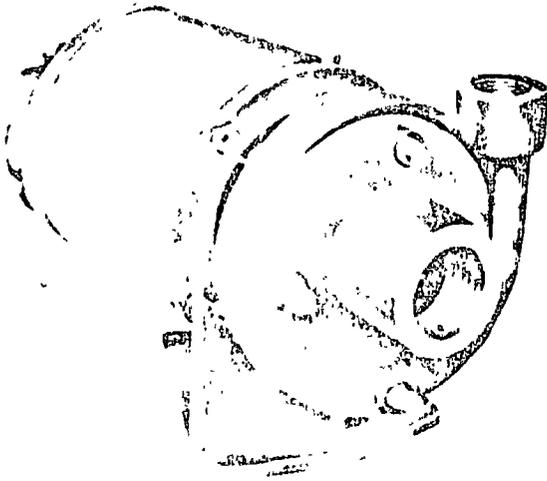
absoluta precisión para que la bomba pueda dar su máximo rendimiento al ejecutar el trabajo para el cual fue seleccionada. una instalación defectuosa además de impedir que la bomba funcione correctamente, puede ocasionar graves daños.

JACUZZI UNIVERSAL, S.A.

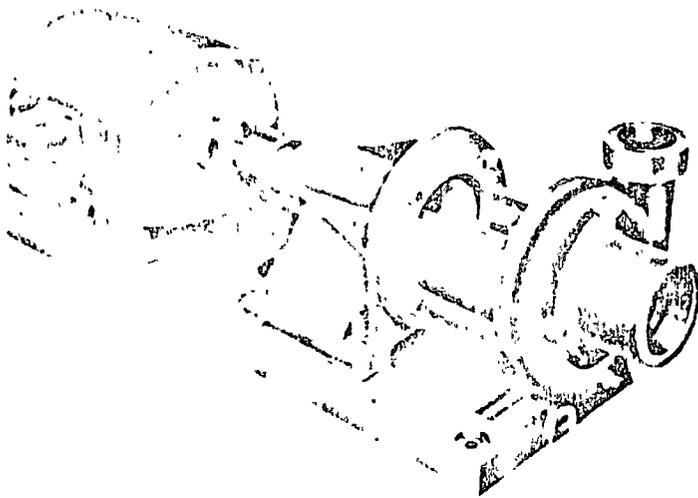
MONTERRREY, N. L.
MEXICO, D. F.
GUADALAJARA, JAL



MONTAJE DE LA BOMBA Las Bombas Centrifugas, acopladas directamente al motor, se suministran ensambladas formando una unidad completa, la cual requiere un mínimo de preparación para el montaje. De todas maneras, este



tipo de bomba, deberá ser atornillada sólidamente a su base, pues, de otro modo su vibración normal es transmitida y amplificada por las tuberías, pudiendo causar la rotura de la bomba. Las bombas acopladas directamente pueden montarse en cualquier posición, sin embargo, cuando se colocan en una posición distinta a la horizontal, el motor debe quedar a mayor altura que la



bomba, de manera que, si ocurriese alguna filtración el líquido que escapa no pueda entrar al motor y dañarlo. Las Bombas acopladas a motores de combustión interna deberán ser montadas horizontalmente, pues los sistemas de lubricación y de alimentación de combustible de estos motores, no funcionan correctamente en ninguna otra posición.

2 BOMBAS CON TRANSMISION Estas también pueden ser montadas en cualquier posición si están equipadas con transmisiones lubricadas por grasa (modelos B1, B2 y B3) pero la transmisión debe quedar arriba de la bomba en cualquier posición menos en la posición horizontal, de manera que, en caso de que ocurriese alguna fuga no resulten dañados los baleros.

Si la bomba está equipada con alguna de las transmisiones mayores, lubricadas por aceite (modelos B4 y B5) deberá instalarse en posición horizontal para que el sistema de lubricación funcione en forma correcta. (Asegúrese de llenar de aceite la transmisión antes de arrancar la bomba, tal como se describe más adelante bajo el título de LUBRICACION). Las bombas provistas de transmisión, cuando se suministran accionadas con motor eléctrico ó de combustión interna por medio de cople flexible, van montadas sobre una base de acero.

A pesar de que los componentes han sido alineados cuidadosamente en la fábrica, este alineamiento deberá ser verificado y revisado después de que la unidad ha sido colocada en su lugar, en el sitio de trabajo. La base es suficientemente rígida para mantener el alineamiento entre la bomba y el motor en condiciones normales, pero no es económicamente posible suministrarla con rigidez tal, que impida totalmente los desalineamientos causados por el manejo durante el tránsito, ó los debidos a una cimentación no uniforme.

3 CIMENTACION DE LA BOMBA

El disponer de una superficie plana es absolutamente necesario para montar la bomba, donde existe tal superficie, ya sea ésta de concreto bien acabado, acero o madera, deberá ser posible lograr un perfecto alineamiento final atornillando la base de la Bomba directamente a esta superficie, usando si es necesario, calzas metálicas delgadas las cuales se colocan bajo la bomba o el motor para corregir cualquier desnivel. Debe construirse una cimentación para la bomba cuando no exista una superficie completamente plana.

Además de proveer dicha superficie de montaje substancial, la cimentación, cuando ha sido diseñada para elevar la unidad sobre el nivel del piso resultará útil ya que la protegerá de inundaciones y de golpes causados por carretillas de mano, vehículos pequeños, etc., también puede reducirse la vibración a un mínimo y para evitar la transmisión de ésta al piso, puede aislarse por medio de una junta de dilatación.

La cimentación de concreto deberá ser vaciada después de que los tornillos para fijar la base, han sido localizados cuidadosamente. Es conveniente insertar éstos en tubos que tengan un diámetro dos ó dos y media veces mayor que el del tornillo, de esta manera los tubos permitirán pequeños ajustes de aquéllos, para compensar las diferencias que haya en su localización o en la de los agujeros de la base.

Los tornillos deben anclarse al extremo inferior de los tubos mediante arandelas grandes. La cimentación deberá tener suficiente resistencia para sostener el peso de la bomba sin deflexión ó vibración apreciables y ser de dimensiones tales que excedan la longitud y la anchura de la base en 8 0 a 10 0 cms.

La superficie superior deberá ser bastante áspera para que la pasta de cemento se adhiera a ella correctamente. Colóquese la bomba en la cimentación parcialmente terminada, sosteniéndola mediante cuñas metálicas que tengan un espesor de 2 5 a 4 0 cms. (las cuales pueden fabricarse fácilmente de barra de acero cuadrada) localizadas cerca de cada tornillo de anclaje. Las bases de formar, larga y angosta, deben sostenerse además mediante cuñas adicionales en sus puntos medios. Las cuñas deberán ser colocadas de tal manera que la base, quede separada de la cimentación de 2 a 2.5 cms. Después de que el alineamiento de la bomba con el motor se ha comprobado (ver párrafos subsecuentes) y con las cuñas puestas en su lugar, colóquese una forma alrededor de la base de la Bomba y vacíese pasta de cemento hasta un nivel de 2 5 cms. más alto que el fondo de la base. Deje que la pasta se endurezca completamente (aproximadamente 48 horas) antes de continuar con la instalación de las tuberías.

4 ALINEAMIENTO ACOPLADO DE LA UNIDAD

El alineamiento acoplado es extremadamente importante. A pesar de que el cople flexible es capaz de sostener cierto desalineamiento, la flexión continua que ocu-

fre cuando este desalineamiento se presente, produce esfuerzos adicionales tanto en los baleros del motor como en la transmisión de la bomba. Esto puede ser la causa de una notable reducción en el período de servicio proporcionado por la vida útil de estos mismos. Si el coque flexible ha sido embarcado suelto, móntelo sobre la bomba y la flecha motriz como sigue.

PARA REVISAR EL ALINEAMIENTO DE LA UNIDAD PROCEDASE DE LA SIGUIENTE MANERA. COLOQUE UNA REGLA (SOSTENIDA PARALELA A LOS EJES DE LA GOMBA Y EL MOTOR) EN LA PERIFERIA DE LOS COPIES Y A INTERVALOS DE 90°, PUEDE EFECTUARSE UNA COMPROBACIÓN DEL ALINEAMIENTO AXIAL Y ANGULAR DEL COPIE (VEA LAS FIGURAS 3a. Y 3b)

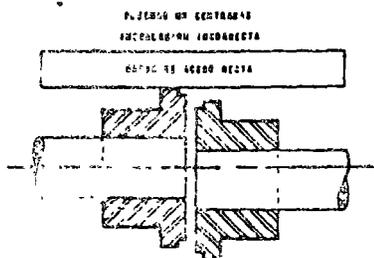


Fig. 3a

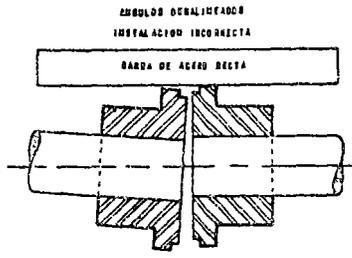


Fig. 3b

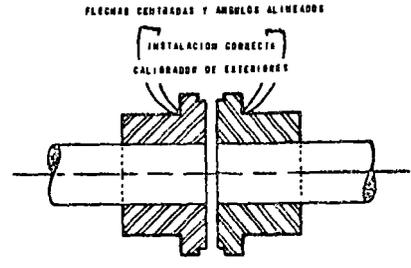


Fig. 3c

La falta de alineamiento debe corregirse ajustando las cuñas y añadiendo cuñas adicionales bajo la base y colocando cuñas bajo el motor o bien deslizando sobre aquella.

Puede ser que al comprobar el alineamiento angular mediante el uso de compases calibradores exteriores, a intervalos de 90° (vea la figura 3c). Colóquense las tuercas de los tornillos de cimentación y apriétense normalmente, revítese a continuación el alineamiento para asegurarse de que esta operación no lo ha afectado. Es recomendable revisar una vez más el alineamiento después de que la unidad ha estado en operación por unos cuantos días. Los esfuerzos causados por las tuberías y el asentamiento de la cimentación pueden hacerlo afectado. Las revisiones periódicas del alineamiento deben ser parte del mantenimiento preventivo del equipo.

Cuando se requiere que la bomba maneje líquidos muy fríos o muy calientes, o cuando la máquina motriz es una turbina de vapor ó un motor que opera a temperaturas relativamente elevadas, es conveniente revisar el alineamiento cuando estas temperaturas extremas existen, de manera que puedan hacerse correcciones para los efectos de las dilataciones causadas por la temperatura.

5 TUBERIAS

Nunca deberá permitirse que la bomba sostenga el peso de las tuberías. Tanto la tubería de succión como la de descarga deben estar sostenidas independientemente, en un punto cercano a la bomba. Además, la tubería deberá ser colocada cuidadosamente de manera que no sea necesario forzarla en su lugar para conectarla con la bomba. En tuberías de descarga más largas de lo acostumbrado, o en aquellas que estén sujetas a grandes variaciones de temperatura debe utilizarse, juntas deslizantes u otro tipo de conexiones flexibles, para compensar las variaciones de longitud de las tuberías debidas a la presión o la temperatura. Las conexiones flexibles son también útiles como un medio de evitar la transmisión del ruido y la vibración. Consulte las tablas que muestran las pérdidas por fricción en las tuberías, para así seleccionar los diámetros de las mismas.

6 TUBERIA DE SUCCION: La bomba debe ser instalada tan

cerca de la fuente de abastecimiento como sea posible. Donde existen niveles de bombeo considerables (15 pies o más), líquidos calientes ó largas e intrincadas tuberías de succión, debe efectuarse un cuidadoso estudio para asegurarse de que la carga neta positiva de succión requerida por la bomba, se encontrará disponible. La línea de succión deberá ser lo más simple a saber, corta y con el mayor diámetro posible y debe colocarse de manera que la pendiente sea gradualmente hacia la bomba, de tal manera que esta última sea el punto más elevado de la línea de succión. Use el número mínimo de conexiones posible, colocando codos de radio largo, siempre que el

espacio lo permita. Evite el colocar un codo inmediatamente en la succión de la bomba, debe utilizarse una cierta longitud de tubo recto ó bien un reductor excéntrico con el fin de permitir la correcta entrada del líquido a la bomba. Nunca deberá usarse válvulas reguladoras en la línea de succión, estas pueden causar el fenómeno de cavitación el cual es capaz de dañar seriamente la bomba. Si por algún motivo ha de colocarse forzosamente una válvula de compuerta en la línea de succión, localícese de manera que, el vástago se extienda horizontalmente o hacia abajo, lo cual ayudará a eliminar la formación de bolsas de aire y la entrada de este último a través del empaque de la válvula.

Si se requiere instalar una válvula de pie con el fin de conservar la bomba cebada, la sección transversal de la misma debe ser cuando menos 1 1/2 o 2 veces mayor que la del área del tubo de succión. Los coladores, en caso de instalarse, deben tener un área de 3 a 4 veces mayor que la del tubo de succión, pues de otra manera causará una pérdida por fricción excesiva.

Es especialmente importante que la tubería de succión en las bombas que operan con un nivel de bombeo considerable, esté absolutamente libre de fugas. Si entra aire a la línea de succión a través de cualquier orificio, la capacidad de la bomba se reducirá seriamente y se presentarán dificultades para mantener la bomba cebada. Cuando la línea de succión obtiene el líquido de una cisterna abierta, su extremo interior deberá quedar sumergido lo suficientemente para que dicha línea de succión no aspire aire al formarse un vórtice o remolino en el agua. Una campana de succión colocada en el extremo de una línea de succión vertical ayudará a compensar la falta de sumersión. Una placa de acero cuadrada, fija a la tubería de succión ó flotando alrededor del tubo si es vertical ayudará también a suprimir la acción de vórtice.

7 TUBERIA DE DESCARGA. La tubería de descarga no es tan crítica como la de succión, pero debe tenerse cuidado al seleccionar sus dimensiones y al colocarla a manera de evitar pérdidas por fricción excesiva. Como en la tubería de succión, el número de conexio-

una propiamente. Cuando se ha obtenido que la Bomba opere normalmente, permaneciendo la línea de descarga siempre llena, la válvula de compuerta puede ser abierta totalmente y ser dejada así por tiempo indefinido.

En los sistemas de bombeo que son excepcionalmente grandes ó simplemente en los que no se utilizan válvulas de pie, pero que deben ser cebados con el fin de vencer un nivel de bombeo, se utilizan otros métodos de cebado. Pueden utilizarse bombas de vacío operadas a mano, mediante motores eléctricos ó de gasolina, para evacuar el aire de la caja de la bomba y de la línea de succión. Estas bombas de vacío deben ser capaces de evacuar el líquido hasta un nivel superior al de la caja de la bomba, en un período razonable de tiempo. La línea de succión debe tener una válvula de retención ó de compuerta localizada cerca de la bomba, con el fin de evitar la entrada de aire para las bombas accionadas por el motor de combustión interna cuyo desplazamiento sea cuando menos de 20 pulgadas cúbicas, cuando se abre en el momento de administrar un cebador que utiliza el motor de combustión como un medio para evacuar el aire de la línea y de la línea de succión.

Las bombas equipadas con prensaestopas deben ser revisadas en cuanto al ajuste del mismo. Este ajuste debe ser efectuado mientras la Bomba está funcionando, ajustando el opresor de los empaques hasta que escurra una muy pequeña cantidad de agua (6 a 10 gotas por minuto). Este goteo lubrica el empaque y ayuda a evitar el desgaste excesivo de la flecha ó de la camisa de la flecha. Las bombas provistas de sellos mecánicos no requieren ajuste.

Si la bomba vá a dejar de funcionar durante cierto tiempo mientras esté expuesta a temperaturas de congelación deberá ser protegida lo mismo que sus tuberías, drenando completamente el sistema ó introduciendo un anticongelante en el mismo.

12 LUBRICACION

Las piezas rotatorias de las bombas centrífugas (impulsor, flecha, elementos sellantes, etc.) están lubricadas por el mismo líquido bombeado y no necesitan lubricación adicional.

Los motores eléctricos tienen baleros de bolas en cada extremo, los cuales normalmente están prelubricados y listos para usarse.

14 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA, TURBINAS DE VAPOR, ETC.

Estos grupos deberán ser lubricados de acuerdo con las instrucciones suministradas por el fabricante. Cuando las bombas están acopladas directamente a motores de combustión interna enfriados por agua, se instala una transmisión que sirve de soporte entre la bomba y el motor. La transmisión Z73 utiliza baleros sellados que no requieren lubricación adicional, las transmisiones mayores Z74 y Z75 usan baleros de bolas lubricados por aceite. Las instrucciones de lubricación son idénticas a las que se refieren a las transmisiones B4 y B5M, las cuales se describen en el siguiente párrafo.

Las bombas dotadas de transmisión no requieren lubricación si incluyen las transmisiones B1, B2 ó B3. Estos modelos están equipados con baleros de bolas sellados para los cuales no se requiere lubricación adicional.

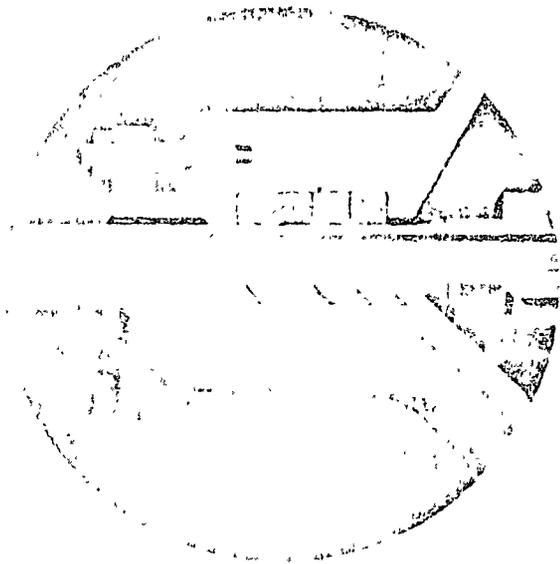
Las transmisiones mayores B4 y B5, utilizan un sistema de lubricación a base de aceite, se recomienda aceite SAE 20 ó aceite especial para bombas turbinas, que contenga anticorrosivos e inhibidores de espuma. El nivel del aceite deberá mantenerse de manera que apenas alcance la parte superior del niple de llenado, el aceite se añade a través de este niple ó a tra-

vés del orificio de ventilación en la parte superior de la caja de la transmisión, reemplazando el tapón después de esto. Si el lubricante resulta contaminado, la transmisión deberá drenarse, quitando el tapón y girando el conjunto de niple y codo de manera que apunte verticalmente hacia abajo. Después de efectuada esta operación, vuélvase el niple y el codo a su posición normal y llénese nuevamente la transmisión.

15 COPLES FLEXIBLES:

Los que utilizamos normalmente, llevan un elemento anorriguador de hule el cual no requiere lubricación alguna.

16 REPARACIONES



17 BOMBAS PROVISTAS DE PRENSAESTOPAS. Las bombas provistas con prensaestopas deberán ser ajustadas por igual, apretando las tuercas del opresor de los empaques cuando las filtraciones de líquido lleguen a ser excesivas. En ningún modo deberán éstas ser ajustadas en tal forma, que el empaque cese de gotear completamente. Mantenga siempre la bomba funcionando mientras se hace el ajuste.

Cuando las fugas o filtraciones no pueden ser controladas apretando las tuercas, retire el opresor de los empaques y añada un anillo de cordón grafitado. Coloque nuevamente el opresor y haga los ajustes finales mientras la bomba está funcionando. Cuando se han añadido empaques de esta manera una ó dos veces, es recomendable extraer todos los empaques gastados la próxima vez que ésta necesite ajuste. Para hacerlo, puede aflojarse el opresor de los empaques poniendo a funcionar la Bomba brevemente, de tal manera que la presión generada por la misma, empuje los empaques hacia afuera pueden usarse también herramientas especiales para este fin, las cuales se obtienen en las casas del ramo. Debe agregarse a continuación, 4 anillos de empaques nuevos de manera que las puntas queden separadas 180° la una de la otra. Este tipo de empaque, adecuado para temperaturas de 95°C, lo tenemos disponible en forma de juegos de anillos empacados en bolsas plásticas. También podemos surtir tanto en nuestra planta como en todas nuestras casas distribuidoras, prensaestopas o empaques hechos con Teflón, etc. para consumo de aquellas bombas que operan con solventes y líquidos corrosivos.

La duración y utilidad de la bomba se acortan considerablemente cuando la camisa de la flecha está gastada. Esta deberá ser inspeccionada y reemplazada si es nece-

nes deberá reducirse al mínimo, evitando también cambios bruscos de dirección o de diámetro en las tuberías. Debe instalarse una válvula de compuerta en la línea de descarga, ya que ésta, será un gran auxiliar para cebar la bomba y permitirá que se efectúen reparaciones en la bomba sin tener que drenar la línea de descarga ó cualquier tanque de almacenamiento conectado a ella. Es recomendable instalar una válvula de retención en la línea de descarga, entre la bomba y la válvula de compuerta en un sistema que opere a altas presiones de descarga, y con una válvula de pié en la línea de succión, ésta válvula, protege la Bomba de las elevadas presiones que se presentan cuando las Bombas de los sistemas de presión sin válvula de pié. La válvula de retención evita la rotación inversa de la bomba y la pérdida de presión en la línea de descarga en esos mismos casos. En los sistemas con presiones de descarga elevadas (arriba de 80 lbs/pulg²) es conveniente utilizar una válvula de retención silenciosa del tipo que se cierra lentamente.

8 LINEA DE RECIRCULACION: Las Bombas de las series E, F y G, cuando van equipadas con un prensaestopas, llevan una línea de recirculación que permite que el líquido a presión contenido dentro de la voluta de la bomba, fluya al anillo del relevador de presión. La introducción de este líquido por alta presión dentro del prensaestopas, evita que penetre aire dentro de la bomba cuando la presión de succión es menor que la atmosférica. Para prevenir daños en esta línea de recirculación durante el transporte de la bomba, es muy usual que ésta se envíe separada pero con todas las conexiones fijadas a la bomba. En estos casos basta simplemente con fijar la línea de las conexiones roscadas de la voluta y el prensaestopas, apretándolas normalmente. Si la Bomba vá a ser usada en un sistema que ejerce una presión de succión positiva (más de 10 lbs/pulg²) puede ser recomendable el sustituir la línea de recirculación por otra más larga. Esto permitiría que la presión en el prensaestopas sea aproximadamente igual a la presión de succión, reduciendo de esta manera la presión que debe ser contrarrestada por el empaque.

9 MOTORES Y CONTROLES

Las Bombas centrífugas pequeñas, acopladas directamente, usan motores eléctricos a prueba de goteo con armazón Wema 5-C. Las potencias de estos motores varían de 1/3 a 2 H.P. a 36000 R.P.M. y de 1/3 a 3/4 H.P. a 1800 R.P.M. Los motores monofásicos comprendidos dentro de estos límites, están protegidos por un interruptor interno de restablecimiento automático para evitar las sobrecargas. Por lo tanto, no se necesita ninguna protección externa. Todos los motores trifásicos deben estar provistos de un arrancador manual que incorpore protección contra sobrecarga. Para tener esta protección y lograr a la vez la operación automática del sistema (utilizando un interruptor de presión ó de flotador) deberá utilizarse un arrancador magnético.

El alambrado del motor debe efectuarse de acuerdo con los códigos eléctricos en vigor. El uso incorrecto de alambres de un calibre menor causarían un fuerte descenso de voltaje lo cual ocasionará desperfectos en el motor. Asegúrese además que las características de la corriente disponible concuerden con las requeridas por el motor, las instrucciones para conectar un motor de doble voltaje aparecen en una placa fija a la caja de conexiones del motor.

10 OTRAS MAQUINAS MOTRICES: Los motores de gasolina, turbinas de vapor, etc., deben ser instalados y opera-

dos de acuerdo con las instrucciones que se adjuntan con los mismos.

CONTROLES DE PROTECCION: Si hay alguna posibilidad de que el sistema de bombeo funcione en seco (por agotarse el líquido, perderse el cebo, etc.) la Bomba deberá ser protegida por un control automático. Diríjase a la fábrica solicitando asistencia para seleccionar interruptores contra pérdida del cebo, de nivel mínimo, etc.

12 OPERACION INICIAL

Las bombas centrífugas (excepto las de tipo autocebante) deben ser cebadas (llenar de líquido la bomba y su línea de succión) antes de que empiecen a operar. En los sistemas de bombeo que tienen una válvula de pié en el extremo de su línea de succión, la manera más fácil de cebar la bomba consiste en llenar con líquido la línea de succión, la bomba y parte de la línea de descarga, para establecer un nivel de 1 ó 2 pies arriba de la parte superior de la voluta de la bomba. El aire atrapado en la voluta deberá dejarse escapar, abriendo la válvula de alivio de aire (en las bombas de la serie "D") ó removiendo el tapón superior (en las series E, F y G) hasta que una corriente continua de líquido fluya por la abertura. Haga girar el eje de la bomba a mano de manera que el aire que pudiera haber quedado dentro del impulsor pueda así escapar. Espere algunos minutos para que el aire salga también de aquellas secciones casi horizontales de la tubería de succión. Cierre la válvula de aire ó reponga el tapón y prepárese a arrancar el motor de la bomba.

La dirección correcta de rotación está asegurada cuando se trata de una Bomba provista de motor eléctrico monofásico, motor de combustión interna ó turbina de vapor, puesto que estas unidades se seleccionan de manera que giren en la dirección correcta. Es importantísimo en cambio comprobar la rotación correcta en los motores eléctricos trifásicos, e cuando cualquier tipo de motor es suministrado por personas ajenas a nuestra planta. Compruébese la rotación de los motores trifásicos conectando la corriente por un instante, de manera que la bomba gire solo unas cuantas revoluciones (la operación prolongada de la bomba en la dirección incorrecta puede dañarla).

Note si la dirección de la rotación del eje está de acuerdo con la dirección de la flecha en la caja de la bomba. Si no lo está, corrijase cambiando sus terminales de cualquiera de las tres que conducen la corriente, ya sea en el motor ó en el arrancador. Cierre la válvula en la línea de descarga y arranque la Bomba. Abrala gradualmente hasta la mitad del máximo después de que el motor llague a la velocidad de funcionamiento. Si después de algunos segundos, la Bomba no opera normalmente a pesar de que haya alcanzado su velocidad correcta, deténgala durante algunos minutos. Añada mayor cantidad de líquido de cebado, abra brevemente la válvula de aire ó remueva el tapón superior. Arranque nuevamente la Bomba, si aún no funciona, deténgala nuevamente y repita el procedimiento de cebado.

Si se llevan a cabo varios intentos de arrancar la Bomba sin éxito, examine la válvula de pié, la línea de succión y el prensaestopas de la Bomba en busca de posibles entradas de aire. No permita que la Bomba funcione por más de unos cuantos segundos a menos de que ésta permanezca llena de líquido y esté descargando correctamente, pues la operación prolongada de una Bomba en seco puede causar serios daños a su mecanismo. Un manómetro montado en la descarga de la Bomba ó en la misma voluta, indicará la presión desarrollada por la Bomba y ayudará a determinar si ésta

sario, de acuerdo con las instrucciones que aparecen - abajo

BOMBAS EQUIPADAS CON SELLOS MECÁNICOS: Los sellos mecánicos no necesitan ajuste alguno, están lubricados por el líquido bombeado (a menos de que se haya tomado alguna precaución especial para usar una fuente externa de suministro de agua limpia y fría). Ocasionalmente - un sello nuevo puede gotear ligeramente durante su primera hora de operación pero a menos que la instalación se haya efectuado incorrectamente, esta filtración cesará rápidamente. Cuando las fugas ocurren después de que la bomba se ha usado durante largo tiempo, el sello deberá ser reemplazado.

Los sellos que utilizamos son productos de precisión - que deberán ser manejados con grandes precauciones. - Nunca deje caer la arandela de sellado que está fabricada normalmente de carbón y es muy frágil, ni permita que se rayen sus superficies pulidas. Es casi seguro - que el sello funcionará en forma deficiente si se maltrata cualquiera de sus partes.

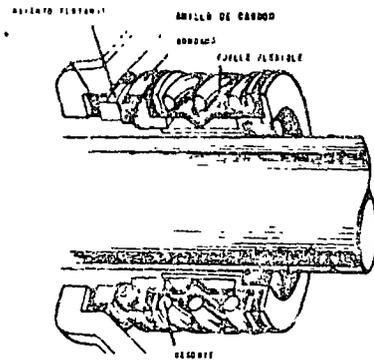


Fig. 5a

La caja de la bomba, el impulsor y el soporte deben - desmontarse del motor ó de la transmisión con el fin - de cambiar de sello (información completa es proporcionada en los subsecuentes párrafos)

Al reemplazar un sello debe utilizarse siempre una - nueva arandela y un nuevo asiento flotante, nunca reemplazarse solamente una de las caras sellantes. Deslice la parte que gira del antiguo sello (que consiste de arandela sellante de carbón, empaque de hule y resorte) - fuera de la flecha de la Bomba, después de que el impulsor sea desmontado. (Algunas veces el empaque de hule del sello se pega con tanta fuerza a la flecha ó a la camisa de la misma, que el soporte deberá ser utilizado como un extractor para desmontar el sello). Extraiga a continuación el asiento antiguo fuera del soporte. Lubrique el diámetro exterior del nuevo anillo de hule del asiento, con aceite ligero, forzando en seguida el nuevo asiento dentro del hueco del soporte y asegurándose de que quedó firme y a tope de escuadra. Si el - asiento y el anillo no pueden ser colocados en su lugar con los dedos, cubra la superficie pulida del asiento con el disco de cartón que sirve para empaquetar cada sello y golpéelo para forzarlo en su lugar utilizando un martillo liviano y un trozo de madera como amortiguador. Inspeccione la flecha de la bomba para asegurarse de - que está limpia y lisa. Use tela de esmeril para pulirla si está rayada ó reemplace la flecha si la bomba - viene equipada con una por separado. Luego vuelva a - limpiar la flecha cubriéndola con una capa delgada de aceite ligero.

Tome muchas precauciones al deslizar el empaque de hule del sello sobre la flecha, pues de otra manera, el

hule se dañará y ocurrirán filtraciones posteriormente. Al deslizar la pieza sobre la flecha debe ejercerse - presión solamente sobre el empaque de hule, la concentración de la fuerza sobre este punto puede facilitarse usando un manguito que ajuste sobre la flecha y toque a escuadra contra el reverso del sello una vez que está en la flecha, la fuerza requerida para empujarlo, a lo largo de la misma disminuye considerablemente. Asegúrese de tomar todas las precauciones para evitar - que la arandela de carbón se rompa al chocar contra el asiento flotante. Antes de deslizar la arandela de carbón contra el sello flotante es necesario estar seguro de que las superficies están perfectamente limpias. - Límpiense ambas caras con aceite ligero (nunca grasa) y entonces deslícese las piezas hasta que se junten. - Coloque el resorte del sello en la flecha (esto se - aplica solamente a los sellos grandes cuyos resortes - no forman parte integral del sello). Vuelva a colocar la arandela del impulsor y vuelva a ensamblar la bomba.

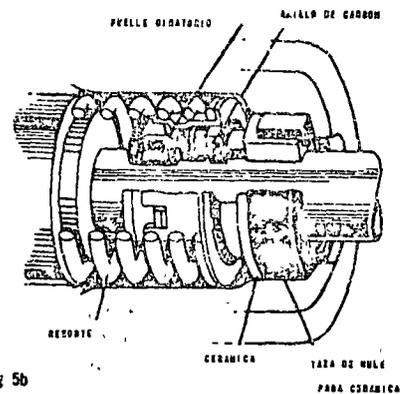
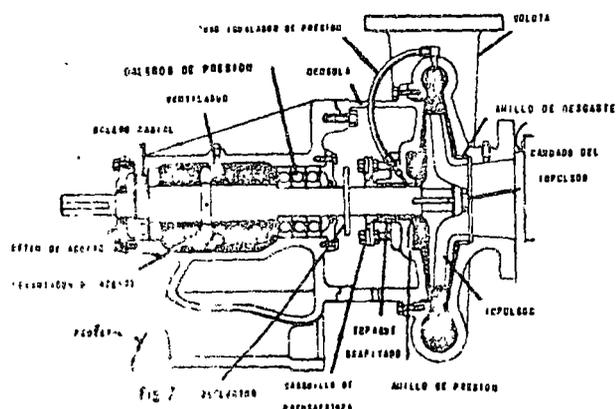


Fig. 5b

18 INSTRUCCIONES PARA DESARMAR Y ARMAR LA BOMBA.

Retírense los pernos que fijan la caja de la bomba al soporte. Sepárela de soporte cuidadosamente, para evitar dañar estas partes haciendo lo mismo con el empaque del ensamble. Este empaque puede usarse de nuevo si no se rompe en la operación anterior y si se - guarda sumergido en agua hasta que vuelva a ser utilizado. Sin embargo, lo usual, es instalar un nuevo empaque cada vez que la bomba es desarmada. En las Bombas pequeñas acopladas directamente (hasta 5HP) generalmente es más práctico dejar la voluta conectada a las tuberías de succión y descarga, quitar los tornillos de montaje y deslizar el conjunto de motor, soporte e impulsor hacia atrás. Al desarmar Bombas provistas de transmisión cuyo alineamiento no debe ser lastimado ó en Bombas acopladas directamente, pero de - grandes dimensiones, es preferible desconectar las tuberías y luego retirar la voluta del resto de la Bomba. En el caso de las Bombas de la Serie D, frecuentemente es necesario quitar solamente la parte frontal de la voluta (brida de succión). De esta manera, la - tubería de descarga no necesita ser desarmada.

Las bombas de la serie D, provistas de motores fraccionarios ó transmisiones B1A, utilizan un impulsor - que se atornilla a la flecha de la bomba y se fija en su lugar por medio de una tuerca. La rosca es derecha, de tipo convencional para desmontar este tipo de impulsor, mantenga la flecha sin girar por medio de una llave y quite la tuerca con una llave de caja; a continuación desatornille el impulsor de la flecha. Si - el impulsor no puede ser girado con la mano, una hoja



de tracción en la que se utiliza en las bombas pequeñas de la serie B3 consiste en una sola unidad suministrada por el fabricante de los baleros. Si estos baleros fallan, la unidad completa con su eje integral - también es suministrada.

Las transmisiones B2 y B3, lo mismo que la ZT3 para bombas accionadas mediante motor de combustión interna, emplean baleros de repuesto más sustituibles, lubricados por grafito que se coloca en la presión en el eje de una sola pieza en el extremo de la transmisión que queda al lado del eje de salida. La carga axial es tomada por un solo balero de bolas sellado y de una sola hilera.

La unidad B3 tiene 2 baleros de una hilera, cada uno con una cara sellada. En el lado opuesto, tanto de las transmisiones B2 como de las B3, se localiza un balero de bolas de una sola hilera sellado por ambos lados.

El conjunto completo de la bomba (voluta, impulsor, sello y soporte) debe ser desmontado antes de desarmar la transmisión. Después de que esto ha sido hecho, remóvase el candado que vá en la caja de la transmisión del lado de la bomba. Golpee ligeramente con un martillo de plástico ó de plomo en el lado opuesto de la flecha, con el fin de empujarla junto con los baleros hacia afuera de la caja de la transmisión. Extraiga los baleros de la flecha usando una prensa para ensamblar de nuevo la transmisión, colóquense con prensa los baleros en la flecha, asegurándose de que queden apretados contra los toques de la flecha. Al ensamblar el juego de baleros de empuje (dos de una sola hilera) para la transmisión B3, es necesario asegurarse de que las caras abiertas de los baleros queden juntas de manera que, el conjunto resultante quede completamente sellado. Introduzca la flecha con sus baleros dentro de la caja de la transmisión, golpeando hasta que el balero radial toque el candado situado del lado opuesto de la transmisión. Coloque nuevamente el candado del lado de la bomba de manera que, la flecha y los baleros queden fijos en su lugar.

Las transmisiones B4 y B5, así como las ZT4 y ZT5 para juegos accionadas mediante motor de combustión interna, están formadas por una flecha de acero de una sola pieza sostenida en una caja de transmisión de fierro vaciado mediante baleros de bolas lubricadas por aceite. Antes de dar servicio a estas unidades, dréñese el aceite lubricante (ver instrucciones bajo el título de lubricación). Quite las tapas de los baleros en ambos extremos de la transmisión y a continuación golpee ligeramente con un martillo de plomo ó de plástico, en el extremo de la flecha de la transmisión que dá al motor, con el fin de empujarla, junto con los baleros, hacia afuera de la caja. En las transmisiones B5 y ZT5 separe la arandela de presión de la tuerca y quite ambas (ésta tuerca tiene rosca derecha del tipo común). Ex-

traiga los baleros de la flecha usando una prensa los baleros de empuje para las transmisiones B4 y ZT4 se se suministran en juegos completos, que consisten cada uno de tres baleros de bolas, de una sola hilera empaquetados juntos en el orden que deben ser colocados en la flecha. Asegúrese de mantener este orden. El juego puede ser colocado en la flecha en cualquier dirección; sin embargo, es recomendable colocarlo de manera que los números de identificación marcados en la cara del balero exterior sean visibles en cuanto se quite la tapa de los baleros.

Los baleros de empuje de repuesto para las transmisiones B5 y ZT5, también se suministran en juegos. Cada uno con iste de tres baleros de bolas de una sola hilera, dos de los cuales tienen pistas exteriores planas, mientras que el otro lleva una ranura con su correspondiente diente candado. Estos baleros deben colocarse siempre en el siguiente orden. Coloque cualquiera de los baleros lisos en la flecha de manera que la cara angosta y sin estampar entre a la flecha primero; en seguida se introduce el siguiente balero liso de la misma manera y finalmente colóquese el balero con candado en la flecha, de manera que la cara gruesa y estampada entre primero a la flecha.

Después de colocar los baleros de empuje en la flecha, de acuerdo con estas instrucciones, es necesario asegurarse de que ajustaron perfectamente contra el tope. Vuélvase a colocar la arandela de presión y la tuerca en la flecha cuando la tuerca este apretada, dóblase una orilla de la arandela dentro de la ranura de la tuerca, para que quede perfectamente fija. Coloque a continuación el balero radial en la flecha, empujándolo firmemente con una prensa hasta que tope. Compruebe que la laminilla levantadora de aceite esté firmemente asegurada a la flecha de la transmisión. Introduzca el conjunto de flecha y baleros dentro de la caja de la transmisión, hasta que quede en una posición tal que permita que ajusten correctamente las tapas de los baleros (el eje en las transmisiones B5 y ZT5 quedará fijo en su lugar automáticamente cuando el candado del balero de empuje exterior toque la ranura en la caja de la transmisión). Instale nuevos sellos de aceite en las tapas de los baleros si hay trazas de fuga de aceite. Vuelva a colocar ambas tapas de los baleros en la caja de la transmisión, deslizándolas sobre los extremos de la flecha con grandes precauciones, con el fin de evitar que los sellos de aceite sufran daños. Vuelva a llenar la transmisión de aceite.

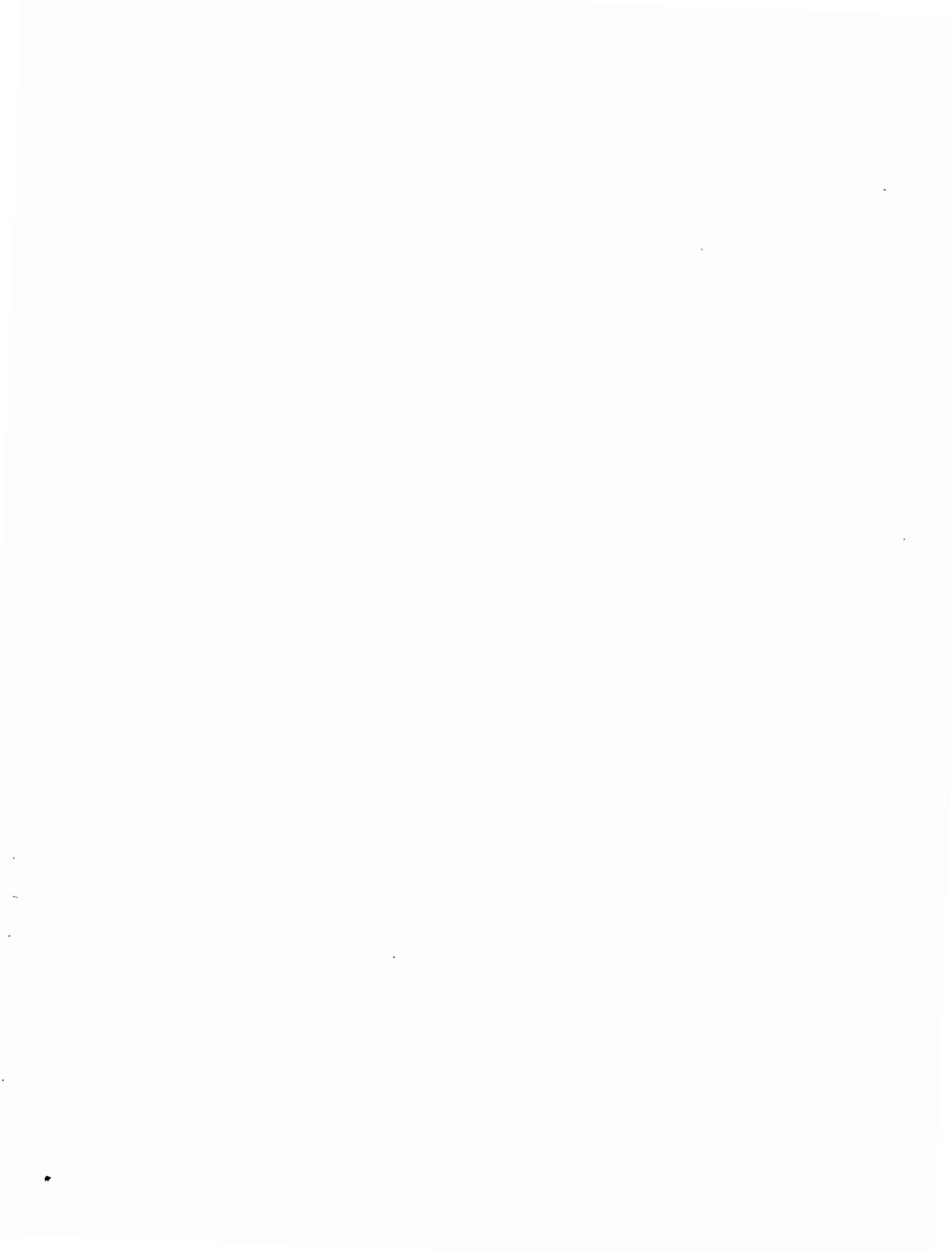
Al montar la bomba nuevamente sobre la transmisión compruebe que el deflector de hule este en su lugar, para que los baleros de la transmisión queden protegidos de cualquier fuga que se presente en la bomba.

PARTES DE REPUESTO

Siempre que se necesitan piezas de repuesto para la bomba y la transmisión, sírvanse dar el modelo, la letra de especificación y el número de serie del equipo. Esta información va estampada en la placa de identificación que se fija normalmente al soporte de la bomba únicamente y después de que ésta información nos haya sido facilitada podemos asegurarle, que las partes reemplazantes serán suministradas o surtidas correctamente.

REPARACION DE MOTORES ELECTRICOS, DE GASOLINA, ETC.

Los servicios de reparaciones y partes de repuesto para los motores se obtienen dirigiéndose a los concesionarios de los fabricantes de estos equipos. Nosotros suministraremos el nombre y dirección del concesionario más cercano si usted no puede localizarlo en la guía telefónica. Sírvase proporcionarnos en tal caso el modelo y la marca del motor de que se trate, de manera que podamos identificar al concesionario correcto.



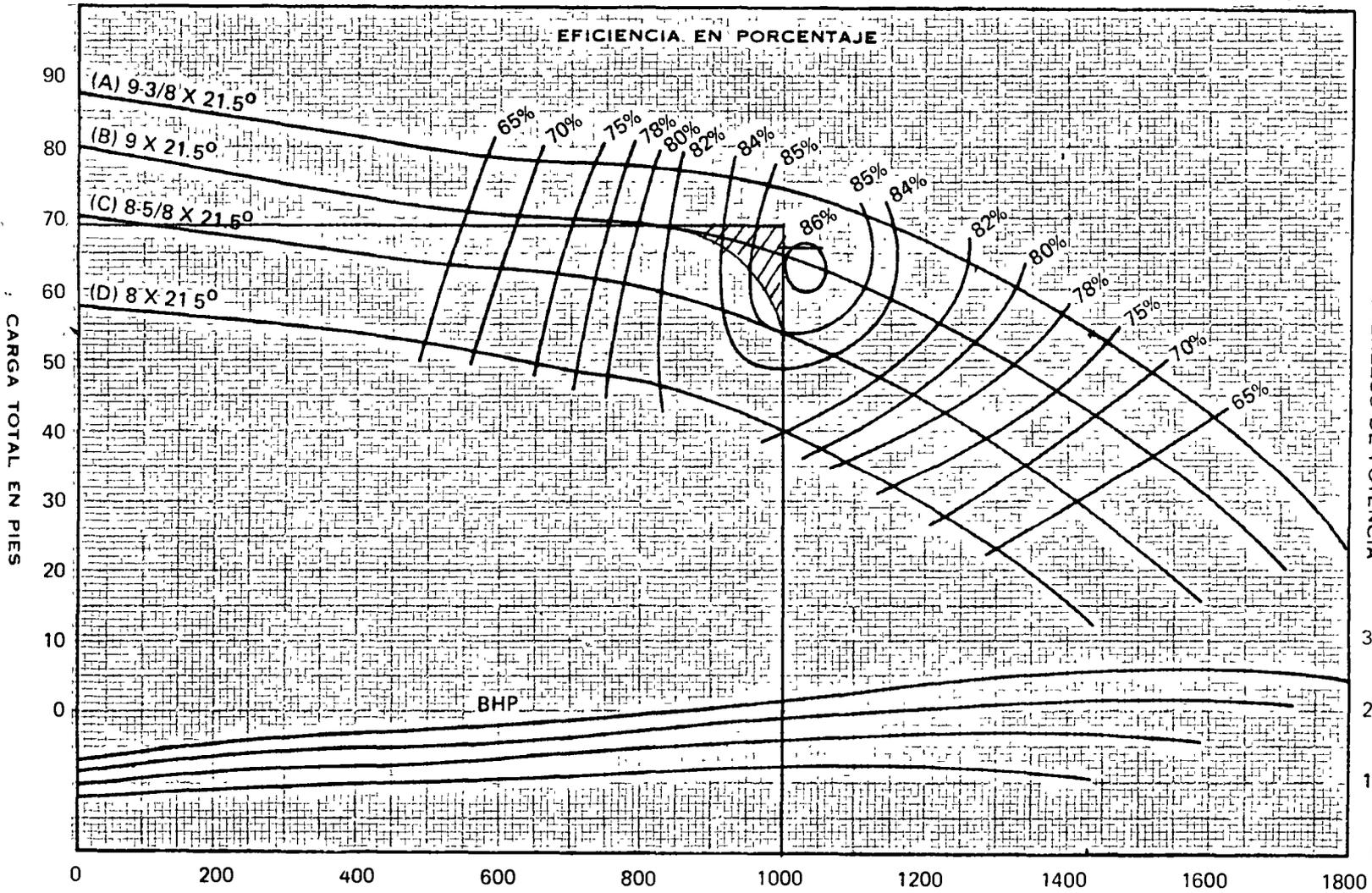
EMPUJE HIDRAULICO	PULG. CMS.	DIAMETRO DE FLECHA					
		1.9	2.54	3.01	3.81	4.28	4.92
LIBRAS		3/4	1	1 ³ / ₁₆	1-1/2	1 ¹¹ / ₁₆	1 ¹⁵ / ₁₆
500		.047	.026	.018	.012	.009	.007
500		.055	.032	.022	.014	.011	.008
800		.075	.042	.030	.019	.015	.011
1000		.094	.053	.037	.024	.019	.014
1200		.112	.063	.045	.028	.022	.017
1400		.131	.074	.052	.033	.026	.020
1600		.150	.084	.060	.038	.030	.022
1800		.169	.095	.067	.042	.033	.025
2000		.187	.105	.075	.047	.037	.028
2400		.225	.127	.090	.056	.044	.034
2800		.262	.148	.105	.066	.052	.039
3200			.169	.119	.073	.059	.045
3500			.190	.135	.085	.067	.051
4000			.211	.150	.094	.074	.056
4400			.240	.164	.103	.081	.062
4800			.253	.179	.113	.089	.067
5200			.274	.194	.122	.096	.073
5500				.209	.131	.107	.079
6000				.224	.141	.111	.084
6500				.243	.153	.120	.091
7000				.260	.164	.129	.098
7500					.176	.139	.105
8000					.188	.148	.112
9000					.211	.167	.126
10000					.234	.185	.140
12000					.281	.222	.168
14000						.259	.196
16000						.283	.224
18000							.252
20000							.280



JACUZZI-UNIVERSAL, S. A.
MONTERREY, N. L.

CURVA DE RENDIMIENTO PARA BOMBA TURBINA

12MS
SECCION
2120
DICIEMBRE
15 DE 1970



NUMERO DE TAZONES	CAMBIO DE EFICIENCIA
1	-3
2	-2
3	-1

El cambio de eficiencia puede afectar la carga y el cabalaje.

Diám Tazón 11 1/4 Plg.
Núm Tazón 2952 S.C.I
Núm Impulsor 2956.
BRONCE

Area del Ojo del Impulsor 20.1 Plg 2
Tipo Impulsor SEMI-ABIERTO
K = 12.5

RENDIMIENTO POR ETAPA	
Curva No	12M-18
RPM	1/60
Tazón	12MS

La eficiencia esta basada en el bombeo de agua limpia, a una temperatura que no exceda de 30°C (86°F) y que este libre de gas, aire o abrasivos, y con los impulsores ajustados apropiadamente y los tazones sumergidos

CABALLOS DE POTENCIA

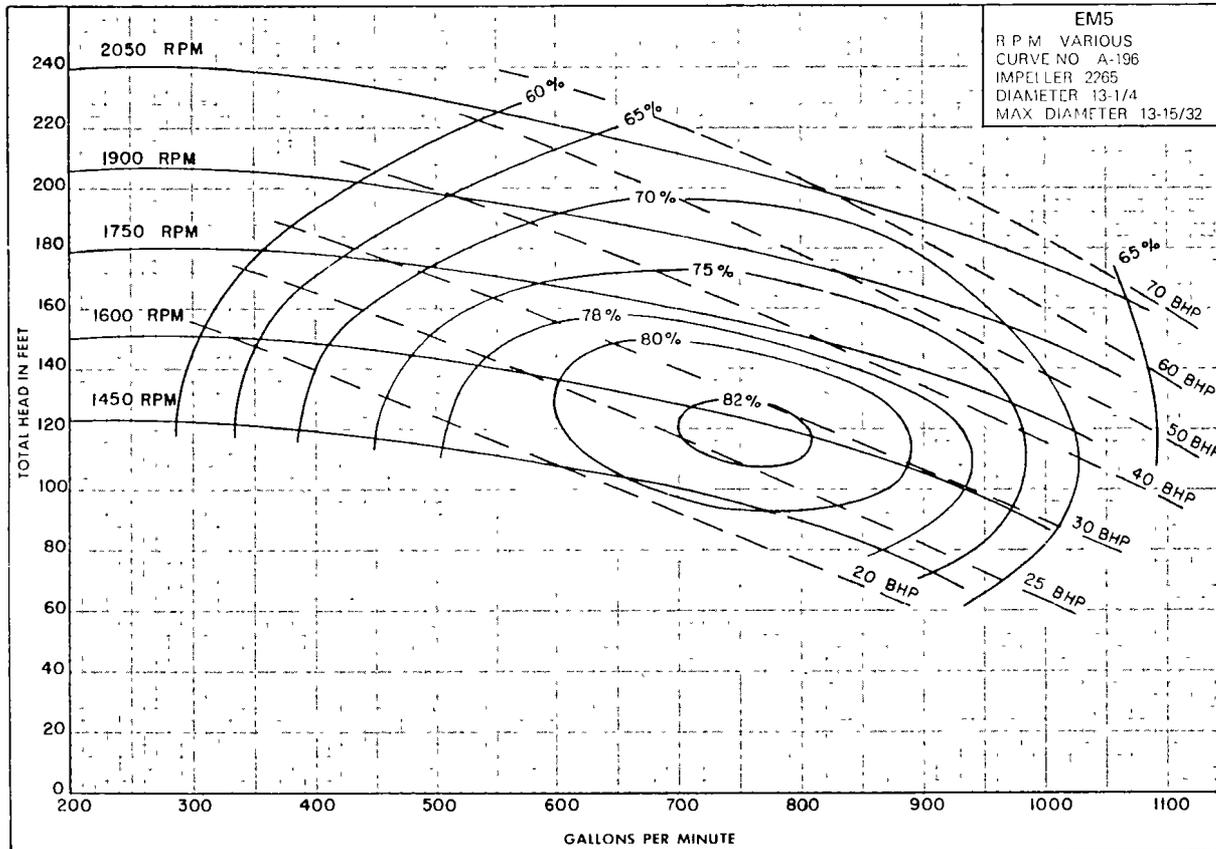
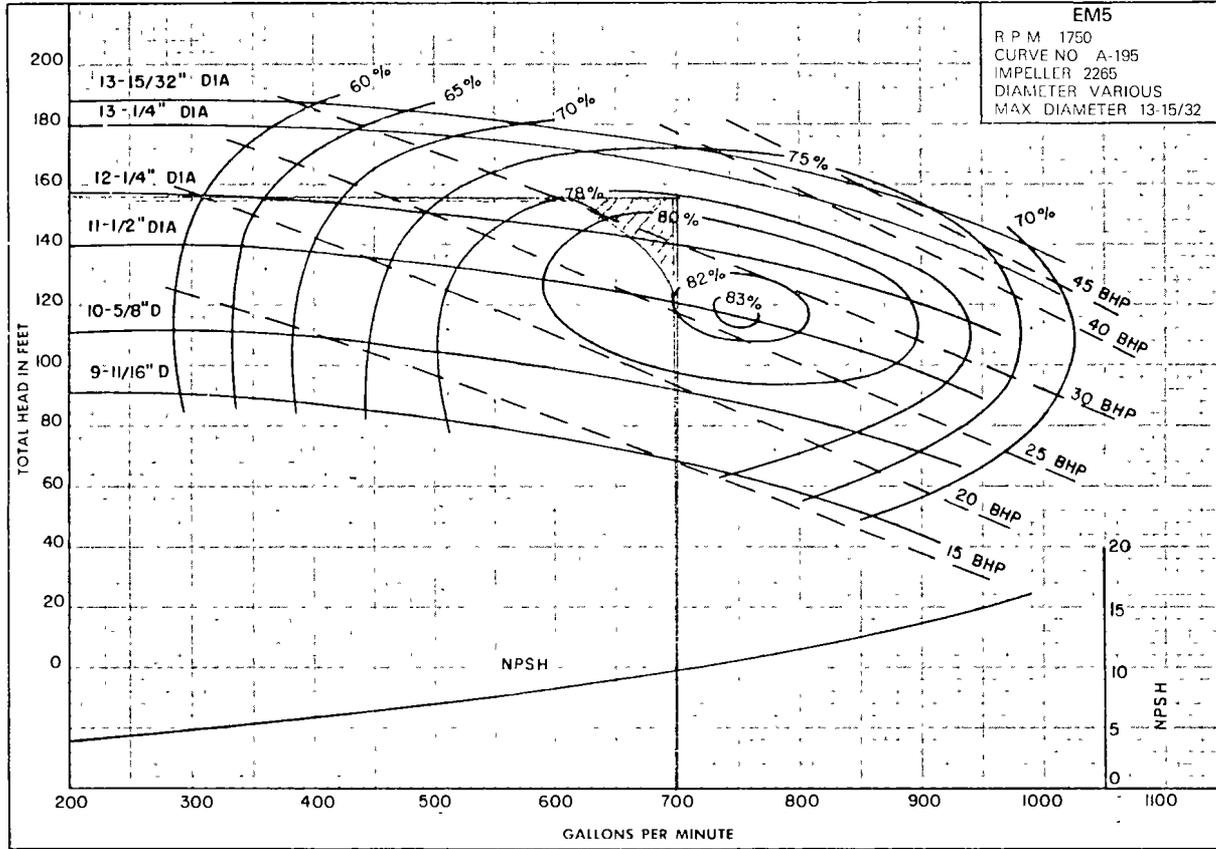
30
20
10
0

PARA CONVERTIR A METROS
MULTIPLIQUESE PIES X 0.305

PARA CONVERTIR A LTS /SEG
MULTIPLIQUESE GALONES-MIN X 0.6308

Model EM5

SINGLE-STAGE CENTRIFUGAL PUMPS



EJEMPLO DE SELECCION

POMPA CENTRIFUGA

Datos para selección:

Capacidad requerida = 700 gpm agua 80°F, SP.Gr = 1.0

Presión de descarga = 20 psi. (manom.)

Longitud de conducción = 400'

diámetro de tubo de conducción = 5"

Accesorios de conducción:

1 Válvula de compuerta 5" - 4.57'

2 Codos de 90° std.

Elevación de la descarga 30'

Elevación de succión : 10' Abierta

Diámetro de succión : 6"

Longitud de succión : 20'

Accesorios:

1 Válvula check - 39'

1 Codo de 90° - 15.3'

S O L U C I O N

$$\begin{aligned} PD &= PID + HD + PFD (LD) \quad ; \quad PFD = 15.1\% \text{ pg. 15} \\ &= (20+14.7) (2.31) + 30 + (400+4.57+12.2+12.2) (0.151) \\ &= 80.16 + 30 + 64.77 \quad = 174.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PS &= PIS - HE - PFS (LS) \quad ; \quad PFS = 6.21\% \text{ pg. 15} \\ &= (14.7) (2.31) - 10 - (20 + 15.3 + 39) (0.0621) \\ &= 33.96 - 10 - 4.61 \quad = 19.34' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CDT &= PD - PS = 174.93 - 19.34 = 155.59 \\ CDT &= 156' \end{aligned}$$

BOMBAS TURBINA

S E L E C C I O N

Datos de Afere

Nivel de Bombeo = 130'

capacidad = 1000 gpm.

Presión en la brida de descarga = 30 psi.

Se requiere lubricación por aceite y motor eléctrico,
diámetro de adena 1 1/2", Agua clara.

1) Cálculo de CDT

$$CDT = 130 + 30 (2.31) = 199.3'$$

$$\text{Considerando 3 pasos} \quad CDT/\text{paso} = 66.43'$$

2) 12MSZ-3 $n = 85\%$, $K = 12.5$ 1760 RPM.

$$BHP = \frac{(1000) (199.43)}{3960 (0.85)} = 59.21$$

$$E = 12.5 (199.3) = 2491.25$$

3) De la pg. 1 diámetro de flecha 1-3/16"

.. diámetro de cubierta 2"

$$BHPF = 0.9$$

4) De la pg. 7 Columna modelo 8 x 2 x 1-3/16

$$PC = 3.2\% - \text{pg. 7}$$

$$LC = 140'$$

Cabezal de descarga de 8 x 8

$$PF = 3.8 \text{ Lb/pie} - \text{pg. 11}$$

$$PCD = 0.48' - \text{pg. 9}$$

$$\begin{aligned} \text{CDTF} &= 130 + (30)(2.31) + (0.032)(140) + 0.48 \\ \text{CDTF} &= 204.26 \end{aligned}$$

$$CDTf/\text{paso} = 68.09 = 62' : \text{ef} = 84.5\%$$

$$\begin{aligned} \text{BHPF} &= \frac{(1000)(207)}{3960 (0.845)} + 0.9 = 62.76 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{EHT} = (207)(12.5) + (3.8)(140) + (12)(3)(2.204) = 3198.84$$

$$\text{EFT} = 3200\# \text{ H}$$

$$\text{EHT max.} = (84)(3)(12.5) + 3.8(140) + 12(3)(2.204)$$

$$\text{EHT max.} = 3761.34 = 3800 \#$$

$$e = (0.150)(140)/100 = 0.210"$$

$$\text{de la pg. 10 } e \text{ max.} = 0.750"$$

.. La selección es correcta

RESUMEN :

Cuerpo de cascadas modelo	12MSZ-3
14 Tramos de columna modelo	8 x 2 x 1-3/16 x 10"
Cabezal de descarga modelo	8 x 8 x 16-1/2 (8C)
Motor eléctrico de	75 HP., 4 polos, VFE, APG., 220 V.
Tubo de succión	8 x 5 RAE
Colador cónico	54c-8c
Flecha motriz completa de	1-3/16
Tubo de descarga modelo	8 x 10 RUE
Prelubricador para	220 V.

$$\text{CWPSD} = 19.34 - (0.51) (2.31) = 18.16$$

De la curva característica adjunta

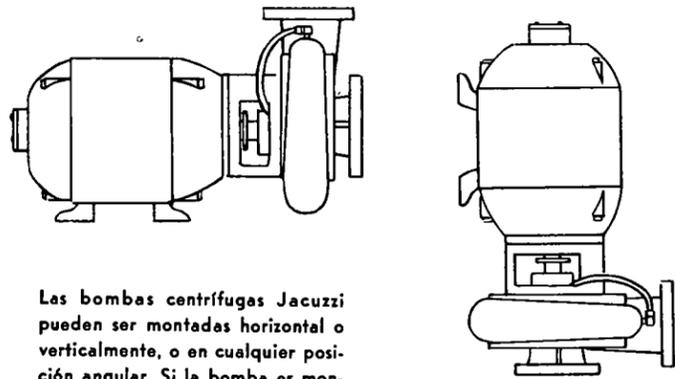
$$n = 78 \% \text{ velocidad } 1750 \text{ RPM}$$

$$\text{CWPBR} \rightarrow \text{MPSH} = 9.8' \quad \text{CWPSE} = 18.16'$$

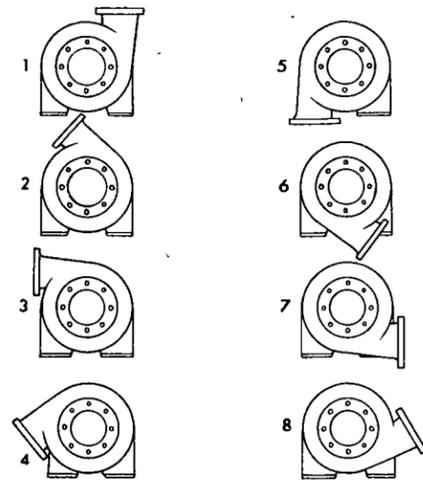
$$\text{BEP} = \frac{(700) (156)}{3960 (0.78)} = 35.35 \text{ HP.} \quad \dots \text{ La selección es correcta}$$

Bomba Modelo : RM5 con motor de 40 HP., 4 polos,
operación: 156' con 700 gpm. operando a
1750 RPM.

INSTALACION SENCILLA



Las bombas centrífugas Jacuzzi pueden ser montadas horizontal o verticalmente, o en cualquier posición angular. Si la bomba es montada verticalmente, es necesario colocarla con el motor arriba.



La salida de descarga de las bombas Jacuzzi Series E, F, y G puede colocarse en cualquiera de las posiciones de arriba. Las bombas son embarcadas con la descarga en la posición No. 1, a menos de especificación contraria.

COPE FLEXIBLE

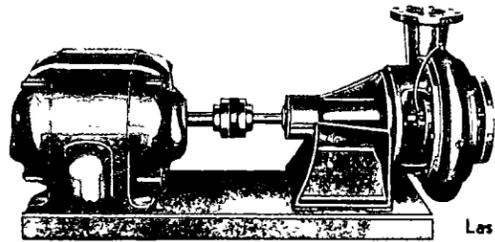


Fig. 6

Las bombas pueden ser impulsadas por motor eléctrico (Fig. 6) o por motor de gasolina (Fig. 7) por medio de cople flexible. Las bombas están disponibles con o sin base, cople o motor. La operación a velocidades variables permite mayor flexibilidad en cuanto a rendimientos.

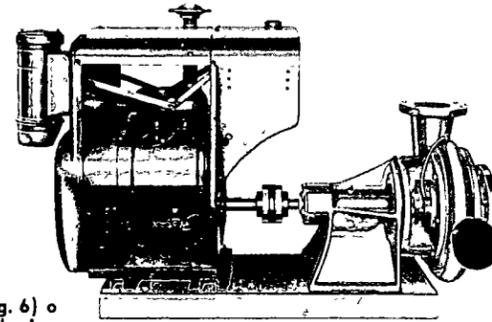


Fig. 7

DIRECTAMENTE ACOPLADAS

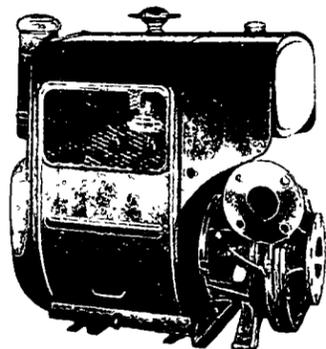


Fig. 8

Además de las bombas centrífugas directamente acopladas a motores eléctricos que se encuentran ilustradas en las Figuras 1 y 2, las bombas centrífugas Series E y F pueden adquirirse directamente acopladas a motores de gasolina de la más alta calidad, de marca estándar mundialmente conocidos. Dos tamaños de bombas directamente acopladas a motores de gasolina están representadas en las Figuras 8 y 9. Bombas directamente acopladas a motores de gasolina pueden adquirirse con o sin base.

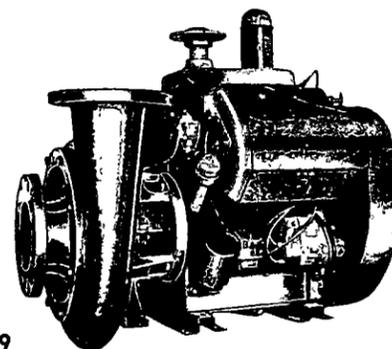


Fig. 9

DISTRIBUIDA POR

JACUZZI UNIVERSAL, S. A.

APDO POSTAL 1537 TEL 46-30-00 con Ocho Líneas MONTERREY N. L., MEXICO

OFICINAS EN

RODANO Y ATOYAC
TELEFONO 5-53-66-88
MEXICO 5, D F

CORONA Y GRAL AHUMADA
TELS 14-50-61 Y 14-94-09
GUADALAJARA, JALISCO

VERACRUZ 255 - 257
TELEFONO 4-05-56
HERMOSILLO, SON

ABASOLO NUM 669
TELS 2-06-47 Y 2-16-47
LA PAZ, B C

IMP PLATA, S. A. - Monterrey, N. L.

BOLETIN NO JWCC-5-1

IMPULSADAS POR MOTOR ELECTRICO, DE GASOLINA O POR BANDA

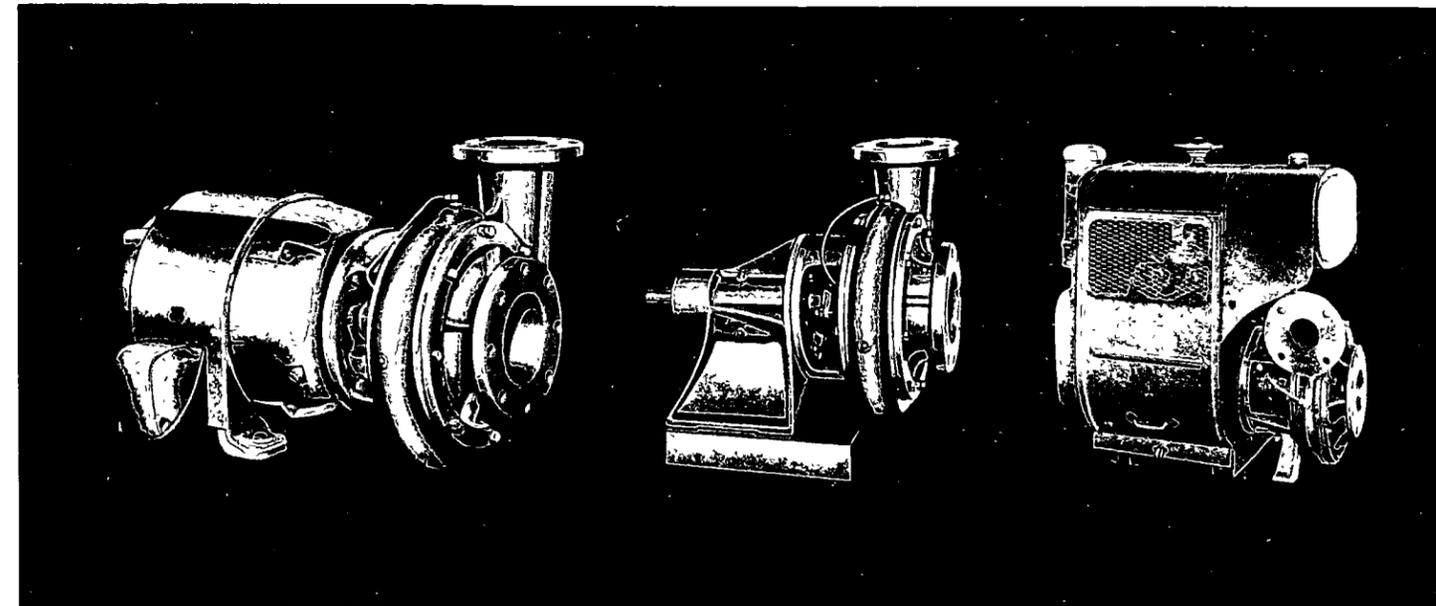


Jacuzzi

BOMBAS CENTRIFUGAS

PARA APLICACIONES GENERALES

SERIES E, F, G



PARA SERVICIO INDUSTRIAL • IRRIGACION POR ASPERSION • USOS AGRICOLAS

¡Sea Exigente!
¡Compre Jacuzzi!



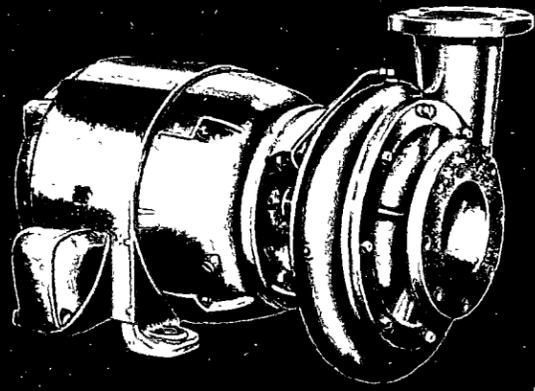


Fig. 1

Jacuzzi

BOMBAS CENTRIFUGAS DE UN IMPULSOR, SUCCION TERMINAL

**Diseño estructural perfeccionado para uso duradero • Mas alta eficiencia general de bombeo
Mas amplia variedad de capacidades y alturas • Costo inicial y de operacion mas bajo**

Las bombas Jacuzzi centrífugas de un impulsor, Series E, F, y G, son apropiadas especialmente para irrigación por aniego o por aspersión, y también son ideales para una amplia variedad de aplicaciones industriales. Pueden ser impulsadas por motores eléctricos directamente acoplados, por banda plana o en "V" o por motor eléctrico o a gasolina por medio de cople flexible. Estas unidades de bombeo, de diseño ingenioso y de construcción robusta, incorporan todas las características necesarias para hacer de ellas el mejor equipo de bombeo. Son construidas para durar, requiriendo el mínimo de atención. Cada parte componente es elaborada del más fino material para el servicio requerido.

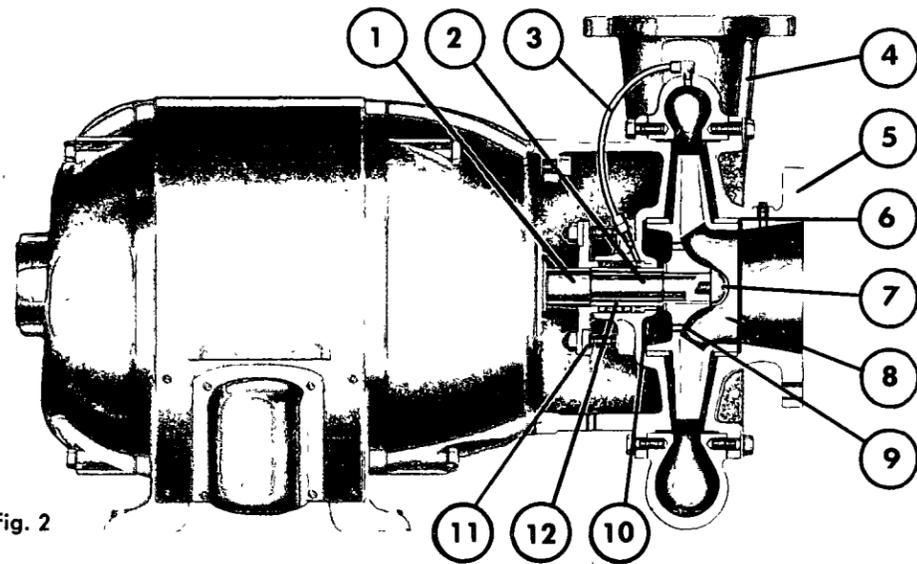


Fig. 2

1. El eje es de acero al carbón de alta calidad y está protegido a través del prensaestopa por un manguito de acero inoxidable.
2. El eje de la moto-bomba construida de una sola pieza asegura el alineamiento perfecto de las partes en rotación.
3. El anillo acanalado está sellado líquidamente por un tubo de cobre a la caja espiral.
4. La caja espiral es pesada, fuerte y de division verticalmente.
5. Las aberturas de succión y descarga son construidas para conexión con bridas.
6. La caja incorpora anillos de desgaste reemplazable de bronce pesado.
7. El impulsor está acunado al eje y asegurado con tornillo inaflojable de acero inoxidable.
8. El impulsor balanceado es de hierro vaciado de grano fino y porcelanizado para el máximo de eficiencia.
9. En el centro del impulsor van taladrados agujeros balanceadores para lograr el equilibrio hidráulico, limitar la carga de empuje y reducir la presión sobre el empaque.
10. El prensaestopa incluye un reductor de presión y anillo acanalado.
11. El casquillo del prensaestopa es del tipo dividido desmontable, que permite más espacio para trabajar con el empaque de la bomba.
12. El manguito es reemplazable y está acunado al eje del motor.

BOMBAS CON CABEZAL DE TRANSMISION

**PARA IMPULSION POR BANDA O ACOPLAMIENTO CON
COPLÉ FLEXIBLE A MOTOR ELECTRICO O DE GASOLINA**

Las bombas Jacuzzi Series E, F, y G, están disponibles con cabezal de transmisión tipo fuera de bordo para servicio pesado (Fig. 3).

La bomba con cabezal de transmisión puede convertirse posteriormente en equipo con motor eléctrico (Fig. 1) directamente acoplado, retirando el cabezal y reemplazandolo con un motor eléctrico de eje extendido y de potencia adecuada.

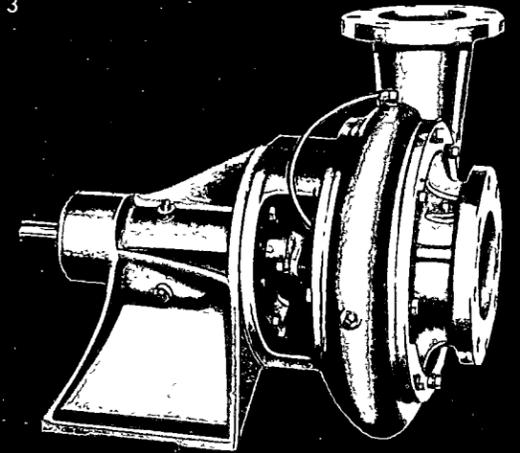


Fig. 3

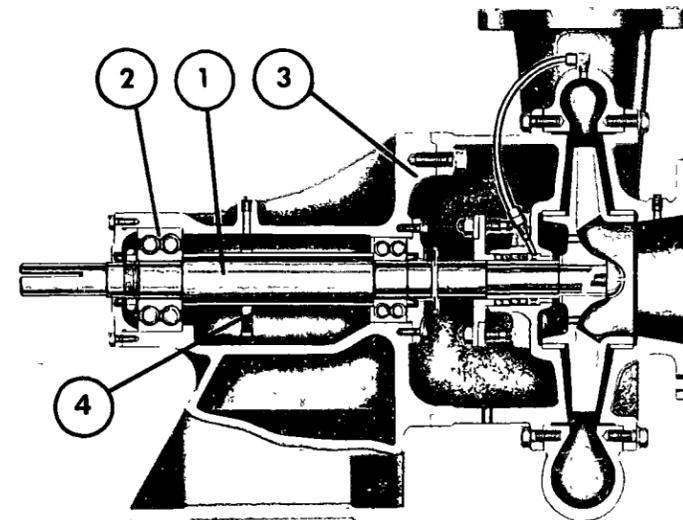


Fig. 4

1. El eje de transmisión está construido de una sola pieza asegurando el alineamiento perfecto de todas las partes en rotación. El eje está protegido a través del prensaestopa por un manguito de acero inoxidable.

2. El eje de transmisión está soportado por dos cojinetes de bolas dobles, capaces de absorber totalmente las cargas radiales y de empuje en cualquier dirección. El amplio espaciado de los cojinetes reduce las cargas radiales en aplicaciones de impulsión por banda.

3. La caja de transmisión está hecha de hierro vaciado de grano fino de alta calidad que ha sido tratado al calor antes del maquinado. Las juntas de encaje entre la transmisión y la bomba aseguran un alineamiento perfecto para operación sin vibración.

4. Los cojinetes de bolas de la transmisión son lubricados por aceite, con un baño de aceite continuo asegurado por uso de un anillo salpicador. Las cubiertas externas de los cojinetes están provistas de sellos a prueba de aceite y polvo.

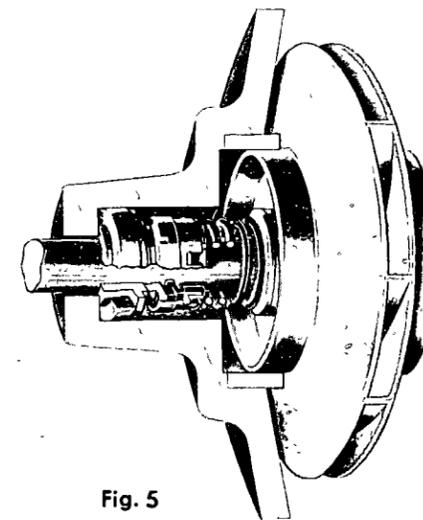
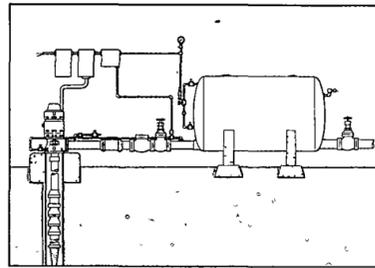


Fig. 5

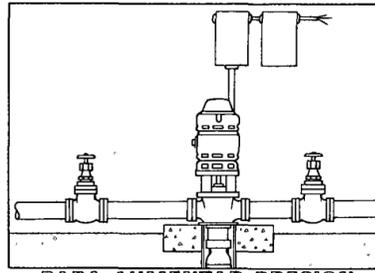
BOMBAS CENTRIFUGAS DISPONIBLES CON SELLO MECANICO

El usuario tiene la alternativa entre el prensaestopa o el sello mecánico. El prensaestopa es un equipo normal (estándar) en las bombas centrífugas Series E, F y G. El sello mecánico, representado en la vista seccionada a la izquierda (Fig. 5), se recomienda especialmente para aplicaciones industriales. Los sellos mecánicos pueden utilizarse para bombear agua o líquidos especiales. En cuyo caso, es aconsejable consultar a la Fábrica.

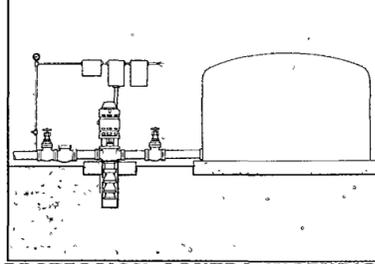
INSTALACIONES TÍPICAS



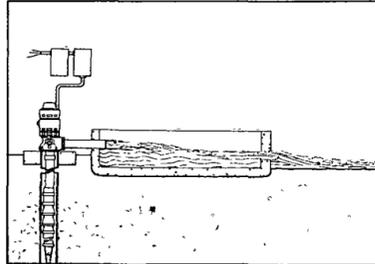
SISTEMAS DE PRESION



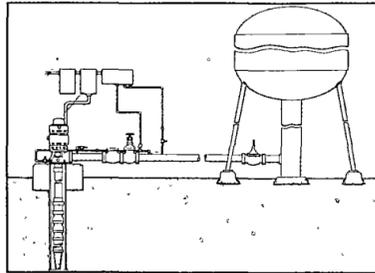
PARA AUMENTAR PRESION



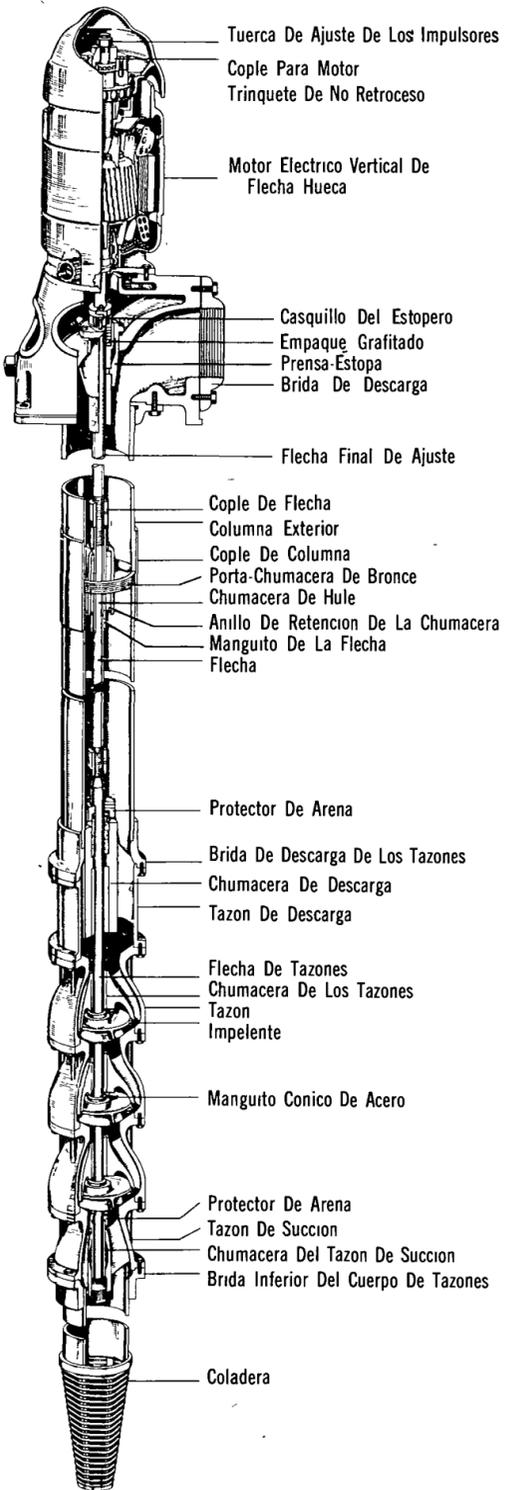
PROTECCION CONTRA INCENDIOS



IRRIGACION



PARA SUMINISTRO INDUSTRIAL Y MUNICIPAL



Tuerca De Ajuste De Los Impulsores
Cople Para Motor
Trinquete De No Retroceso

Motor Electrico Vertical De Flecha Hueca

Casquillo Del Estopero
Empaque Grafitado
Prensa-Estopa
Brida De Descarga

Flecha Final De Ajuste

Cople De Flecha
Columna Exterior
Cople De Columna
Porta-Chumacera De Bronce
Chumacera De Hule
Anillo De Retencion De La Chumacera
Manguito De La Flecha
Flecha

Protector De Arena

Brida De Descarga De Los Tazones
Chumacera De Descarga
Tazon De Descarga

Flecha De Tazones
Chumacera De Los Tazones
Tazon
Impelente

Manguito Conico De Acero

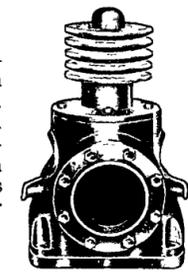
Protector De Arena
Tazon De Succion
Chumacera Del Tazon De Succion
Brida Inferior Del Cuerpo De Tazones

Coladera



POLEA RANURADA

Los cabezales Jacuzzi de polea ranurada están contruidos en forma compacta para utilizar en su operación bandas V. Mecánicamente los cabezales de polea plana y los de polea ranurada son idénticos. Sin embargo, los cabezales de polea ranurada, permiten instalar el motor más cerca de la bomba, lo que es preferido por gran cantidad de usuarios.



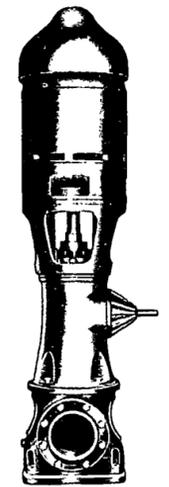
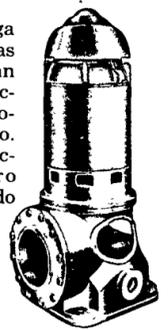
POLEA PLANA

Los cabezales Jacuzzi de polea plana pueden ser accionados con motores eléctricos, de gasolina, diesel, ó con la toma de fuerza de un tractor.



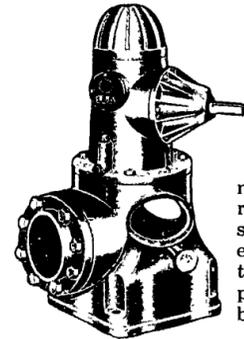
COMBINACION

Cabezales de descarga combinados para propulsión eléctrica y para cabezal engranado son recomendados cuando se requiera fuerza auxiliar para proveer un servicio ininterrumpido en caso de una falla de la fuerza eléctrica.



MOTOR ELECTRICO

Los cabezales de descarga Jacuzzi para las bombas turbinas JACUZZI, van provistos con motores eléctricos de las marcas nacionales de mayor prestigio. Estas unidades son aplicables a cualquier otro tipo de propulsión ilustrado en esta página.



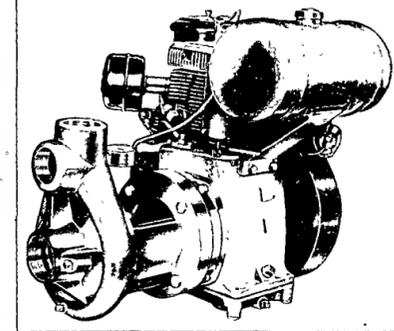
CABEZAL ENGRANADO

Para propulsión directamente acoplados a motores de gasolina ó diesel, se proporcionan cabezales engranados Jacuzzi. Estos también pueden ser empleados para operación en banda plana ó V.

Bomba inyectora "Jacuzzi" para pozos profundos

La moderna y nueva Bomba Inyectora "JACUZZI" para pozos profundos y norias, es la Bomba preferida para casa campo y fábrica, porque substituye amplia y eficazmente a los arcaicos e inseguros sistemas de bombeo. La Bomba Inyectoras "JACUZZI" son famosas mundialmente como la más económica, más eficiente más segura que puede adquirirse. La Bomba Inyectora "JACUZZI" es el sistema de bombeo más moderno para succionar agua de pozos profundos, con la gran ventaja adicional, de que su Bomba se instala donde debe, ó sea, encima de su pozo o noria!

La Bomba Inyectora "JACUZZI" es capaz de bombear hasta profundidades de 61 mts. (200 pies), pudiendo proporcionar más de 24,000 Lts/hora. Esta Bomba tiene orificios de descarga de 2.54 cms. (1") y 5.08 cms (2"), y el Inyector puede colocarse en pozos reducidos desde 9.5 cms. Esta Bomba se puede adquirir acoplada a prestigiadas marcas de motores eléctricos en tamaños desde 1/3 hasta 75 C. de F. y motores de combustión desde 25 hasta 5 C de F También se puede surtir acoplada a transmisión.



Fabricantes de BOMBAS PARA AGUA, EQUIPOS PARA ALBERCA Y COMPRESORES DE AIRE ENFRIADOS POR AIRE Y ENFRIADOS POR AGUA

DISTRIBUIDO POR: JACUZZI UNIVERSAL, S. A.

APDO POSTAL 1537 TEL 46-30-00 con Ocho Líneas MONTERREY N L, MEXICO

OFICINAS EN

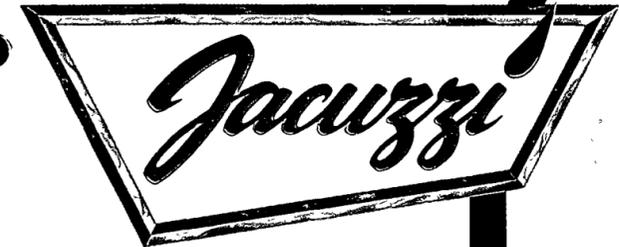
RODANO Y ATOYAC
TELEFONO 5-53-66-88
MEXICO S. D F

CORONA Y GRAL AHUMADA
TELS 14-50-61 Y 14-94-09
GUADALAJARA, JALISCO

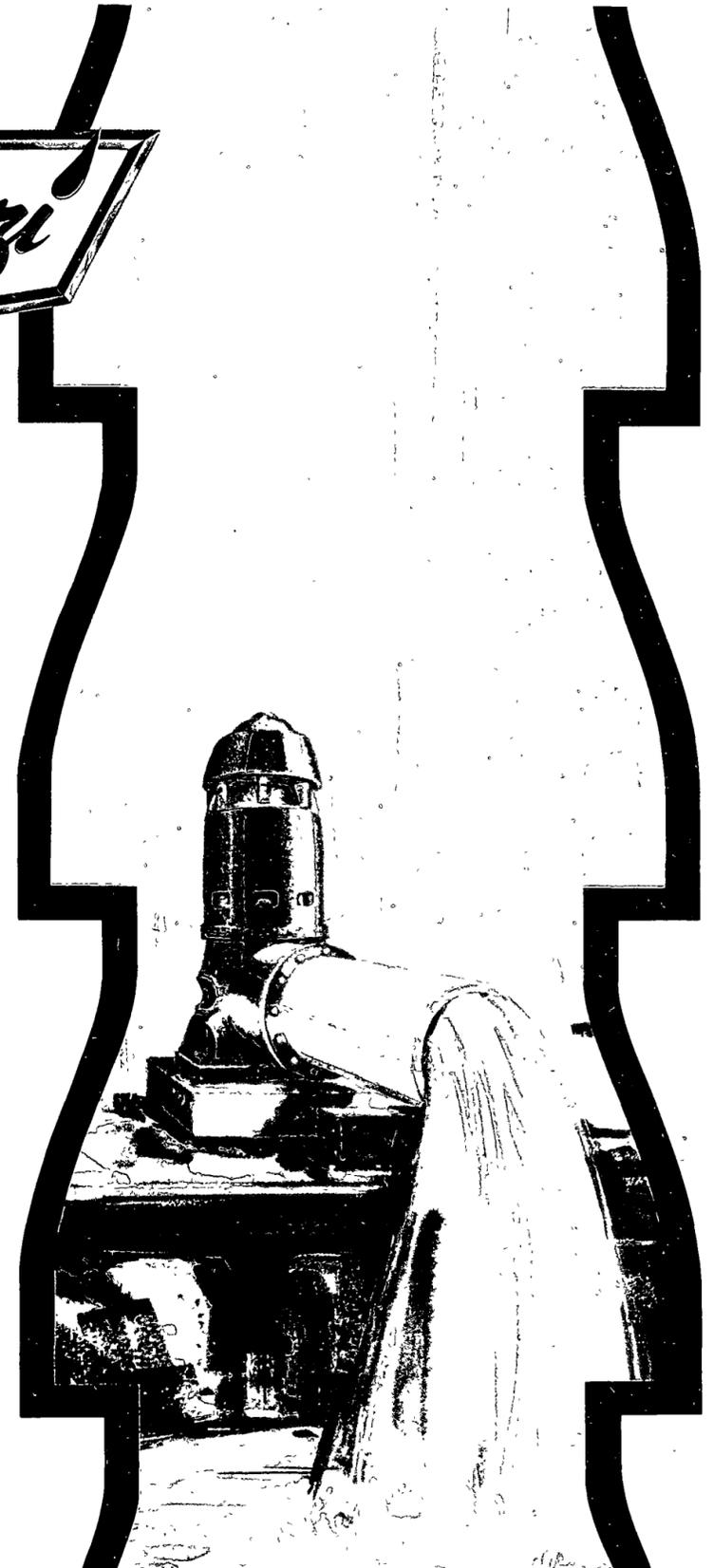
VERACRUZ 255 - 257
TELEFONO 4-05-56
HERMOSILLO, SON

ABASOLO NUM 669
TELS 2-06-47 Y 2-16-47
LA PAZ, B C

IMP PLATA, S. A. - Monterrey, N L



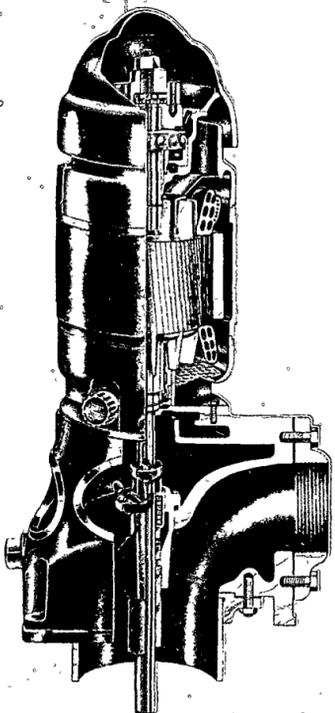
BOMBAS TURBINAS





BOMBAS TURBINAS PARA POZOS PROFUNDOS

LUBRICADA POR AGUA

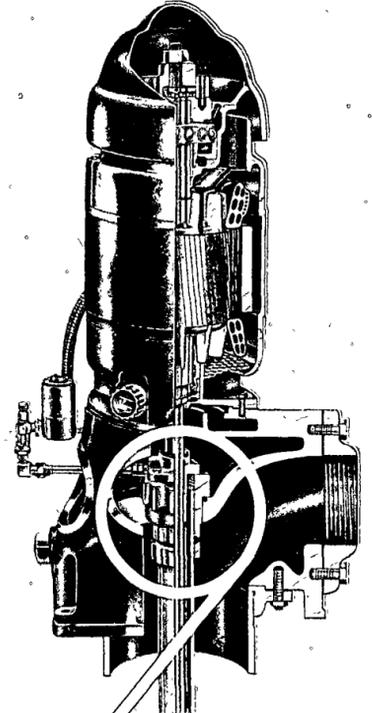


Eficiente y Seguro Servicio de Agua Para ... AGRICULTURA, INDUSTRIA Y MUNICIPIOS

Hay infinidad de razones por las cuales las Bombas Turbinas "JACUZZI" son inigualables en calidad, rendimiento, eficiencia y dignas de confianza. He aquí algunas de ellas:

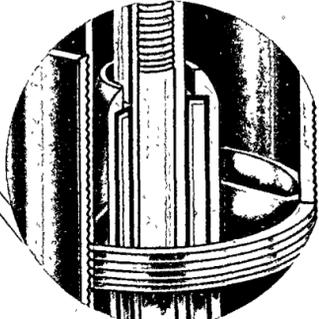
- El Tazón está caracterizado por su diseño de flujo mixto para acoplarse perfectamente al Impelente, obteniendo como resultado el máximo rango de eficiencia de bombeo. Su singular configuración también lo hace producir un caudal guiado perfectamente que reduce los efectos destructores de materias abrasivas en el interior del Tazón.
- La Flecha de Acero Inoxidable está esmerilada, pulida y enderezada a precisión proporcionando así tolerancias que son cuando menos una y media veces mayores que lo requerido por los standards de la Industria de Bombas. El cuidado especial aplicado en el proceso de las Flechas, les garantiza un perfecto alineamiento aún bajo las máximas cargas de torsión.
- Los Tazones están fundidos con la especialísima aleación de fierro "JACUZZI XJ-2" a grano cerrado, y acabados con un pulido a espejo con el fin de reducir las pérdidas por fricción a un mínimo absoluto, lo cual les garantiza para su mejor servicio, un producto de la más alta calidad.
- El alineamiento y el balanceo están asegurados porque cada componente como Tazones, Impulsores, Chumaceras, Flechas, etc., están fabricados para ser completamente uniformes en tamaños, configuración, peso, esfuerzo y tolerancia.

LUBRICADA POR ACEITE



TURBINAS LUBRICADAS POR ACEITE

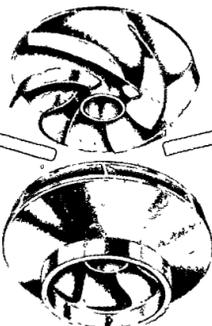
El cabezal de descarga de la Turbina Lubricada por Aceite, incluye una tuerca de tensión extra grande, para servicio pesado, provista con un sello de hule y contra-tuerca. La chumacera de la tuerca de tensión, incluye un sello contra polvo para evitar que materias extrañas penetren en la cubierta y dañen las chumaceras de la flecha. Para mayor protección de la cubierta interior, un "rompe-presión" en la última etapa de el cuerpo de tazones (donde la presión es mayor), evita que el agua a alta presión penetre en la cubierta interior. Este novísimo "extra" JACUZZI, va en lugar del convencional empaque grafitado. Para reducir la vibración y esfuerzo, la cubierta lubricada por aceite está especialmente maquinada para asegurar el óptimo alineamiento de las chumaceras.



TURBINAS LUBRICADAS POR AGUA

Las flechas usadas en las Turbinas Lubricadas por Agua están sostenidas a intervalos de 10 pies por chumaceras de bronce en cuyo interior van insertadas chumaceras de hule ranuradas.

Perfecta concentricidad y alineamiento están asegurados por que la portachumacera que centra, está roscada dentro del cople de la columna exterior. Dentro de cada chumacera, un manguito de acero inoxidable proporciona una superficie de operación non-corrosivo. Debido a que el manguito va roscado sobre la flecha y asegurado en su lugar por el cople de la flecha, es fácilmente reemplazable en el campo. Las Bombas Turbinas Lubricadas por Agua incluyen también estopero de fierro con chumacera removible y prensa-estopa de bronce.



IMPULSORES DE BRONCE

Las Bombas Turbinas "JACUZZI" son disponibles con impulsores de bronce, ya sean semi-abiertos o cerrados. Ambos tipos son maquinados a precisión y posteriormente pulidos, así como balanceados cuidadosamente para asegurar una operación libre de vibraciones. Cada impelente, cuando es ensamblado está asegurado a la flecha de la bomba por medio de un manguito cónico de acero inoxidable.

EXCLUSIVA! TAZONES LUBRICADOS POR GRASA

Eliminan
problemas de calcita

Los tazones lubricados por grasa, patente Jacuzzi, fueron desarrollados para usarse en pozos donde la acumulación de calcita (CaCO₃) provoca frecuentes sustituciones de cuerpos de tazones.

Los exclusivos tazones lubricados por grasa Jacuzzi, disponibles a un costo extra, aíslan y lubrican la superficie de las chumaceras, previniendo la formación de calcita lo que puede provocar que la flecha se trinque.

Ya que las chumaceras no dependen del agua para lubricarse, los tazones lubricados por grasa son también insustituibles en instalaciones donde existen problemas provocados por la arena.

