

# SISTEMA ORIGINAL DE LIMPIEZA DE LOS ATERRAMIENTOS DE LOS PANTANOS POR DRAGADO HIDRAULICO, CON DISGREGADOR MECANICO

Por JOSE BRAVO SUAREZ  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Con la gran experiencia de los dragados que ha realizado en los puertos, desarrolla el autor de este estudio un original sistema para retirar de los pantanos sus fangos y los aterramientos mediante un dragado hidráulico, con previa desagregación mecánica, aprovechando el propio desnivel del embalse para lograr, con sencillez y original regulación, la velocidad óptima del agua que ha de diluir, emulsionar y transportar los aterramientos fuera del embalse.*

**Generalidades.**— Los ríos españoles, que “llevan más piedras y fango que agua” (1), arrastran a los embalses un caudal sólido importante, que en un 75 por 100 se sedimenta en el vaso, cuya capacidad útil va siendo mermada y disminuye rápidamente hasta llegar a su aterramiento total, como ya ha ocurrido en los pantanos de Almansa, Tíbi, Elche, Mención Valdeinfierno, Almoracid y otros, estimándose que el 65 por 100 de los embalses españoles (cuyo número total asciende hoy a 150 y que en breve se elevará a 240), habrán de tener menos de cien años de vida. El volumen específico de los sedimentos, por kilómetro cuadrado de cuenca receptora, es variable de una región a otra según la naturaleza del suelo, la topografía y la vegetación que la proteja; en la misma cuenca es asimismo variable con la torrencialidad de la lluvia, habiéndose llegado a medir en el pantano de Puentes (río Vélez, Lichana y Turrillo), para los riegos de Lorca, arrastres sólidos máximos hasta del 20 por 100 del volumen del agua en las avenidas y sedimentos específicos de más de 500 metros cúbicos por kilómetro cuadrado de cuenca y año, siendo frecuente en las cuencas áridas sedimentos específicos de 200 y 300 metros cúbicos por kilómetro cuadrado y año. En el pantano, en estudio, de Almanzora (Almería), los sedimentos se estima que alcanzarán un valor específico medio de 900 metros cúbicos por kilómetro cuadrado, que el vaso de 138 Hm.<sup>3</sup> quedará totalmente atorado en noventa años, y que por pozos y galerías filtrantes, previamente dispuestos, se podrán obtener 35 Hm.<sup>3</sup> de agua por año, o sea un 25 por 100, del drenaje de tales aterramientos.

En el pantano de Puentes, en el año 1929, excepcionalmente torrencial, los lodos y tarquines alcanzaron 18 metros de altura, y por limpiezas periódicas, dejando el pantano en seco y arrojando agua por las diferentes tomas de un canal de circunvalación, so-

bre los sedimentos, se ha llegado a evacuar por los desagües de fondo, unos 20.000.000 de metros cúbicos en trece años, pero a costa de dejar el pantano en seco, lo que no siempre es posible, y de perder hasta el 45 por 100 de su cabida de agua.

En el caso más general de no poder dejar el pantano totalmente en seco (pantanos de regulación interanual, hiperembalses, etc.) el efecto de limpia que se ha pretendido obtener con descargas por las compuertas de fondo, instaladas en las presas a otros efectos, es bien sabido que resulta insignificante, pues la velocidad del agua y el subsiguiente efecto de arrastre de las partículas sólidas disminuye rapidísimamente y se anula a los pocos metros de distancia del desagüe de fondo por muy grande que éste sea. Así, por ejemplo, en una presa de 50 metros de altura, un desagüe de fondo de 4 metros cuadrados de sección apenas produce arrastre sólido a los 5,50 m de distancia del paramento, y en la práctica es solamente un cono con paredes a 30 grados, el volumen de sedimentos que resulta evacuado. En los cálculos que figuran en el anejo núm. 1 se obtiene que la distancia  $l$  a la que deja de ser sensible el efecto de limpia o de arrastre por un desagüe de fondo de sección  $s$  es aproximadamente:

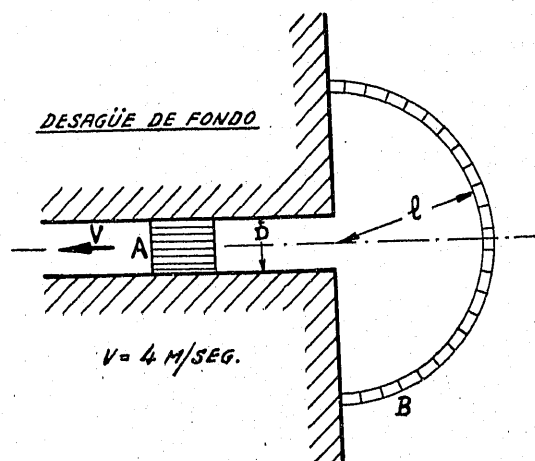
$$l = \sqrt[2]{\frac{\text{sección} \times 3,4}{\pi}} \sqrt[4]{H}.$$

Para aumentar la vida de los embalses se llevan a cabo costosísimas repoblaciones forestales, correcciones de torrentes, fijaciones de márgenes y otros trabajos para reducir la erosión y la sedimentación, pero el problema de alejar los sedimentos ya formado y de alguna consolidación, no se ha podido resolver de modo satisfactorio sino para pequeñas zonas inmediatas a las compuertas, o desagües de la presa, mediante la desagregación previa por aire comprimido,

(1) Según conocida expresión clásica.

o chorro de agua a presión, y el ulterior bombeo de los flúidos o fangos ligeros así formados.

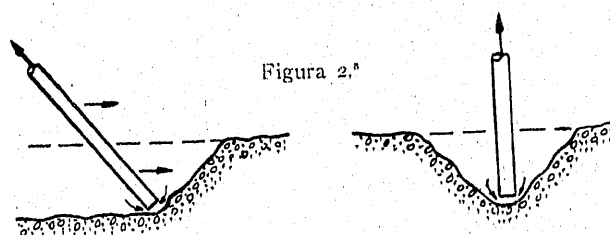
**Fundamentos del sistema de retirar los aterramientos por aspiración y transporte hidráulico, previa disgregación mecánica.** — Cuanto se ha dicho de la escasísima eficacia de las compuertas de fondo para arrastrar partículas sólidas, cabe repetirlo a los débiles efectos de arrastre que se obtienen



en la boca o extremo de una tubería aspiradora, o dragadora, de diámetro  $D$  con velocidad de circulación de agua de 4 metros por segundo que permite el fácil transporte y la aspiración de materiales gruesos. La distancia  $L$  a la cual la velocidad de agua se reduce a 0,50 metros por segundo, sin efecto de arrastre de partículas sólidas, resulta de igualar los caudales en  $A$  y  $B$ .

$$\frac{4 \cdot \pi \cdot D^2}{4} = 2 \cdot \pi \cdot 1^2 \cdot 0,5; \quad 1 = D.$$

Es decir, que a una distancia de la boca igual al diámetro de la tubería dragadora dejará de ser apreciable el arrastre de partículas sólidas.



Así lo hemos comprobado reiteradamente en la práctica en los trabajos de dragados en los puertos, con dragas de aspiración, y en los elevadores-impulsores hidráulicos que solamente succionan con rendimientos aceptables en terrenos muy sueltos, arenas gruesas y medias, limpias, no apelmazadas, cuando el

tubo ha logrado abrir un cono (fig. 2.ª) en el terreno a dragar y se le hace avanzar continua y progresivamente hacia el frente de ataque, abriendo un extenso y profundo surco, desapareciendo el efecto de aspiración y de arrastre en los terrenos de arenas muy finas, en los arcillosos y en todos los de alguna consistencia.

Se deduce y se justifica con lo expuesto:

1.º Para aspirar y transportar hidráulicamente por tubería los aterramientos del pantano es preciso e indispensable ir aplicando a cada punto donde se hallan, la boca de la tubería de aspiración para que el arrastre pueda tener efectividad.

2.º Que los sedimentos en estado flúido, tarquines y lodos semiflúidos, de reciente formación, pueden ser aspirados directamente por el tubo dragador auxiliándose en algunos casos con la acción disgregadora del aire comprimido o chorros de agua a presión en la boca de la tubería aspiradora y adecuadamente dirigidos. Mas los fangos consolidados, los aterramientos apelmazados, que en general son muy consistentes, incluso los próximos a la presa, compuestos por partículas muy finas, arcillosas y poco densas, no pueden ser aspirados o succionados sin que previamente hayan sido disgregados, mecánicamente, en trozos, rebanadas, terrones o partículas y sean colocados en la misma boca de la tubería aspiradora.

3.º La velocidad de aspiración y de circulación del agua en la tubería deberá ser la suficiente (más adelante se determinará) para que el arrastre se produzca fácilmente y con buen rendimiento, que se estima aceptable cuando el porcentaje sólido, en volumen, del caudal circulante representa el 15 por 100 del total.

**Descripción del sistema.** — El sistema propuesto, que esquemáticamente se representa en las hojas número 1 y 2 de los planos, cumple las condiciones y se ajusta a los fundamentos expuestos, por su adecuada disposición general, que es la siguiente:

a) Un artefacto flotante, o pontón (que será construido en secciones desmontables para su fácil transporte de un pantano a otro) que soporta, con articulación sólida, el extremo de la tubería de aspiración, y la fija, o suspende, en la posición y altura requerida, y que irá provista en su extremo inferior de un disgregador giratorio accionado mediante caja de reducción de engranajes, por un motor de 40 HP. (mínimo para tubería de 0,25 m. de diámetro) (1). La posición axil del artefacto quedará fijada por dos cables de largo y de popa respectivamente; otros dos cables laterales, con poleas de reenvío en el extremo de la tubería imprimirán lateralmente un movimiento de mariposeo alternativo (papillonaje), para proporcionar tajo de corte al disgregador mecánico que

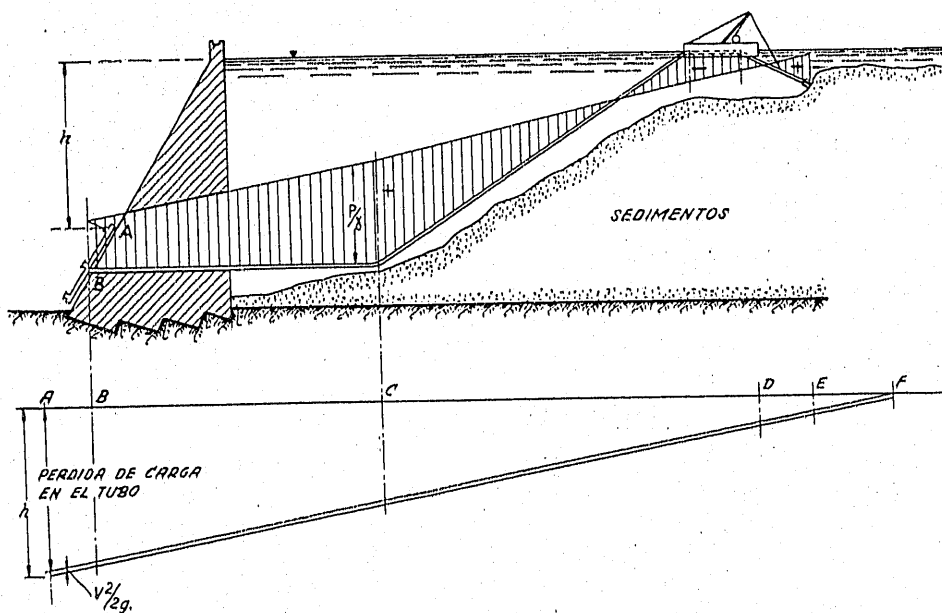
(1) Hasta de 350 HP. se han construido para dragas gigantes.

recorrerá arcos de círculos horizontales cuyo centro lo fija el cable de longo. Para el accionamiento de estos cinco cables (elevación de la pluma-tubería, largo, popa y dos laterales) se dispondrá un chigre mecánico, múltiple de cinco tambores.

b) Una tubería articulada, de secciones metálicas,

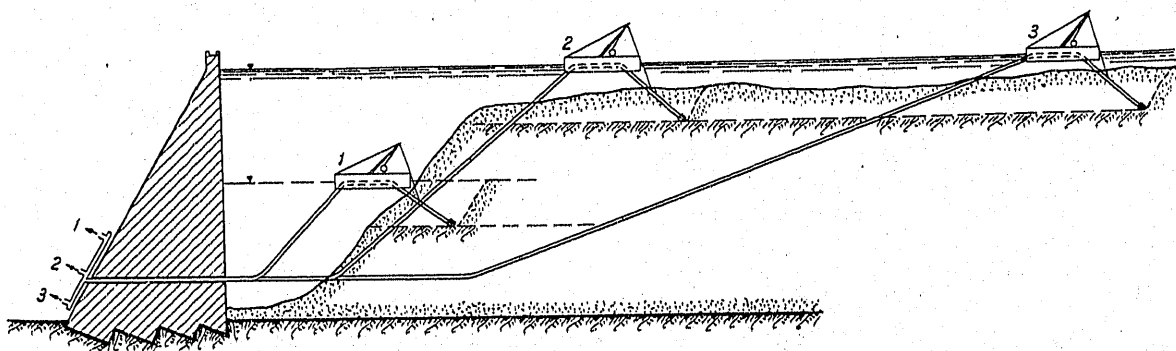
ma, consiste en aprovechar el propio salto o desnivel que el embalse crea, para producir la circulación forzada a alta velocidad del agua por la tubería, a cuyo efecto el extremo libre, después de atravesar la presa, ha de permitir la salida, a chorro libre, sin estrangulación, a diferentes alturas, a la que, en cada

### HOJA NUM. 1



Esquema teórico de funcionamiento hidráulico. Escala, 1 : 1.000.

### HOJA NUM. 2



Realización práctica.

unidas por manguitos flexibles y ondulados de lona y goma armada interiormente, que en parte será soportada a aguas medias por flotadores y en parte reposará sobre el fondo y que atravesará la presa, en su parte más baja, aprovechando alguna galería de desvío, desagüe, de toma, o fondo.

c) La disposición original, fundamento del siste-

momento, sea la necesaria y adecuada para regular la carga de agua, o presión-aspiradora y la consiguiente precisa velocidad en la tubería dragadora, que no necesita ir provista de la bomba centrífuga aspiradora-elevadora que es indispensable en las dragas de succión usuales y cuyo accionamiento exige un potente motor y elevado consumo de energía.

d) El funcionamiento hidráulico del sistema se representa esquemáticamente en la hoja núm. 1 de los planos, y de su examen se deduce que la elevada pérdida de carga unitaria en la tubería, debida a la alta velocidad de circulación, produce la línea de carga piezométrica que se representa. Ella indica que es conveniente y necesario que la tubería esté colocada, en cuanto sea posible, a nivel inferior a dicha línea de carga piezométrica, para que en su interior haya presiones efectivas positivas y no se produzcan aspiración, o presiones negativas, más que en la corta zona del artefacto, o flotador, donde la tubería ha de estar relativa e indispensablemente elevada. La colocación de la tubería, toda ella bajo el nivel del agua, simplifica su cebamiento, o primer llenado, y evita los trastornos de descebamiento e interrupción del funcionamiento que se originaría por cierre imperfecto en algún manguito, ya que nunca podrá entrar aire, por dicha pérdida, sino simplemente alguna cantidad de agua. La elevación y paso de la tubería por el artefacto, o pontón, permite la colocación de los diversos elementos complementarios del sistema, tales como la válvula de llenado, o cebamiento, la de evacuación de aire, la válvula de seguridad automática (de contrapeso), de aducción de aire, para evitar el golpe de ariete negativo, o de aspiración, en el caso de ser obstruida bruscamente la entrada en la tubería y las mirillas de cristal para examinar por iluminación y transparencia la coloración del líquido dragado, que en la práctica es suficiente para apreciar el porcentaje sólido arrastrado y graduar el avance lateral y el corte del disgregador mecánico.

**Velocidades de agua precisas para el arrastre y transporte de los aterramientos.**— Para tener una idea suficientemente aproximada de la velocidad de circulación del agua que se precisa para producir la aspiración, arrastre y circulación por la tubería de las partículas sólidas, seguiremos un proceso más sencillo de estudiar el fenómeno inverso, del agua en reposo, en la que caen libremente las partículas y cuerpos sólidos que forman los aterramientos. Estos fenómenos de caída libre de sólidos en un medio fluido, han sido estudiados teórica y experimentalmente (*Preparación de minerales*, Fernández-Miranda, edición 1938, pág. 115); obteniéndose las velocidades de caída máximas al cabo de un cierto tiempo, o velocidades límites de las partículas y cuerpos sólidos que caen en un fluido (que naturalmente ha de ser de menos densidad que el sólido), que en definitiva depende de la masa del sólido, es decir, de su densidad y volumen y de la resistencia que opone el fluido a su caída, que es a su vez función principalmente de su superficie y forma, y es debida al trabajo para desgarrar el fluido, separando sus partículas, para vencer su viscosidad, para desalojar un volumen de fluido igual al del sólido que cae y para vencer el rozamiento.

Si las partículas sólidas son muy finas, inferiores a 0,15 mm. de diámetro, la fórmula aplicable para deducir la velocidad límite de caída es la de Stokes:

$$V = \frac{1}{1800} g \cdot l \cdot \frac{D - 1}{f};$$

siendo:

$g$  = gravedad = 9 800 m./seg.<sup>2</sup>.  
 $l$  = diámetro de la partícula.  
 $f$  = C. de viscosidad = 0,0115, agua.  
 $D$  = densidad de la partícula.  
 $d$  = » del fluido.

y su aplicación arroja una velocidad de caída de 0,017 metros por segundo, para partículas de pizarra de 0,15 milímetros.

Si las partículas sólidas son de mayor tamaño, la fórmula aplicable para obtener las correspondientes velocidades límites es la de Rittinger:

$$V = K \sqrt{\frac{D - d}{d}}.$$

La aplicación de esta fórmula para partículas sólidas de 2,9 de densidad cayendo en agua fangosa de 1.100 de densidad produce los siguientes resultados:

| Tamaño de la partícula en mm. | Velocidad en m./seg. | Tamaño de la partícula en mm. | Velocidad en m./seg. |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 50                            | 0,69                 | 10,0                          | 0,31                 |
| 40                            | 0,62                 | 5,7                           | 0,28                 |
| 30                            | 0,53                 | 2,8                           | 0,19                 |
| 20                            | 0,44                 | 2,0                           | 0,17                 |
| 15                            | 0,38                 | —                             | —                    |

siendo  $K = 5,11$  valor teórico para partículas esféricas;  $K = 3,20$  valor práctico para partículas redondeadas;  $K = 2,25$  valor práctico para partículas laminares, y adoptando  $K = 2,44$  para composición compleja de granos diversos.

Estos valores nos indican qué partículas sólidas, gravas, de 50 mm. de diámetro caen en el agua fangosa con velocidad límite máxima de 0,69 m./seg. y, por tanto, si la velocidad ascensional del agua en la tubería es de 0,69 m./seg. la partícula sólida quedará en su misma posición relativa y no descenderá, bastando para que suba a una velocidad, aceptable en

la práctica, de 0,71 m./seg. que la velocidad de circulación del líquido sea de  $0,71 + 0,69 = 1,40$  metros por segundo.

En la realidad el fenómeno del dragado de un aterramiento complejo no es tan sencillo como el caso teórico considerado, pues en el fluido coexisten partículas de naturaleza, tamaño y densidades distintas y se producen choques y rozamientos diversos, pero favorables todos ellos a facilitar la aspiración, circulación y transporte hidráulico de las partículas sólidas, y los fangos de los aterramientos.

Se considera en la práctica que una velocidad de circulación del fluido de 3 m./seg. en la tubería es óptima para obtener un arrastre del 15 por 100 de sólidos en el caudal circulante y que no es recomendable bajar de la velocidad de 2 m./seg. para asegurarse una eficiente fuerza de arrastre, ni sobrepasar la de 4 m./seg. para eludir fenómenos perturbadores, pues no debe olvidarse que todas estas velocidades corresponden a circulaciones en régimen turbulento, que en la tubería de 0,25 m. de diámetro se

inician al pasar la velocidad de 0,50 m./seg. con número de Reynolds superior a 3.000.

**Pérdidas de carga en la tubería.** — Para determinar las pérdidas de carga unitarias, en metro por kilómetro de tubería, para estas altas velocidades no son aplicables las antiguas fórmulas de Levy, Darcy o Flamant, y ni siquiera la exponencial de Manning

$V = 1/n \cdot R^{2/3} J^{1/2}$  proporcionan valores aceptables por no considerar en ellas los números de Reynolds.

Los valores más exactos se obtienen modernamente, para estas circulaciones, en régimen turbulento, por aplicación del "Diagrama Universal de Rozamiento en tubos", basado en la fórmulas de Prandtl, Von Kármán, Nikuradse y Colebrooke, publicado en 1952 (página 252 *M. Técnico Uralita*), que serán comparados con los que produce la aplicación de la fórmula exponencial de Sgimemi  $Q = 36,4 D^{2,59} J^{0,55}$ , para tubería de acero y para tubería de uralita.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

|                                          | Velocidad<br>—<br>m./seg. | Tubería de acero<br>SCIMEMI; PRANDTL<br>Pérdida de carga |             | Tubería de uralita<br>SCIMEMI; PRANDTL etc.<br>Pérdida de carga |
|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                          |                           | m./Km.<br>J                                              | m./Km.<br>J | m./Km.<br>J                                                     |
| Tubería de 0,25 m. de diámetro . . . . . | 2                         | 14,6                                                     | <b>13,2</b> | 12,0                                                            |
|                                          | 3                         | 30,5                                                     | <b>29,0</b> | 24,5                                                            |
|                                          | 5                         | 51,4                                                     | <b>46,0</b> | 41,0                                                            |
| Id. de 0,30 m. de id. . . . .            | 4                         | —                                                        | <b>36,7</b> | 33,5                                                            |
| Id. de 0,35 m. de id. . . . .            | 4                         | —                                                        | <b>31,2</b> | 26,7                                                            |
| Id. de 0,40 m. de id. . . . .            | 2                         | 8,7                                                      | <b>7,5</b>  | 6,8                                                             |
|                                          | 3                         | 18,2                                                     | <b>11,5</b> | 13,0                                                            |
|                                          | 4                         | 30,9                                                     | <b>28,7</b> | 23,0                                                            |

Para pasar de los valores calculados para la circulación turbulenta del agua, con coeficiente de viscosidad a 20° C. de 0,0101, a los análogos para la circulación del fluido complejo, o mezcla de agua con el 15 por 100 de arrastres sólidos, de densidad aproxi-

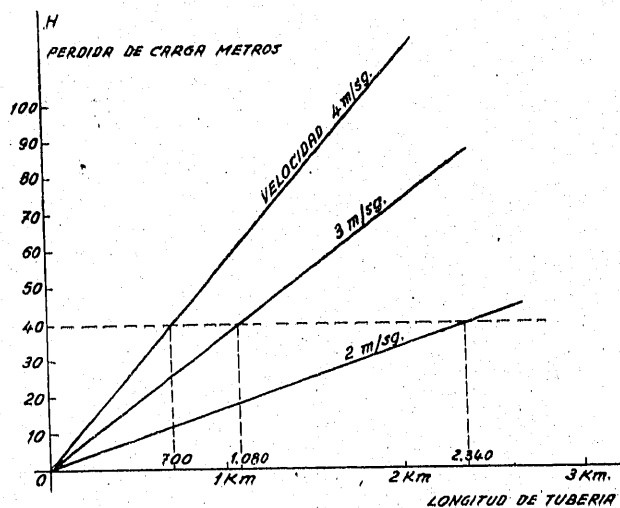
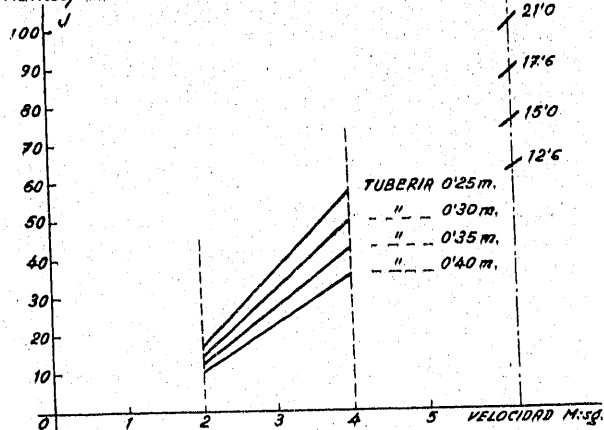
mada de 1,2 adoptaremos un coeficiente de amplificación de 1,25 sobre los valores (números en negrita) basados en las fórmulas Prandtl, etc., y obtendremos los siguientes resultados:

|                                          | Velocidad<br>—<br>m./seg. | Pérdida de carga<br>—<br>m./Km.<br>J | Caudal<br>—<br>l./seg. | Rendimiento horario           |                                       |
|------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|                                          |                           |                                      |                        | Agua<br>m. <sup>3</sup> /hora | 15 % sólido<br>m. <sup>3</sup> /hora. |
| Tubería de 0,25 m. de diámetro . . . . . | 2                         | 17                                   | 99                     | 356                           | 53                                    |
|                                          | 3                         | 37                                   | 147                    | 529                           | 79                                    |
|                                          | 4                         | 57                                   | 196                    | 705                           | 106                                   |
| Id. de 0,30 m. de id. . . . .            | 4                         | 46                                   | 284                    | 1.022                         | 153                                   |
| Id. de 0,35 m. de id. . . . .            | 4                         | 39                                   | 382                    | 1.375                         | 206                                   |
| Id. de 0,40 m. de id. . . . .            | 2                         | 10                                   | 251                    | 905                           | 135                                   |
|                                          | 3                         | 22                                   | 377                    | 1.357                         | 203                                   |
|                                          | 4                         | 36                                   | 503                    | 1.810                         | 271                                   |

# HOJAS DE PLANOS NUMS. 6-7-8

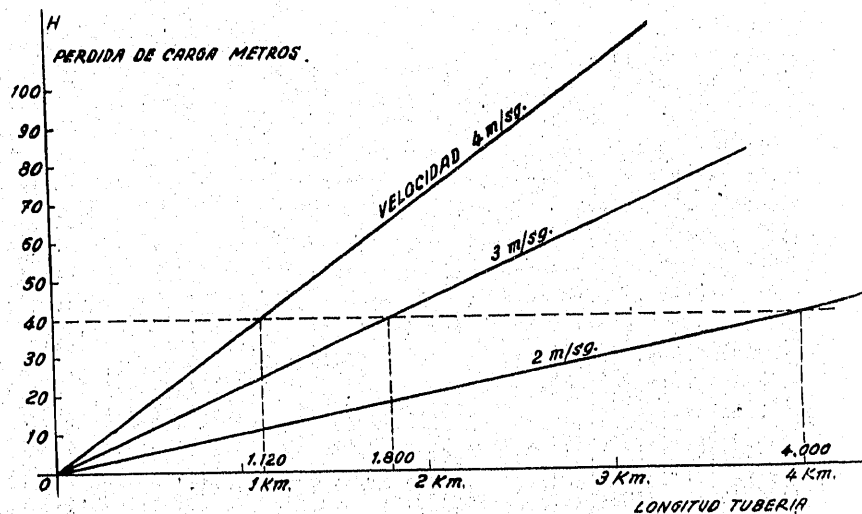
Gráfico de pérdidas de carga por kilómetro.

PERDIDA DE CARGA EN TUBERIA  
METROS/Km.



Pérdidas de carga. Tubería de 0,25 metros de diámetro.

Tubería de 0,40 m. de diámetro.



Para simplificar la aplicación práctica de estas fórmulas exponenciales hemos representado en el gráfico-hoja de planos núm. 6 los valores de  $J$  para las diferentes tuberías a emplear de 0,25-0,30-0,35 y 0,40 metros de diámetro y las distintas velocidades a considerar desde 2 a 4 m.; claramente se observa en él que el trozo de curva exponencial que corresponde a la exacta aplicación de las fórmulas

exponenciales puede ser sustituido, en la práctica, con suficiente aproximación, por los trozos de rectas representados que corresponden a las siguientes expresiones lineales que a continuación se consignan: siendo  $J$  pérdida de carga unitaria;  $V$ , velocidad de circulación;  $H$ , pérdida total en la tubería de  $L$  kilómetros de longitud.

Para  $V$  = velocidades entre 2 y 4 m./seg.

|                        |                        |                        |                          |
|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Tubería de 0,25 m. . . | $J = (V - 1,35) 21,0;$ | $H = (V - 1,35) 21,0;$ | $L = H/(V - 1,35) 21,0.$ |
| Tubería de 0,30 m. . . | $J = (V - 1,35) 17,6;$ | $H = (V - 1,35) 17,6;$ | $L = H/(V - 1,35) 17,6.$ |
| Tubería de 0,35 m. . . | $J = (V - 1,35) 15,0;$ | $H = (V - 1,35) 15,0;$ | $L = H/(V - 1,35) 15,0.$ |
| Tubería de 0,40 m. . . | $J = (V - 1,35) 12,6;$ | $H = (V - 1,35) 12,6;$ | $L = H/(V - 1,25) 12,6.$ |

Y por último, en las hojas de planos núms. 7 y 8 se han representado gráficamente las pérdidas  $H$  totales de carga, para las respectivas tuberías (que serán más usuales), de 0,25 y 0,40 m. de diámetro, en relación a las longitudes y a las velocidades de circulación de 2, 3 y 4 metros por segundo. Del examen de los gráficos se deduce que para tubería de 0,25 m. de diámetro, si se dispone de una presa con altura de agua de 40 m., se pueden dragar los aterramientos hasta 1.080 m. de distancia de la presa, con velocidad óptima de 3 m./seg. y con rendimiento de 79 m.<sup>3</sup> de productos sólidos a la hora y se puede continuar dragando hidráulicamente hasta los 2.340 metros de distancia de la presa, con velocidad de 2 metros por segundo y rendimiento horario de 53 m.<sup>3</sup> de sólidos.

Y análogamente con tubería de 0,40 m. de diámetro, con la misma altura de agua de 40 m., se puede dragar en condiciones óptimas, con velocidad de 3 m./seg. y rendimiento horario de 203 m.<sup>3</sup> de productos sólidos, hasta la distancia de 1.800 m. y se puede continuar dragando hidráulicamente, con velocidad menor, hasta los 4.000 m. de distancia, con una velocidad de 2 m./seg. y un rendimiento horario de 135 m.<sup>3</sup> de sólidos.

**Detalles de los diversos elementos.** — A) *Disgregador mecánico.* — La importancia y dimensiones de este elemento se deduce de la gran cantidad de material sólido que debe proporcionar y situar en la boca de la tubería, que si es de 0,25 m. de diámetro (con velocidad de 4 m./seg.) debe sobrepasar la cifra de 106 m.<sup>3</sup> a la hora, equivalente a 1,7 m.<sup>3</sup> por minuto, y que si la tubería es de 0,40 m. de diámetro se elevará a 271 m.<sup>3</sup> de aterramientos por hora, equivalente a 4,5 m.<sup>3</sup> por minuto. Estos disgregadores han pasado ya del período experimental y son construidos por diversas casas especialistas, que han ido aumentando progresivamente la potencia del motor respecto a las de los primeros ensayos y que actualmente suele ser de 40 HP., para tubería de 0,25 m.

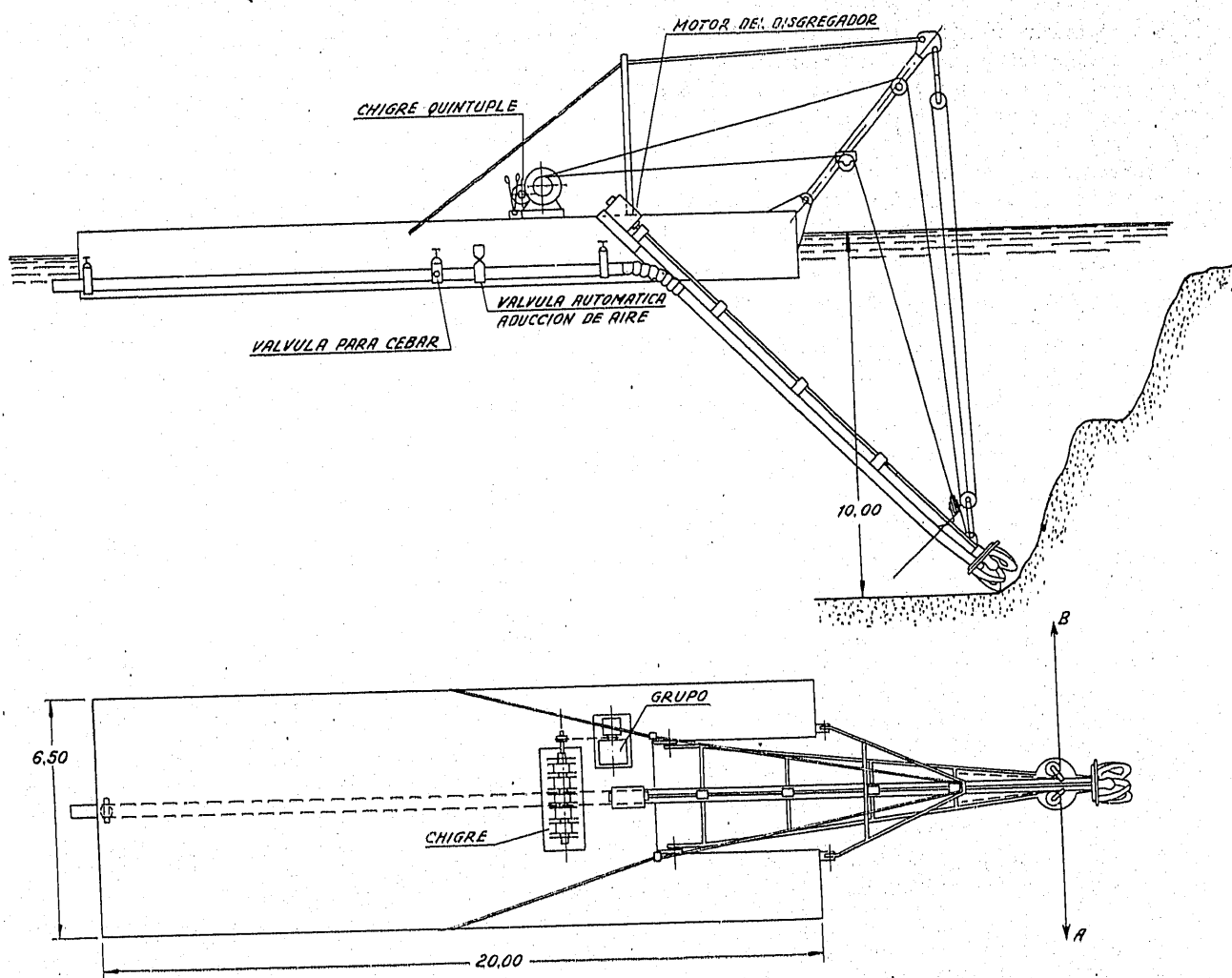
y de 75 HP. para las de 0,40 m. El tipo más indicado para la extracción de los aterramientos próximos a la presa, que, en general, son productos finos, arcillosos, arcillo-arenosos, con trozos de vegetales, es el denominado tipo ojival, de banda continua de acero duro, que se representa en los planos, giratorio y que puede ser equipado, en casos de aterramientos extremadamente consistentes, con puntas de arado sobresalientes para facilitar la excavación.

Parte especialmente robusta y cuidadosamente perfeccionada hoy es el cojinete extremo, de gran longitud, camisas de bronce recambiables, lubricado con grasa a presión y dotado en ambos extremos de cojinetes de protección de cierre hidráulico, con agua a presión, cuyo escape continuo hacia el exterior imposibilita la entrada de arenas finas al cojinete principal.

No siendo conveniente establecer engranajes en la proximidad del disgregador, que ha de trabajar en lodos revueltos, se hace indispensable que el accionamiento se realice por medio de un eje especialmente robusto de 12 a 15 cm. de diámetro, apoyado en los respectivos cojinetes, y que se acopla al motor eléctrico de 1.200 revoluciones por minuto, mediante la correspondiente caja de engranajes de reducción de 10 a 20 vueltas por minuto, provista de embrague deslizante de seguridad, para caso de atascamiento.

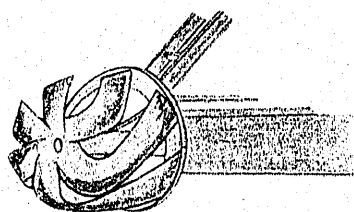
B) *Artefacto, o pontón flotante.* — Será construido en secciones metálicas laterales y central, fáciles de desarmar y armar para que puedan ser transportados fácilmente por ferrocarril y por camión con sencillo equipo y mínimo trabajo.

Irá equipado con pluma, o escala triangular, articulada al pontón que soporta la tubería dragadora, el disgregador mecánico y las poleas de reenvío de los cables para el movimiento lateral y está suspendida en su extremo libre por el aparejo de izar. En un chigre de cinco tambores independientes provistos de accionamiento individual y freno, se centralizan todos los movimientos de elevación de la tubería, cables de longo, popa y los dos laterales.

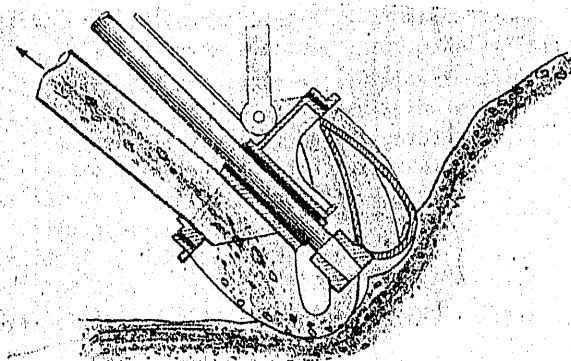


Draga hidráulica con disgregador mecánico. Esquema. Escala, 1:100.

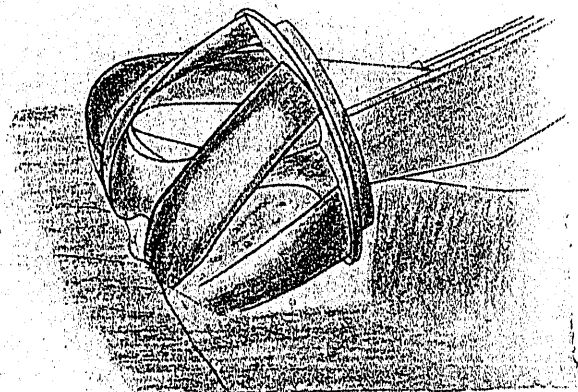
### DISGREGADOR MECANICO



Alzado.



Sección.



Vista general.

El accionamiento de todos los mecanismos, tales como el disgregador, chigre, bomba de agua a presión para los cojinetes, bomba de achique de sentinas, será eléctrico, con energía suministrada desde las centrales del pantano o por grupo motor-generator, de reserva, instalado en el pontón.

C) *Tubería y flotadores.* — La tubería será metálica, de 5 mm. de espesor, y sus secciones de 5 a 6 metros de longitud irán unidas por manguitos flexibles, ondulados, de goma y lona, armados interiormente. En parte irá apoyada directamente sobre el fondo o ladera del vaso y en parte será suspendida, a aguas medias, por medio de flotadores, análogos a los representados en los planos, que irán provistos de plataformas de trabajo y de tornos de izar con accionamiento a mano. La colocación de la tubería será en su totalidad sumergida, y en cuanto sea posible, a nivel inferior al correspondiente, en cada punto, a la carga piezométrica en régimen de trabajo.

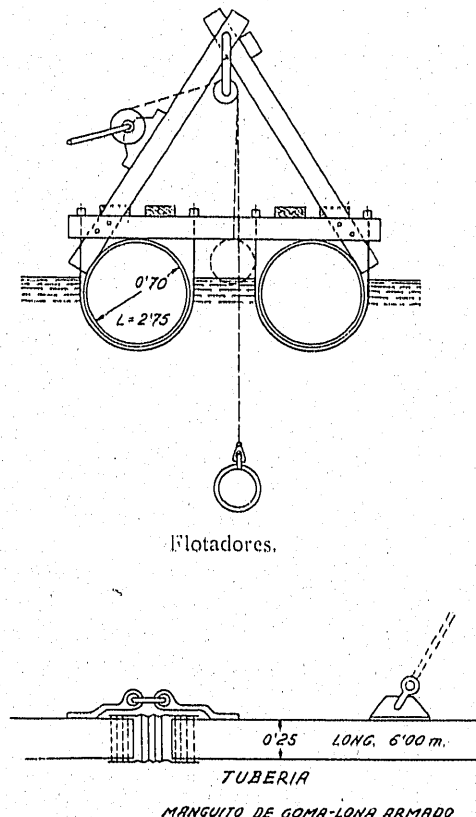
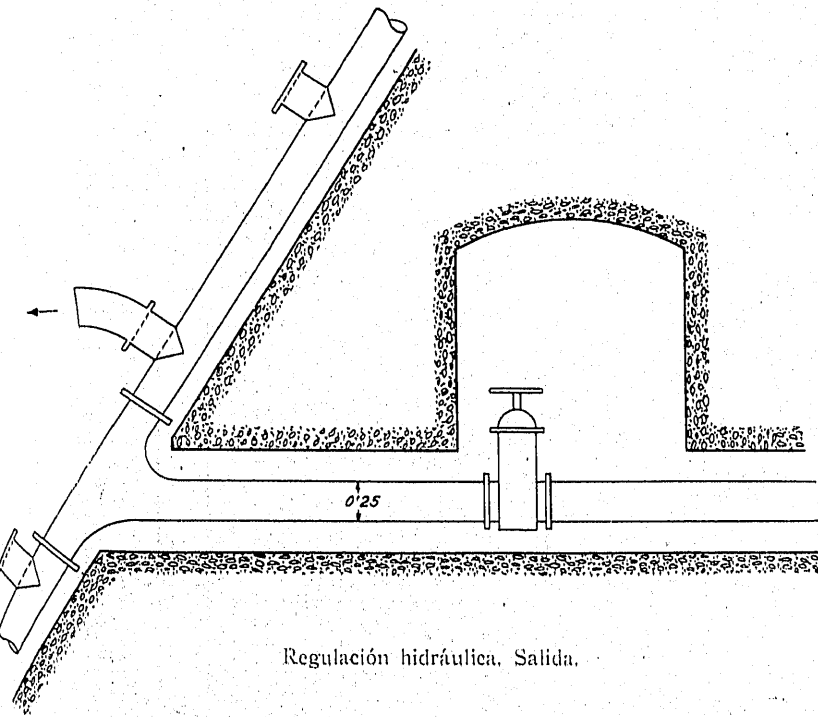
D) *Regulación de la presión de trabajo.* — La regulación del desnivel, o presión de trabajo, óptima para cada momento, según la longitud de la tubería a emplear, se obtiene en la apertura, a chorro libre, del desagüe correspondiente, de los establecidos a diferentes alturas en el dispositivo final de la tubería,

una vez atravesada la presa, y que están situados en el ramal inclinado de la tubería que se apoyará, bien en el paramento de aguas abajo de la presa, si tiene buen acceso, o en la ladera.

E) *Elementos complementarios.* — En el epígrafe d) (pág. 610) se han dejado reseñados los principales elementos complementarios, tales como la válvula de llenado, o cebamiento de la tubería, la correspondiente de evacuación de aire, la válvula de seguridad, timbrada por muelle o contrapeso regulable, de apertura hacia el interior, de aducción de aire, para evitar los golpes de ariete negativos, con tendencia al aplastamiento de manguito y tubería, por obstrucción brusca en la boca dragadora, las mirillas de cristal para ver, por transparencia, la coloración del producto dragado y apreciar el porcentaje de sólidos arras-trados y graduar el avance lateral y el corte del disgregador mecánico.

F) *Capacidad y rendimiento.* — El sistema pro-puesto podrá ser dimensionado en proporción al vo-lumen de aterramientos que se desee extraer en la campaña, mas para la fácil manejabilidad y trans-porte, en su caso, parece estar indicado que no sea sobrepasada, salvo en instalaciones fijas o permanen-tes, el diámetro de tubería de 0,40 m.

DETALLES DE ELEMENTOS



En el cuadro que sigue se consignan los rendimientos medios, mínimos y máximos en volumen para

un porcentaje de material sólido del 15 por 100 del caudal circulante.

### Rendimiento de productos sólidos extraídos.

*Dilución 15 por 100.*

|                                 | Por hora<br>m. <sup>3</sup>              | Jornada de 20<br>horas d/trabajo<br>útil (24 h)<br>m. <sup>3</sup> | Mes de 22 días<br>d/trabajo efectivo<br>m. <sup>3</sup> | Campaña de 5<br>meses, 110 días<br>m. <sup>3</sup> |
|---------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Tubería de 0,25 metros. . . . . | Mínimo: 53<br>Medio: 79<br>Máximo: 106   | 1 580                                                              | 34 760                                                  | 173 800                                            |
| Tubería de 0,30 metros. . . . . | Mínimo: 76<br>Medio: 114<br>Máximo: 153  | 2 280                                                              | 50 160                                                  | 250 800                                            |
| Tubería de 0,35 metros. . . . . | Mínimo: 103<br>Medio: 155<br>Máximo: 206 | 3 100                                                              | 68 200                                                  | 341 000                                            |
| Tubería de 0,40 metros. . . . . | Mínimo: 135<br>Medio: 203<br>Máximo: 270 | 4 060                                                              | 89 320                                                  | 446 600                                            |

El consumo de agua se obtendrá multiplicando por 6,66 estas cifras.

### ANEJO NUM. 1

#### Efecto de limpia del desagüe de fondo de una presa.

$h$  = altura de agua sobre el desagüe de fondo, metros.  
 $s$  = sección del desagüe de fondo, en m.<sup>2</sup>.  
 $l$  = distancia a la que deja de ser sensible el efecto de  
 limpia o arrastre.  
 $v$  = velocidad de salida del agua.

La velocidad teórica de salida es:

$$v = \sqrt{2gh} \approx 4,4 \sqrt{h}.$$

El caudal teórico de salida será:

$$s \cdot v = s \cdot 4,4 \sqrt{h}.$$

En la práctica quedará reducido a:

$$s \cdot 3,4 \sqrt{h}.$$

A una distancia  $l$ , la superficie de la media esfera será:  $2\pi l^2$ , y si la velocidad en  $a$  es de 0,50 metros segundo, ya no habrá efecto de arrastre.

Iguando los caudales en  $A$  y  $a$ :

$$s \cdot 3,4 \sqrt{h} = 2\pi l^2 \cdot 0,50,$$

de donde:

$$l^2 = \frac{s \cdot 3,4 \sqrt{h}}{\pi} \quad l = \sqrt{\frac{s \cdot 3,4}{\pi}} \sqrt[4]{h}.$$

Para  $s = 2,00$  m.<sup>2</sup> y  $h = 50$  m., resulta  $l = 3,8$  m.  
 Para  $s = 4,00$  m.<sup>2</sup> y  $h = 50$  m., resulta  $l = 5,5$  m.

El efecto de limpia de un desagüe de fondo deja de ser perceptible a muy pocos metros del paramento de la presa.

