



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28
115

DRAGADO HIDRAULICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

FCO. JAVIER LOPEZ ESCOBAR

MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I. TIPOS DE DRAGAS Y SU USO.	
I.1 Dragado Hidráulico.	3
I.2 Clasificación	4
I.3 Maniobrabilidad.	5
I.4 Métodos de Disposición del Material Dragado.	8
I.5 Equipos de Ataque.	10
I.6 Dragas de Succión Simple.	11
I.7 Dragas con Rastra de Succión.	13
I.8 Dragas de Succión con Cortador.	15
CAPITULO II. FACTORES PARA EL CALCULO DE RENDIMIENTO.	
II.1 Dragas de Autopropulsión.	19
II.2 Diseño del Casco.	19
II.3 Rastra de Succión.	21
II.4 Tolva.	24
II.5 Ciclo de Dragado.	26
II.6 Dragas Estacionarias.	27
II.7 Cortadores.	28
II.8 Bomba de Dragado.	28
II.9 Carga Total Dinámica.	29
II.10 Rendimiento.	35
II.11 Potencia.	35

CAPITULO III. COMPONENTES DEL PRECIO UNITARIO.

III.1	Generalidades.	37
III.2	Costo Directo.	37
III.3	Costo Indirecto.	40
III.4	Utilidad.	42
III.5	Ejemplo de Aplicación.	42

CAPITULO IV. INFORMACION BASICA PARA UN PROYECTO DE DRAGADO.

IV.1	Introducción.	54
IV.2	Información General.	54
IV.3	Información Hidrográfica y Topográfica.	55
IV.4	Información Meteorológica.	55
IV.5	Información Oceanográfica.	55
IV.6	Hidráulica Costera.	56
IV.7	Información Geotécnica.	58
IV.8	Plan General de Operaciones.	59

CAPITULO V. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL.

V.1	Controles.	60
V.2	Evaluación del Avance.	61
V.3	Sistema de Datos.	62
V.4	Datos sobre la Operación de la Draga.	63
V.5	Area de Rendimiento.	64
V.6	Control de Costos.	65
V.7	Control de Realimentación de Información.	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

71

ANEXO III-a.

72

ANEXO III-b.

74

BIBLIOGRAFIA.

75

INTRODUCCION

La remoción de material del lecho marino y del fondo de los ríos para proveer de una mayor profundidad en las vías de entrada a los puertos y en las zonas adyacentes a los muelles, se ha efectuado a través de la Historia. En nuestros días, a causa de los requerimientos impuestos por la expansión mundial en cuanto al comercio marítimo se refiere, han obligado a esta rama de la Ingeniería a investigar permanentemente y en forma exhaustiva, ideando nuevos sistemas en base a la experiencia y a las necesidades presentes y futuras; que si bien en un principio se pensaba en extraer materiales tales como fango, arena o roca, al pasar el tiempo, se ha ido incursionando en los campos de la minería y en el de obtención de alimentos bajo el agua, llevándose a cabo dragados que hasta hace poco tiempo se juzgaban impracticables.

Se pueden resumir en cinco los objetivos principales del dragado:

- a) Profundizar o mantener la profundidad de ríos, lagunas, canales o puertos marítimos;
- b) Elevar el nivel de áreas bajas de terrenos para mejorar sus condiciones;
- c) Construir diques y otras obras de control de corrientes y de línea de costa;
- d) Explotación de depósitos subacuáticos con valor comercial tales como; minerales, plantas para productos alimenticios, coral, esponjas, grava, arena y fertilizantes;
- e) El relleno de áreas ganadas al mar, que si bien sin ser necesariamente bajas, se requieren para determinado fin.

Podemos definir a la draga como una embarcación especialmente dispuesta y con los medios necesarios para limpiar o extraer material del fondo de los puertos, ríos, dársenas, canales, etc.

Así mismo, podemos clasificar a las dragas en dos grandes grupos: mecánicas e hidráulicas.

Al primer grupo pertenecen las de cangilones o de rosario, las de grúa (con almeja, granada o garfios) y las de cucharón. Todas estas dragas podemos considerarlas como los tipos básicos del grupo de mecánicas, que debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y que en ciertas clases de obras son insustituibles, a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado por lo que se impone el uso de gánguiles o chalanes-tolva y remolcadores para tirar el material en las zonas de depósito.

Corresponden al segundo grupo, y al tema de estudio del presente trabajo, las dragas hidráulicas que combinan la operación de extracción y transportación del material hasta el lugar de depósito, mezclándolo con agua y bombeándolo como si fuera fluido. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas.

Actualmente, en la República Mexicana este proceso de Construcción Pesada se ha considerado como una actividad exclusiva del sector marino, y es meta del presente trabajo demostrar que está vinculada a la Ingeniería Civil, por lo que debe ser tratada como parte integrante de la rama de Movimiento de Tierras, pues conlleva la misma tecnología y conceptos.

I TIPOS DE DRAGAS Y SU USO

I-1. Dragado Hidráulico.

Las dragas hidráulicas se distinguen por la instalación de una bomba centrífuga para elevar y transportar el material dragado como una mezcla de suelo y agua a través de una tubería de succión.

a) Bomba Centrífuga.

La bomba centrífuga de dragado (Fig. 1), es el dispositivo más importante de las dragas hidráulicas y en su construcción se procura que reúna los siguientes requisitos:

1. Alto rendimiento que permita emplear la potencia de impulsión más pequeña y como consecuencia menor consumo de combustible.
2. Seguridad en su funcionamiento, lo que previene paros de la draga que significan erogaciones costosas.
3. Facilidad en su desmontaje, que influye favorablemente en los costos de conservación.

Las partes más importantes de una bomba de dragado son: la carcaza, las tapas (lado de succión y del eje), el impulsor y el eje del impulsor.

El cuerpo de la bomba al que también se le conoce como carcaza o caracol, se construye de acero fundido y se procura que sea lo más sencilla posible, para que tenga menor dimensión y peso.

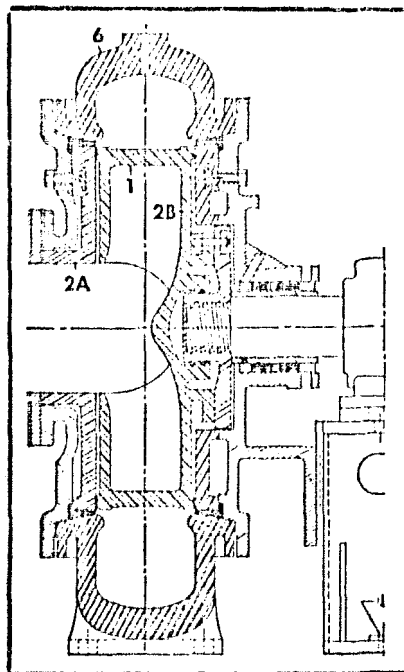


Fig. 1 BOMBA CENTRIFUGA
1 impulsor;
2A tapa del lado de succión;
2B tapa del eje;
6 carcaza.

Las tapas van protegidas con chapas remachadas o soldadas de aleación de acero con manganeso para evitar el desgase por la erosión de la arena.

El impulsor se construye generalmente de una aleación de acero con manganeso para darle mayor duración. La velocidad del impulsor varía de 900 rpm en bombas de 203 mm (8") a 300 rpm en las de 914 mm (36"), con velocidades en la periferia de 2,700 metros por minuto, velocidades superiores causan deterioro excesivo en las bombas. Generalmente se atornilla al eje, empleando roscas redondas en las crestas y las raíces, con doble o triple entrada. El eje es de acero y su diámetro varía entre 150 y 450 mm, según las dimensiones de la bomba.

La potencia absorbida por la bomba de dragado es aproximadamente de 600 HP en las dragas de 254 mm (10") a 10,000 HP en las de 914 mm (36"), el rendimiento promedio varía entre 60 y 75 %.

b) Tubería de Succión.

El tubo de succión aspira la mezcla material-agua por una boquilla colocada en su extremo inferior; y permite ajustar el dragado a la profundidad deseada, dentro de los límites que tolere su longitud.

La tubería está acoplada a la bomba de succión por medio de una conexión flexible, que permite el libre movimiento de la misma; su maniobra se efectúa por medio de aparejos o plumas, o sistemas de pescantes; y puede estar situada en posiciones laterales a la draga, o en una abertura central.

I-2. Clasificación.

Los diseños de las dragas hidráulicas no han permanecido estáticos, sino que han sufrido constantes cambios de acuerdo a -

La experiencia y a los materiales a dragar propios de cada -
región donde se ejecuten los trabajos.

En general, todas las dragas hidráulicas quedan integradas -
en los tres grupos siguientes:

- a) Si pueden navegar por sus propios medios.
- b) Si son capaces de almacenar el producto del dragado en -
su interior.
- c) De acuerdo con el equipo de ataque de que disponen.

I-3. Maniobrabilidad.

En primer lugar, la forma del casco que soporte al equipo de
dragado es fundamental. Así, se tiene que si la draga está
provista de medios de autopropulsión, las formas del casco -
serán hidrodinámicas, es decir, con líneas tales que le - -
permitan su desplazamiento en el agua, sin demasiada resistencia.

En el caso de no contar con autonomía para trasladarse de un
lugar a otro, el casco podrá tener forma rectangular sin que
esto tenga mayor importancia, a este tipo de diseño se le -
identifica como estacionario.

a) Dragas Autopropulsadas.

Durante el dragado, la nave se mueve lentamente hacia adelante
por la potencia de sus propulsores (Fig.2). En lí-
neas de navegación concurridas, un alto grado de maniobrabilidad
es esencial. Esto puede ser logrado de dos for--
mas, equipando a la nave con propulsores y timones dobles,
y/o por el uso de un impulsor transversal colocado en la
proa. Ya sea que se use uno o ambos sistemas, propor--
cionan una gran maniobrabilidad que permiten dragar con -
el barco en marcha, en condiciones de oleaje importante y
sin causar estorbo alguno al tráfico marítimo; y ademas -

el barco puede navegar hacia cualquier zona de trabajo - por sus medios de autopropulsión.

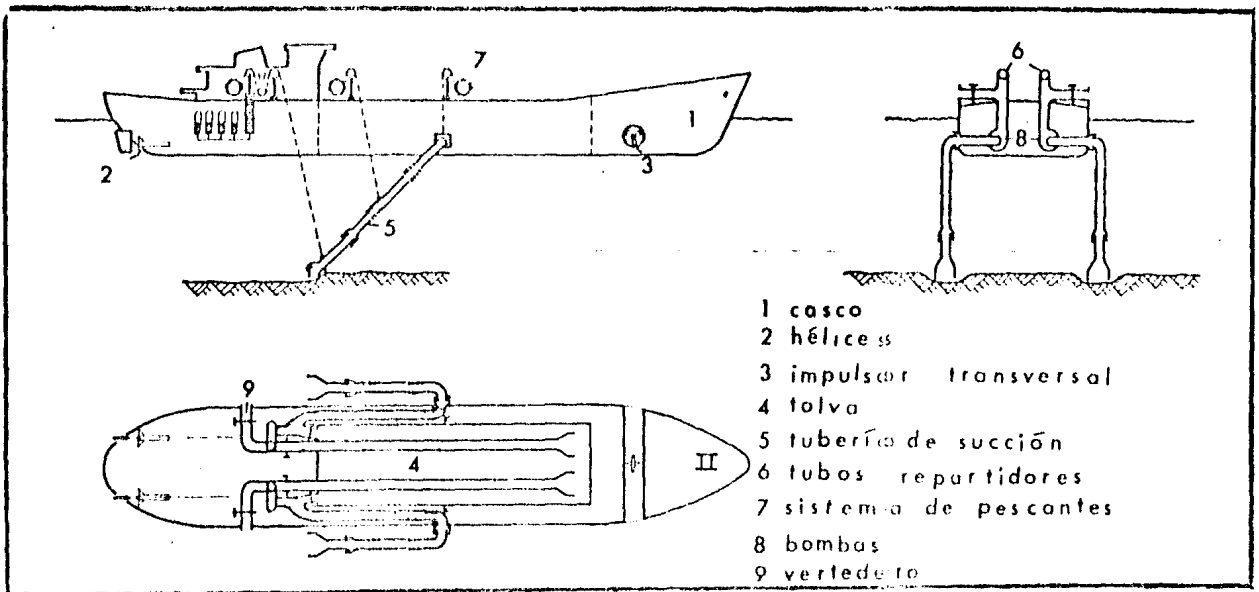


Fig.2 DRAGA DE AUTOPROPULSION CON TOLVA

Se pueden distinguir tres fases en la operación de este tipo de dragas:

1. **Succión.** Propulsada pausadamente, la draga aspira -- los productos del fondo submarino, a través de la tube ría de succión y bombas, depositándolos en la tolva.
2. **Transporte.** La draga con la tolva llena, se traslada autopropulsadamente hacia la zona de vertido en alta mar o en un pozo hondo (i), o hacia un lugar de entrega en tierra (ii).
3. **Descarga.** En el caso (i), se abren las compuertas o válvulas en el fondo de la tolva, o el barco se abre hendido longitudinalmente. En el caso (ii), las - - - bombas entregan los productos del dragado en tierra.

b) **Dragas Estacionarias.**

La movilización de la draga puede ser ejecutada de diferentes formas. Los principales sistemas son:

1. **Draga con traveses.** Los movimientos de oscilación y avance son ejecutados por medio de cables o traveses.-

Este sistema no es ampliamente usado, y es solo aplicable para obras rectas y continuas, porque proporcionan escasa precisión (Fig. 3).

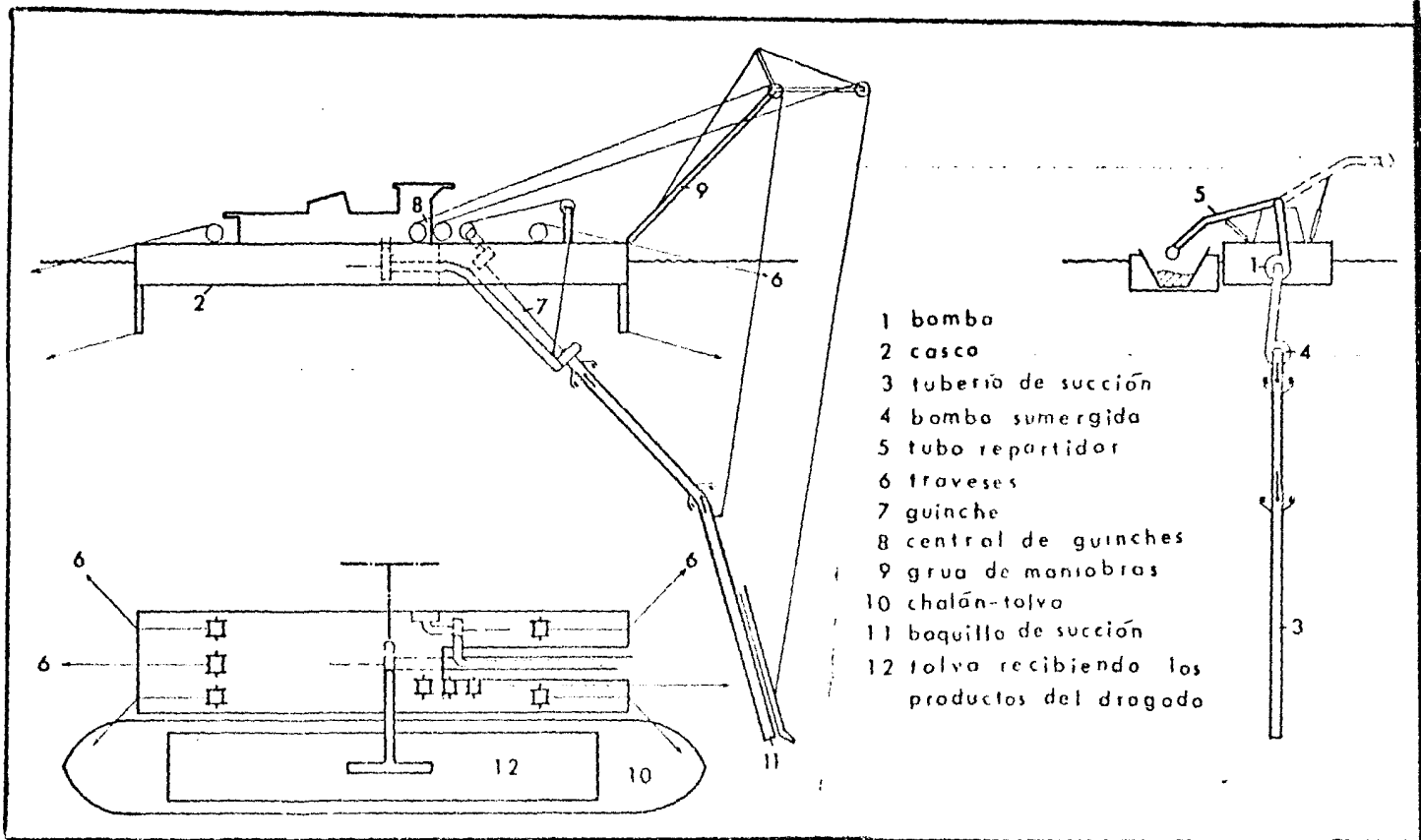


Fig.3 DRAGA ESTACIONARIA CON TRAVESES

2. Draga con zancos. Este diseño proporciona máxima producción y al mismo tiempo óptimo perfil del fondo. En la mayoría de las embarcaciones de este tipo, el movimiento es efectuado por la oscilación de la draga con respecto a un zanco de "trabajo" reposando en el lecho marino. La nave avanza a través del canal maniobrando con los zancos. En otras dragas de este tipo, sólo la escala oscilada, y la draga permanece fija en su posición por tres o cuatro zancos; pero el ancho del corte es menor con este arreglo. El avance es ejecutado con la ayuda del zanco de "paso". La draga es oscilada de lado a lado del canal por medio de dos traveses delanteros, operados por tambores gemelos de una central de

maniobras de guinches o por guinches de oscilación -- separados. Los traveses están guiados sobre poleas -- montadas a ambos extremos delanteros del casco o -- cerca del extremo final de la escala de dragado, ver la Fig. 4.

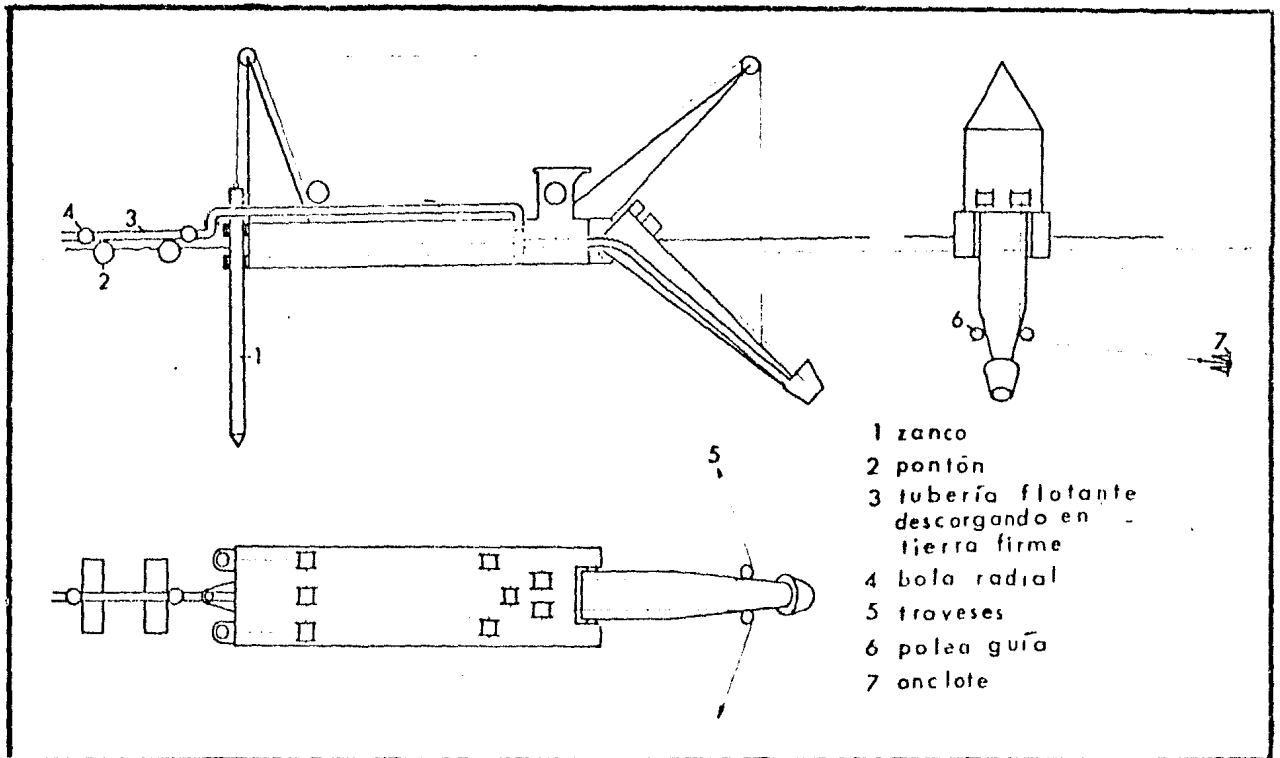


Fig. 4 DRAGA ESTACIONARIA CON ZANCOS

En vista del diseño del casco y de la presencia de -- zancos rígidos, éste tipo de dragas sólo pueden operar en aguas tranquilas con altura máxima de ola de 0.5 m, y en zonas sin tráfico de embarcaciones debido a la -- presencia de tubería flotante.

I-4. Métodos de Disposición del Material Dragado.

Son tres los métodos en que una bomba centrífuga de dragado puede descargar el material extraído:

a) Tolva.

La tolva es un depósito interconstruido en el casco de la draga, con una capacidad de 500 hasta 12,000 m³, cargándose en un lapso de 20 a 60 minutos. El material se distribuye mediante canales o tubos repartidores provistos de válvulas o compuertas para controlar las descargas. Generalmente en cada extremo de la tolva se colocan vertederos por encima del nivel teórico de decantación del material dragado para asegurar una buena producción. En años recientes se han construido dragas con gran capacidad en la tolva, la ventaja de esto es económica, es decir, reduce el costo por unidad de volumen de material dragado, transportado y tirado.

b) Gánguiles o Chalanes-Tolva.

Los gánguiles o chalanes-tolva, son barcazas destinadas para: recibir, transportar o verter en el mar u otro lugar convenientemente elegido; el fango, arena, piedras, etc., que extraen las dragas. Están provistas de tolvas interconstruidas dotadas de sus correspondientes compuertas, con dispositivos de operación mecánica o hidráulica para abrirlas y vaciar el material. Se construyen barcazas de autopropulsión o dispuestas para ser remolcadas, pero ya sean de una u otra clase, se abarloan al costado de la draga (Fig. 3), para recibir los productos excavados.

c) Tubería de Descarga.

La tubería de descarga puede ser más fácilmente descrita y localizada considerándola en tres secciones separadas, (1) la tubería sobre la draga, (2) la tubería flotante, y (3) la tubería terrestre.

1. La tubería sobre la draga. La tubería sobre la draga corre desde de la descarga de la bomba hasta conectarse con la tubería flotante, o fuera de borda para descargar en tolvas o chalanes. En el caso de conectarse con tubería flotante, ésta conexión se efectúa por --

medio de codos giratorios, conexiones esféricas o - -
mangueras flexibles.

2. La tubería flotante. La tubería flotante va montada sobre pontones y se extiende desde el codo giratorio de la draga hasta el pontón cabría de conexión con la línea de tierra. Los pontones pueden ser cilíndricos o de sección elíptica con los extremos semiperfilados para disminuir la resistencia a las corrientes o el oleaje. La unión de los tramos de tubería flotante se efectúa mediante conexiones esféricas o manguitos de hule tramado. Cuando el tráfico de buques en la zona de dragado sea importante, se podrá emplear la tubería sumergida para que no constituya un estorbo a la navegación.
3. La tubería terrestre. La tubería terrestre se extiende desde el pontón cabría, siguiendo el trayecto más corto al lugar de descarga.

I-5. Equipos de Ataque.

Todas las dragas hidráulicas tienen una cosa en común, una bomba centrífuga de dragado descargando ya sea en el interior de la draga misma, en chalanes, o en tierra firme. También tienen una línea de succión a través de la cual se suministra material a la bomba. Los medios de ataque y extracción del material son en lo que se diferencian, y se clasifican en:

- a) Dragas de succión simple;
- b) Dragas con rastra de succión; y,
- c) Dragas de succión con cortador.

I-6. Dragas de Succión Simple.

a) Características Generales.

Las dragas de succión simple que, utilizan únicamente la fuerza de succión de la bomba para extraer el material del fondo, son similares en la construcción del casco a un barco regular, pero a menudo difieren de otras dragas en la localización de la tubería de succión. La draga de succión simple por lo regular tiene su tubería de succión en un pozo interconstruido en la proa, mientras que otros tipos, tales como las dragas con tolva, tienen sus tuberías situadas lateralmente (Fig. 2).

La tubería de succión, independientemente de su localización, corre a través del casco hasta la bomba. La bomba descarga el material dragado ya sea en tolvas construidas en la draga misma, dentro de chalanestolvas estacionados lateralmente, o transportado por tubería a cierta distancia a una zona de tiro (Fig. 5). Ocasionalmente -

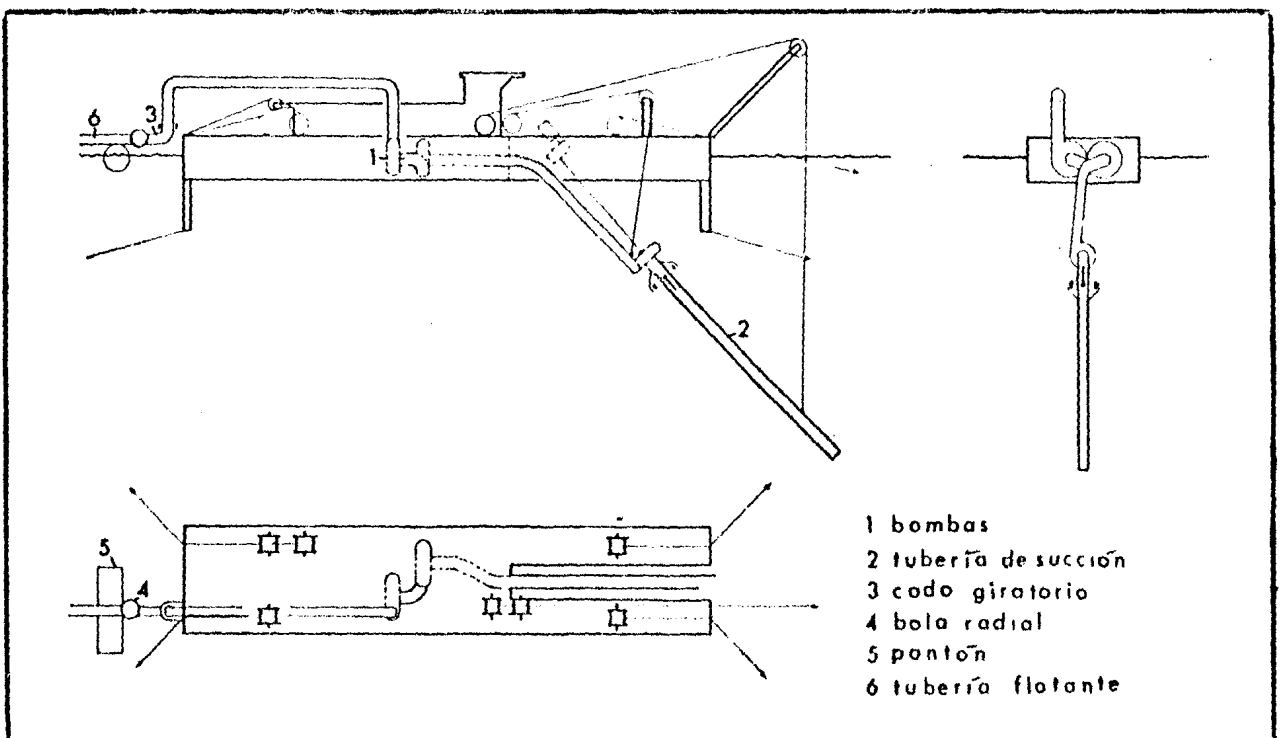
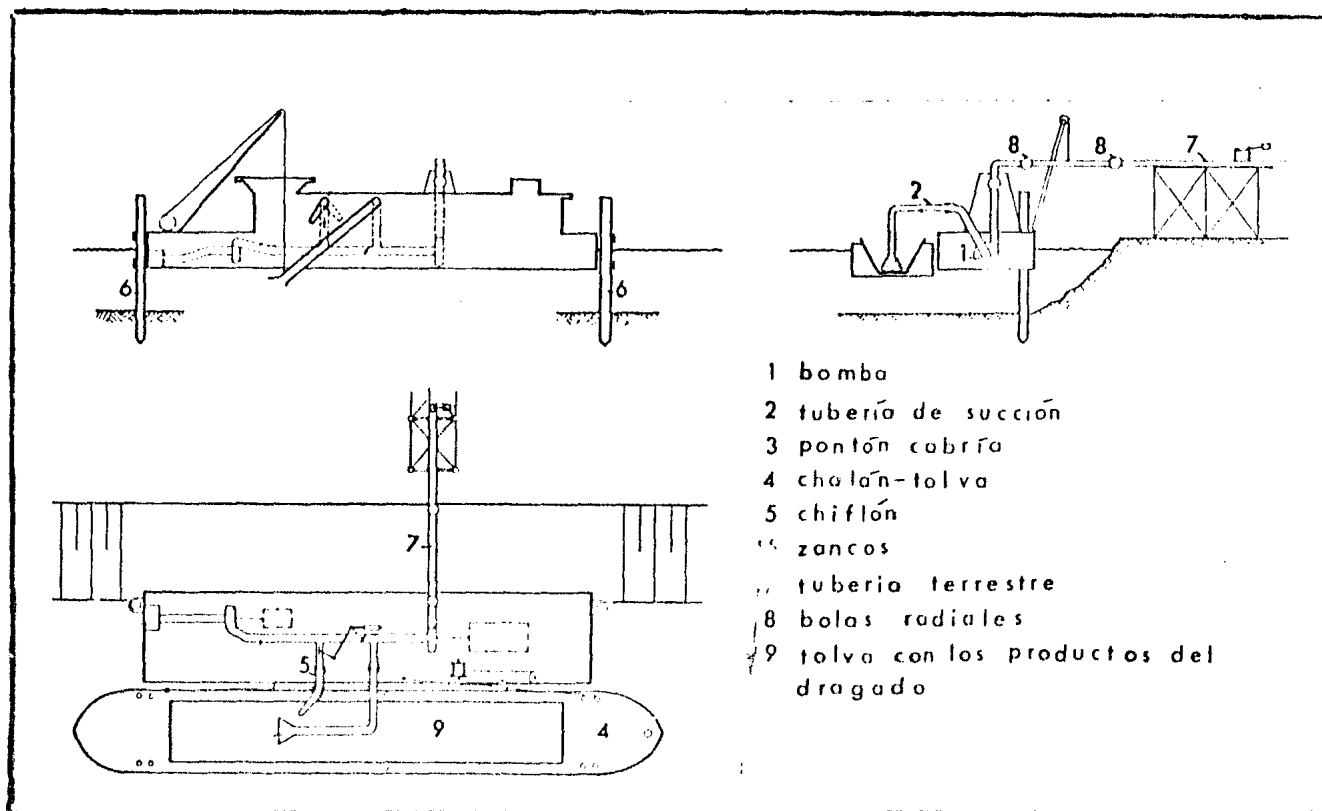


Fig.5 DRAGA DE SUCCION SIMPLE

existe un sistema de rebombeo en tierra firme (Fig. 6).- Las dragas de succión simple modernas, por lo regular -- tienen un sistema de chiflones instalado en el extremo -- final de la tubería de succión, donde agua a altas presiones es inyectada para remover al material.



- 1 bomba
- 2 tubería de succión
- 3 pontón cubierta
- 4 chalán-tolva
- 5 chiflón
- 6 zancos
- 7 tubería terrestre
- 8 bolas radiales
- 9 tolva con los productos del dragado

Fig.6 UNIDAD DE REBOMBEO

b) Utilización.

Este tipo de dragas operan mejor cuando son capaces de fijarse estacionariamente y pueden dragar un hoyo dentro del cual la arena circundante puede caer, y se emplean para succionar materiales sueltos o de fácil flujo como arena y fango. Con dificultad pueden dragarse conglomerados de arena con arcilla y arcilla con barro. Los estratos duros o compactos, no son posibles de extraer con dragas de este tipo, así como cualquier otro material que no pueda ser removido con facilidad.

I-7. Dragas con Rastra de Succión.

a) Características Generales.

La draga de succión simple a menudo emplea una cabeza especial llamada rastra, acoplada en el extremo de la - -- succión. Las dragas que emplean este aditamento son generalmente barcos con tolva (Fig. 7) con tubos de succión laterales, con bomba(s) de succión instalada(s) en los - tubos y/o a bordo; y con equipo de autopropulsión; pero ocasionalmente pueden bombear al material en barcazas -- abarloadas, o botándolo a los lados de la zona de - - -- trabajo.

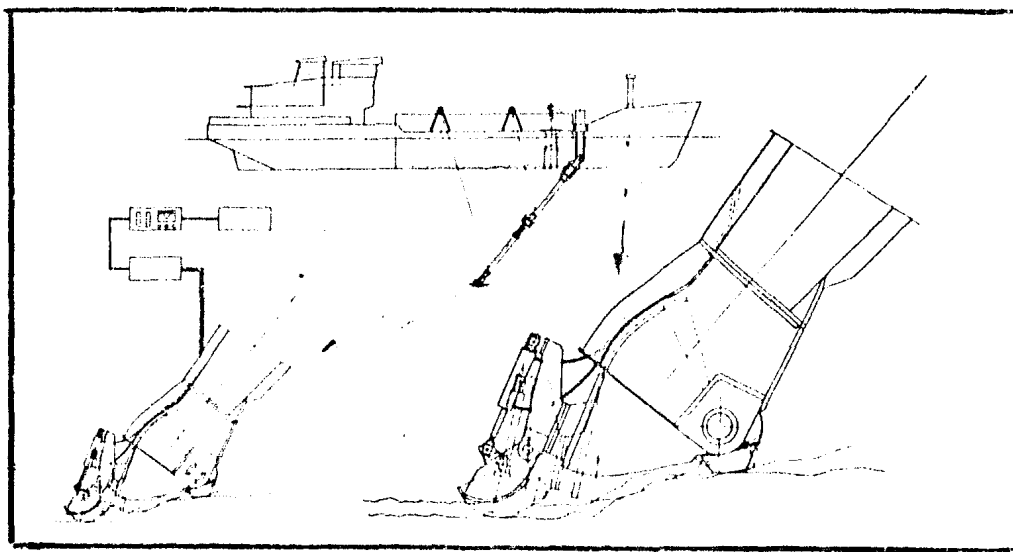


Fig-7 DRAGA CON RASTRA DE SUCCION

Las rastras de succión más conocidas y más solicitadas -- son el cabezal IHC y el cabezal California (Fig. 8). -- Los mismos pueden suministrarse en ejecución estandar -- para diámetros tubulares de 450 hasta 1,200 mm.

El cabezal IHC consta de una parte fija, que se monta al extremo inferior de la tubería de succión y con que el -- tubo de succión permanece en el fondo, y una visera que -- está acoplada a la misma con bisagras, de manera que pue- -- de seguir las desigualdades del perfil del fondo. La vi- -- sera se apoya en el fondo con patines ajustables, que man

tienen así una cierta abertura de succión. Este tipo de cabezal es apropiado para las clases de materiales más comunes. Para materiales compactos, como por ejemplo la arcilla, el cabezal puede armarse de cuchillas que se colocan en sentido transversal en la visera. Siendo entonces necesario fijar la visera bajo un ángulo adecuado con el tubo de succión, para que las cuchillas penetren en el fondo en un ángulo correcto.

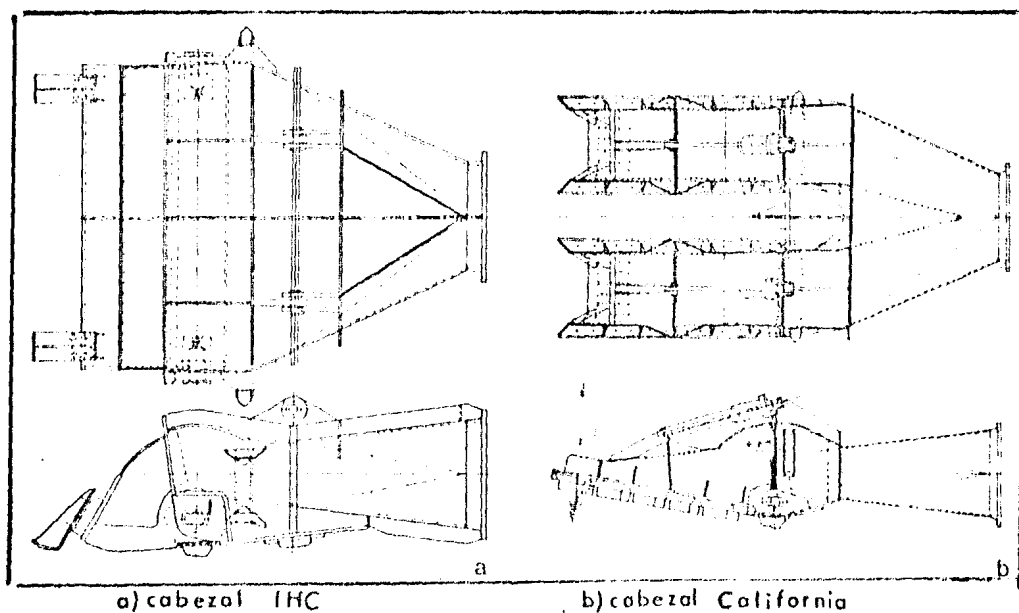


Fig. 8 TIPOS DE RASTRAS

El cabezal de succión California tiene una parte fija en la que están montadas con bisagras dos viseras. Estas viseras son de forma oblonga y están provistas de amortiguadores de choque. Este tipo de cabezal se presta particularmente para arena fina y muy compacta, pero se emplea igualmente para otras clases de materiales.

Ambos cabezales tienen una función predominantemente erosiva hidráulica, o sea que desprenden el material del fondo y lo transportan por medio de una corriente de agua a alta velocidad, que se pone en contacto íntimo con el fondo. El grado de esta velocidad determina la acción excavadora y por lo tanto la producción.

Un cabezal de succión que tiene principalmente una función

excavadora mecánica, es el llamado cabezal activo, y que corta el material del fondo mediante una jaula rotativa con cuchillas. Este cabezal es especialmente apropiado para la arcilla compacta.

b) Utilización.

Estas dragas se utilizan para profundizar las vías navegables en alta mar y en las dársenas portuarias, así como de su mantenimiento; y en abastecimiento de grava. Los materiales que pueden ser extraídos son: fango, arena, arcilla y grava.

I-8. Dragas de Succión con Cortador.

a) Características Generales.

Esta draga esencialmente es una combinación de las otras dragas, su principal función es excavar y mover al material hidráulicamente hacia otro sitio sin manejo adicional, mediante una tubería; y que cuenta con un dispositivo especial para disgregar al material llamado cortador, ver Fig. 9.

El cortador es un dispositivo giratorio, instalado en el extremo inferior de la escala de dragado, que sirve para cortar, disgregar y remover el material a fin de que la bomba de dragado pueda succionarlo fácilmente. Esto - - hace posible el dragado de terrenos duros o compactos, - dentro de ciertos límites y aumenta en forma apreciable la eficiencia de las dragas hidráulicas, ya que asegura el suministro de material suelto a la boquilla de succión, por la que es aspirado mediante la bomba de dragado y descargado por tubería hasta el lugar de depósito.

El cortador está sometido a grandes esfuerzos y efectos de abrasión considerables, que deteriorarían las cuchillas y aún al mismo cortador en breve tiempo, si no se -

construyeran de materiales resistentes como acero al manganeso.

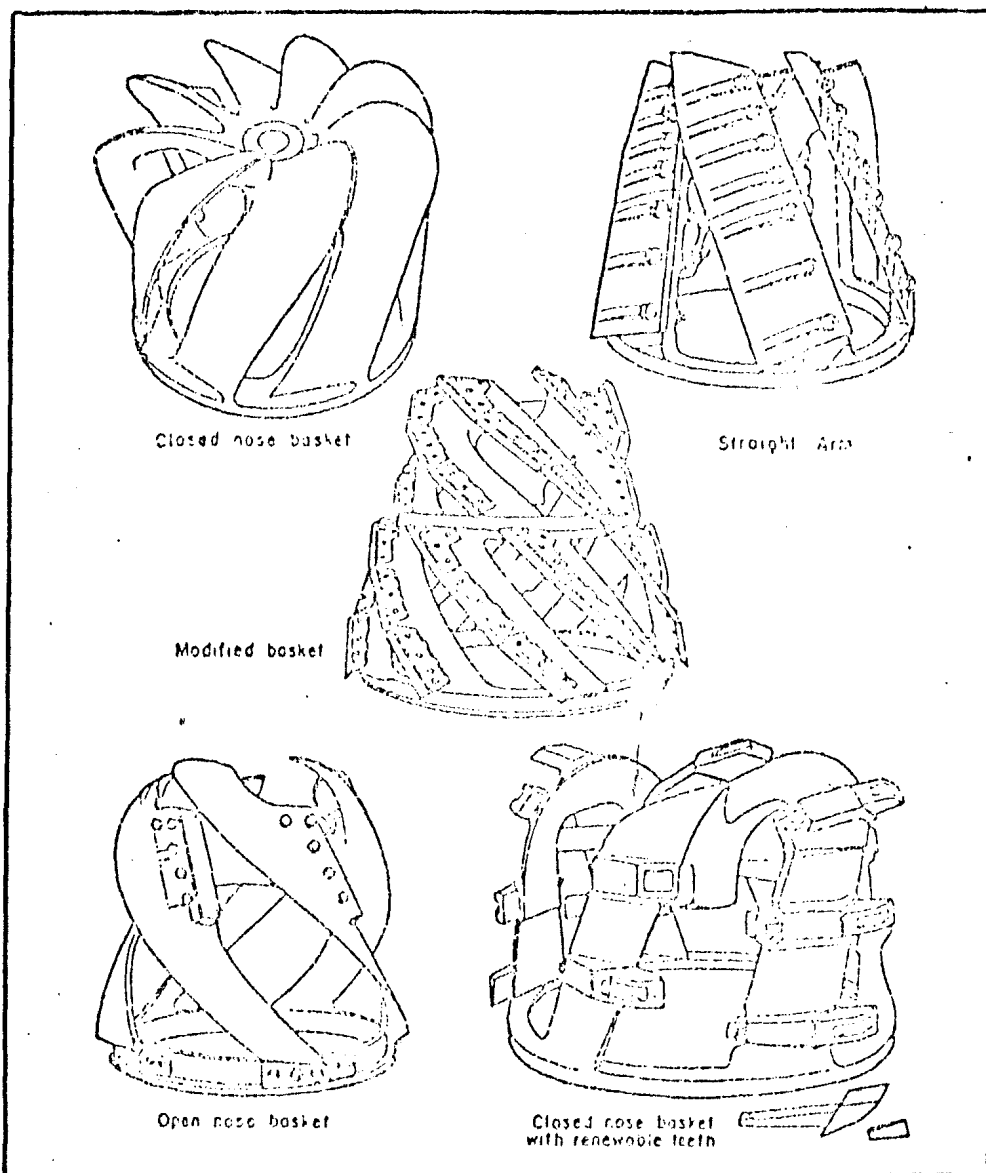


Fig. 9 TIPOS DE CORTADORES

El número de palas o aspas varía de tres a siete y las cuchillas o dientes se encuentran colocados de tal forma que puedan sustituirse cuando estén gastados.

La dirección de la rotación, número de aspas, potencia necesaria, diámetro y longitud del cortador, dependen fundamentalmente de las características de la draga y de las circunstancias propias del dragado de determinado material.

La velocidad del cortador varía entre 12 y 36 rpm, la que se regula de acuerdo con la clase de material que se drague, y por lo tanto, el motor tiene los medios necesarios para variarla según convenga.

El eje del cortador es de acero y su diámetro varía entre 12 y 45 cm o más.

La potencia desarrollada por el motor del cortador está comprendida entre 200 y 400 HP para dragas de 250 mm (10") y mayores, de 1,500 a 2,500 HP y aún más en dragas de 700 mm (28") a 762 mm (30").

Las dragas que emplean este dispositivo son generalmente estacionarias (Fig. 10), sin embargo, el cortador puede instalarse en unidades autopropulsadas, siendo entonces capaces de dragar a punto fijo en condiciones de oleaje significativo, este tipo de dragas son identificadas como dragas mixtas.

b) Utilización.

En vista de su producción continua y alta capacidad y posibilidad de dar un buen perfil de dragado; se emplean para construir canales y dársenas, ampliar vías navegables y canales, y en abastecimiento de arena. Los tipos de suelo que se pueden extraer son: arena, grava, arcilla, piedra arenisca y roca ligera.

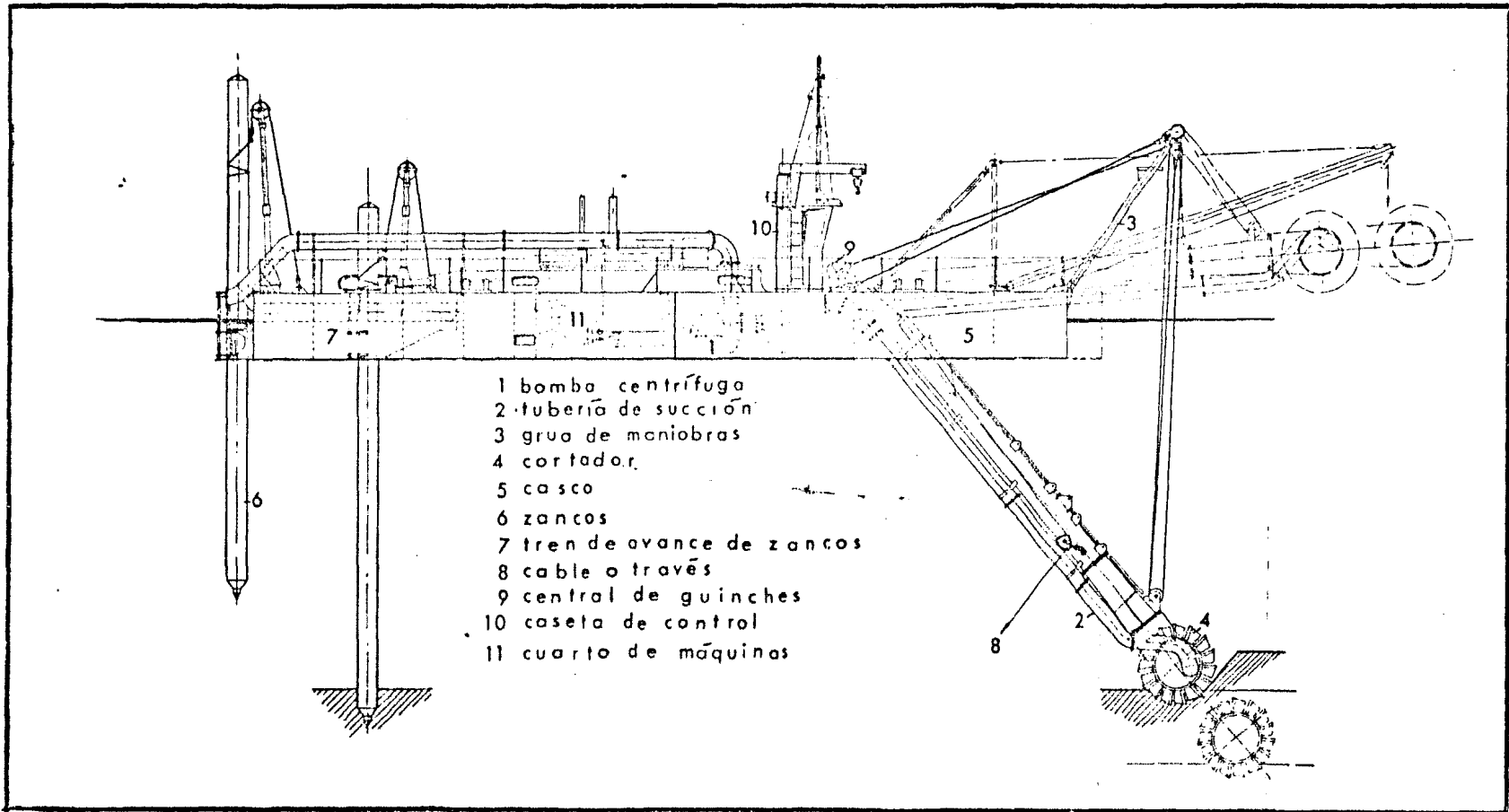


Fig. 10 DRAGA ESTACIONARIA DE SUCCION CON CORTADOR

II FACTORES PARA CALCULO DE RENDIMIENTO.

II-1. Dragas de Autopropulsión.

Para las dragas de autopropulsión con tolva, Fig. 11 existen dos condiciones principales de operación, que son:

- a) Navegación, cargada o descargada;
- b) Dragando con las tuberías de succión bajadas, lo cual produce un considerable incremento de resistencia;

Es decir, el diseño del casco bajo el agua y el proceso de carga es de suma importancia.

II-2. Diseño del Casco.

Cuando una gran distancia separa el área de dragado y la de tiro, la resistencia ofrecida por el casco asume gran significancia. Un diseño de casco que permite una mayor velocidad para una potencia de propulsión dada, redundará en una mayor producción por unidad de tiempo, a un costo total menor.

Cuando el área de dragado y de tiro están relativamente cercanas, el tiempo de llenado de la tolva es más importante que la velocidad de crucero.

La velocidad de la draga durante el dragado será entre dos o tres nudos; a esta velocidad, la resistencia del casco será relativamente baja y consistirá principalmente de fricción. En esta condición de operación, la tubería de succión es la causa principal de resistencia, debida al contacto de la rastra de succión con el fondo y el movimiento de la tubería a través del agua.

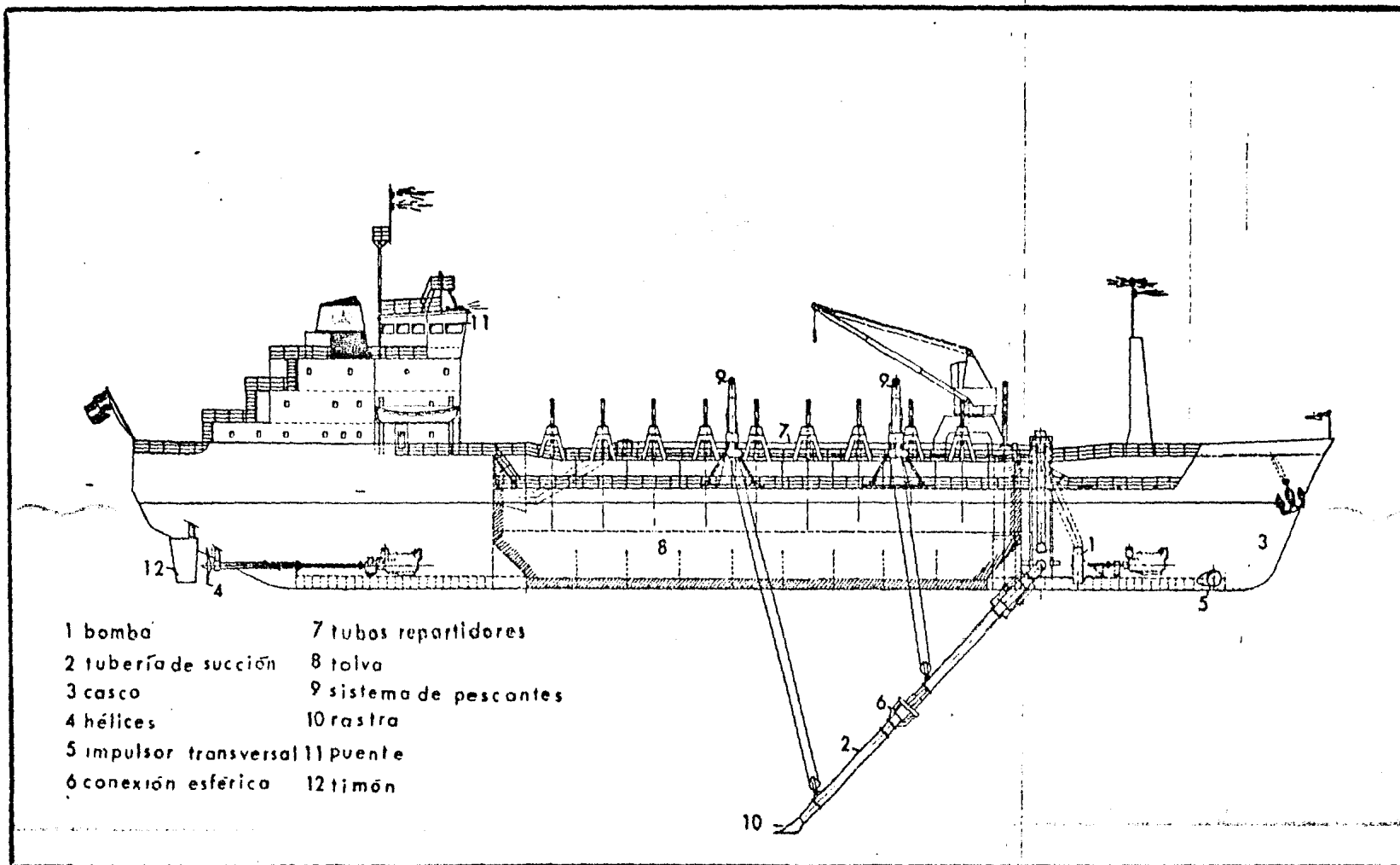


Fig. 11 DRAGA DE AUTOPROPULSION CON TOLVA

II-3. Rastra de Succión.

Despreciando los mecanismos de desplazamiento del material - en la cabeza de la rastra de succión, el máximo flujo en el sistema de succión hidráulica de una draga con tolva está limitado por dos factores:

- a) Máxima carga de succión disponible, y
- b) Máximo momento de torsión de gasto disponible, en la bomba.

Debido a que los requerimientos de carga para una draga son mínimos, el primer factor o las limitaciones de carga de succión controlan el rendimiento.

La pérdida de carga por presión en la rastra de succión puede ser calculada por la siguiente expresión (Fig. 12):

$$P_1 - P_2 = d(SW-1) - P_{\text{máx}} - (SW) \left(\frac{k Q^2}{2gA^2} - y \right)$$

donde: k = constante de pérdida de carga, que es una función del diámetro y longitud de la tubería, número de codos, válvulas, conexiones flexibles, etc.;

d = profundidad de dragado, en m;

SW = peso específico de la mezcla bombeada, en kg/m^3 ;

y = distancia entre la superficie del agua y el eje central de la bomba, en m;

Q = es la mezcla descargada, en m^3/s ;

A = área de la tubería de succión, en m^2 ;

g = aceleración de la gravedad, en m/s^2 ;

$P_3 = P_{\text{máx}}$

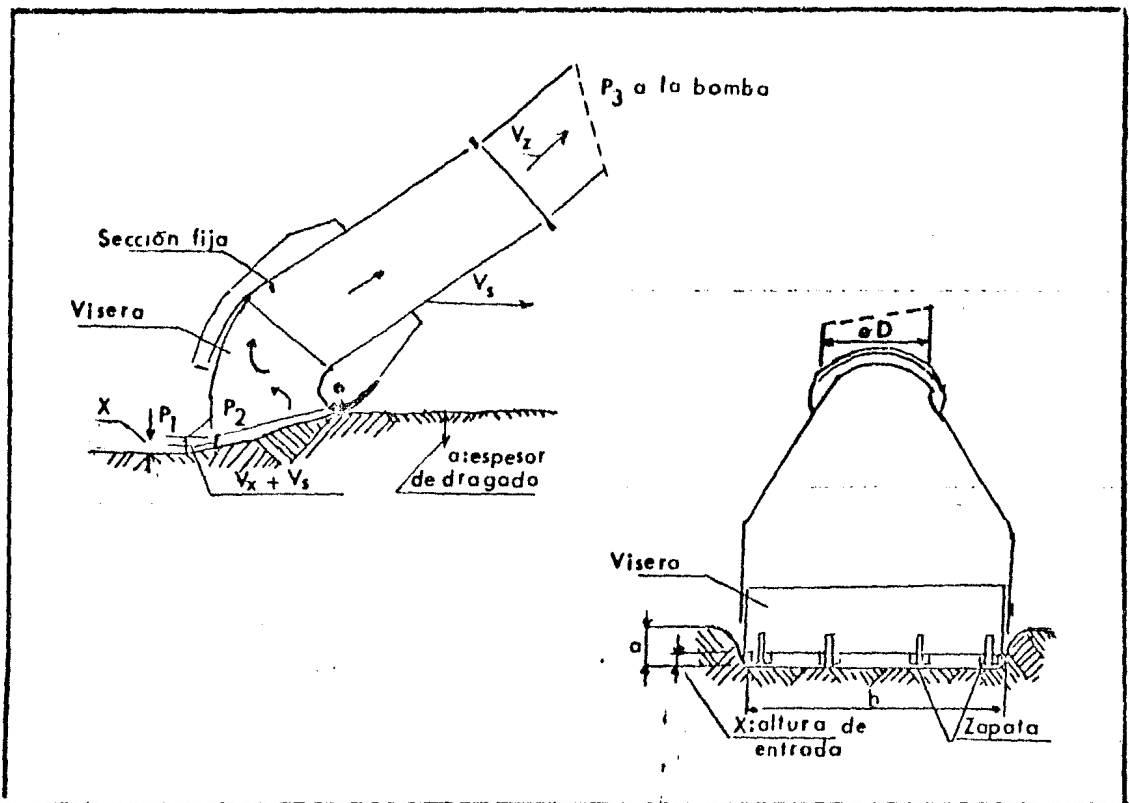


Fig. 12 RASTRA DE SUCCION

La producción, que puede ser medida en unidades de volumen o de peso del material o mezcla de agua y material, es una función de cierto número de variables:

1. El peso específico del material, usualmente dado en kg/m^3 ;
2. El ancho de abertura de la rastra de succión;
3. La forma de la abertura de la rastra;
4. Los efectos ambientales, tales como el movimiento debido al oleaje, corrientes, etc.;
5. La presión diferencial entre el interior y exterior de la rastra;
6. El movimiento de la draga (arfadas, cabeceos y balanceo);
7. Configuración geométrica del interior de la rastra.

Suponiendo un caso bidimensional (o despreciando el reflujo de la mezcla a través de las paredes), y la ausencia de corrientes externas en la rastra, una expresión para la diferencia de carga de presión a través de la rastra puede ser desarrollada:

$$p_1 - p_2 = \frac{SW_w}{2g} (v_m + v_d)^2$$

donde: SW_w = peso específico del agua, en kg/m³;

v_m = velocidad de la draga, en m/s;

v_d = velocidad relativa de la mezcla fluida con respecto al movimiento de la rastra, en m/s.

El valor del gasto total que entra en la rastra es igual a:

$$Q = \frac{a b v_d}{(2 - SW)}$$

donde: a = el ancho de la abertura, en m; y,

b = la altura de la abertura, en m.

En base a observaciones del flujo de la mezcla agua-sólido se ha establecido que el cambio de presión es igual a:

$$p = p_s - d(SW - 1) + (SW)y - \frac{K(SW)}{2g} \left(\frac{Q}{A}\right)^2 = \frac{(v_m + v_d)^2}{2g}$$

donde: p_s = a la presión de succión, en atmosferas.

En las ecuaciones enunciadas anteriormente, existen cuatro variables desconocidas (Q , SW , a , y v_d); por lo tanto es necesaria una ecuación adicional, o una relación para resolver el sistema de ecuaciones.

Tomando en cuenta que en muchas operaciones de dragado son usados chorros de agua para romper o diluir el material y que las propiedades de este varían considerablemente, lo que complica las suposiciones teóricas, se ha sugerido la siguiente expresión:

$$SW = \frac{(V_m + V_d)^2 (SW_s) + K_1 g a (SW_w)}{(V_m + V_d)^2 + k_1 g a}$$

donde: k_1 = constante adimensional.

En base a pruebas experimentales, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Con todas las variables constantes, un mayor vacío de succión absoluto produce un mayor rendimiento de sólidos.
2. Para una altura dada en la abertura de la rastra a una presión constante de succión, la máxima producción se alcanza a una descarga dada. Esta óptima descarga se eleva con el incremento de la profundidad de dragado. Se logra máxima producción a una concentración de mezcla dada. Esta óptima concentración decrece cuando se incrementa la profundidad de dragado.
3. A una mayor profundidad de dragado, la producción máxima se alcanza al incrementar la abertura de la rastra.

II-4. Tolva.

La forma y otras características de la tolva han sido sujetas a intenso estudio. Así, las investigaciones han mostrado que el diseño original de una tolva dividida en cierto número de compartimientos virtualmente cuadrados, es marcadamente menos eficiente que una tolva sin dividir.

El diseño de la tolva "abierta" es un producto de la tradición; los dragadores gustan de observar el material y así no perder de vista el proceso de carga de la tolva. Con la introducción de modernos instrumentos y la automatización de los procesos de dragado, sin embargo, las cosas han cambiado a este respecto. Ahora un gran número de grandes y modernas

dragas tienen tolvas "cerradas".

Una parte importante en cualquier tolva, es el sistema de vertederos. Cuando la mezcla dragada de material y agua llega a la tolva, los sólidos se asientan y el agua superficial escapa por los vertederos. En una situación ideal, solo agua fluiría hacia el exterior por los vertederos, en la práctica sin embargo, algo de material dragado es llevado al exterior antes de que tenga oportunidad de asentarse. El porcentaje de sólidos perdidos de esta forma es llamado como la "pérdida por vertederos o sobreflujo", y juega un papel importante en el proceso de carga de la tolva. Cuando el nivel de sólidos en la tolva sube, las pérdidas por vertederos se incrementa tan alto que a un nivel dado de sólidos, 100% del material que entra puede perderse via los vertederos, ver Fig. 13.

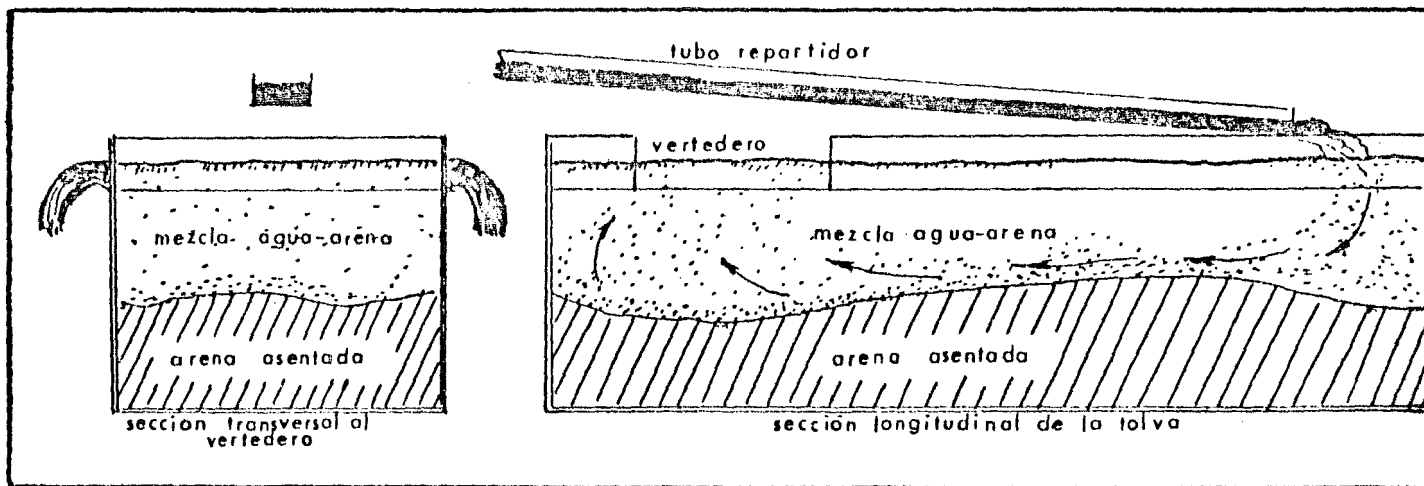


Fig. 13 TOLVA Y SISTEMA DE VERTEDEROS

El modelo y extensión de las pérdidas por vertederos están ampliamente gobernados por la naturaleza del material dragado y por el diseño de la tolva. Por consiguiente, el tiempo requerido para cargar la draga "bajo la marca" - en otras palabras, el tiempo de llenado de la tolva - está ampliamente influenciado por el tipo de material manejado y sobre todo del diseño de la tolva,

II-5. Ciclo de Dragado.

El tiempo de carga más económico está gobernado por el también llamado ciclo de dragado, es decir, el tiempo total requerido para cargar una tolva llena de material, acarrear este al sitio de tiro, descargarlo ahí y el retorno al área de dragado.

La cantidad de material manejado por unidad de tiempo puede ser expresada como:

$$\frac{\text{carga dragada}}{\text{ciclo de dragado}}$$

valor que debe ser tan grande como sea posible, implicando un valor máximo de producción de material.

El tiempo requerido para ir y regresar a la zona de descarga y el tiempo de descarga pueden ser estimados aproximadamente. El ciclo total de dragado entonces consiste en la suma de estos puntos más el aún todavía desconocido tiempo de carga. La Fig. 14, muestra como el tiempo de carga óptimo puede ser deducido de esos datos.

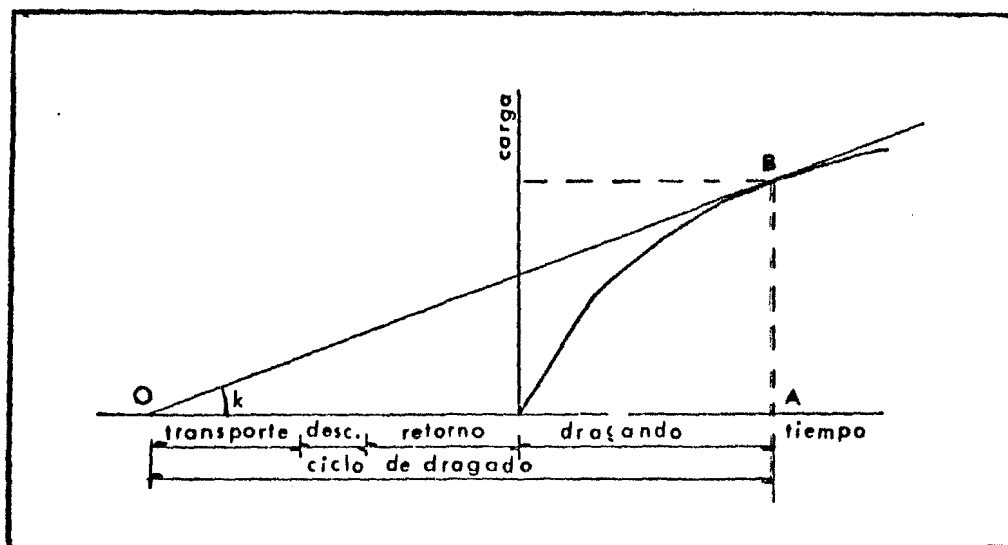


Fig. 14 CICLO DE DRAGADO

Es imperativo que:

$$\frac{\text{Peso de la carga}}{\text{ciclo de dragado}} = \frac{AB}{OA}$$

sea máximo - en otras palabras, que el ángulo k que la línea OB forma con el eje de tiempo, sea tan grande como sea posible. Esto puede ser así, si OB es una tangente de la curva de carga. El punto de contacto B entonces indica la duración económicamente admisible del ciclo OA y la carga dragada AB. El tiempo económico u óptimo de carga puede entonces ser leído .

La economía juega un papel significativo en el llenado de la tolva. Con la naturaleza del material como base, el tiempo de llenado de la tolva más económico debe ser establecido.

Si el material es muy fino, el tiempo empleado para llenar completamente la tolva puede hacerse muy desproporcionado debido a las rápidas y excesivas pérdidas por vertederos. En tales situaciones, una mayor producción de sólidos puede ser lograda estableciendo, experimentalmente o con la ayuda de instrumentos, un tiempo máximo de carga de la tolva dentro del cual la tolva se llena pero las pérdidas por vertederos no exceden un valor económico medio. Cuando este principio es aplicado, pueden resultar tolvas no completamente llenas. El momento más adecuado para cesar la carga de la tolva puede ser deducido de la curva de carga. Esta es trazada por una pluma movida por mecanismos de precisión, que continuamente miden el calado de la draga.

II-6. Dragas Estacionarias.

Para una draga de succión simple el factor que determina el rendimiento, es la bomba; y los componentes importantes de una draga de succión con cortador desde el punto de vista de máxima producción, son la bomba y el cortador. Así, el rendimiento del cortador y el volumen de material que el sistema bomba-tubería puede manejar deben ser evaluados.

II-7. Cortadores.

La potencia requerida para maniobrar el cortador está determinada -hasta cierto punto- por el propósito para el cual - la nave es diseñada. Así, un cortador que regularmente operara en suelos duros tendría una mayor potencia que, por ejemplo, uno que operara solo con arena compacta. Entre los principales factores que influyen en el rendimiento del cortador son su diámetro, velocidad y diseño, la naturaleza y diseño de las cuchillas, la velocidad y potencia de los traveses o guinches delanteros, el avance de la embarcación por el sistema de zancos.

Se han diseñado una serie de cortadores estándar que proporcionan óptimos rendimientos en diferentes tipos de suelos. La elección del cortador más adecuado, está determinada por el tipo de suelo, las condiciones de dragado, los requerimientos de potencia y otros factores y, requiere un gran cúmulo de experiencia.

II-8. Bomba de Dragado.

La potencia de las bombas de dragado está determinada por la distancia a la cual el material dragado ha de ser transportado. Si el material se vierte cargándolo sobre gánguiles abarloados a la draga, una relativa menor potencia es suficiente. La bomba de dragado tiene que efectuar cinco fases: (1) elevar el material en la mezcla, (2) superar la fricción en el sistema, (3) dar velocidad a la mezcla, (4) introducir la mezcla en movimiento dentro de la succión, y en ocasiones, (5) elevar la mezcla desde la superficie libre del agua al centro de la bomba. Cuando el eje central de la bomba coincide con la superficie libre del agua, esta quinta fase se elimina. En cada una de las cinco fases necesarias con excepción de la primera, el esfuerzo consumido es identificado como carga, y

en su determinación debe afectarse por la densidad del flujo, que corre a través de la tubería, así:

$$SG = (SG_m - SG_w) \frac{p}{100} + SG_w$$

donde: SG = peso específico relativo promedio de la mezcla;
SG_m = peso específico relativo del material dragado;
SG_w = peso específico relativo del agua en la mezcla;
p = porcentaje de concentración de sólidos por volumen.

II-9. Carga Total Dinámica.

La carga total dinámica sobre una bomba es la suma algebraica de todas las cargas individuales en el sistema de bombeo, y usualmente se expresa en metros de columna de agua, estas cargas, empezando desde la succión y continuando a través de la descarga, son la carga total de succión y la carga total de descarga.

a) Carga Total de Succión.

La carga total de succión es la carga necesaria para vencer la carga de entrada a la succión, la carga estática de succión, la carga de velocidad de succión, y la carga de fricción de succión. La suma algebraica de estas cuatro cargas, será la carga total de succión. Sólo la carga estática de succión puede ser negativa, las tres restantes serán siempre positivas.

1. Carga de entrada de succión (H_{es}). La energía consumida en introducir a la mezcla dentro de la succiónes llamada carga de entrada de succión. Esta pérdida generalmente es pequeña, puede despreciarse, puede -

ser obtenida de:

$$H_{es} = k_e \frac{v^2}{2g}$$

donde: k_e = factor de forma de la boca de succión, adimensional;

g = aceleración de la gravedad, en m/s²;

v = velocidad de la mezcla, en m/s.

2. Carga estática de succión (H_{ss}). A la energía consumida en la elevación de la mezcla sobre la superficie libre del agua, es llamada carga estática de succión, es decir, es la distancia vertical, entre la superficie libre del agua y el plano horizontal del eje central de la bomba. Puede ser negativa o positiva dependiendo de la posición de la bomba, con respecto al espejo del agua. Esta carga puede determinarse por medio de la expresión:

$$H_{ss} = SG_B - SG_w C$$

donde: B = distancia vertical entre el plano horizontal del eje central de la bomba y la entrada a la succión, en m;

C = distancia vertical entre la entrada a la succión y la superficie libre del agua, en m.

3. Carga de velocidad de succión (H_{vs}). Usualmente el valor de esta carga es mínimo, debido a la baja velocidad en la succión, y es la carga equivalente a la velocidad que el agua adquiere al entrar a la succión. Es por lo tanto, la carga que debe ser desarrollada para crear velocidad en la succión, y está dada por:

$$H_{vs} = \frac{(SG) (V^2)}{2g}$$

4. Carga por fricción en la succión (H_{fs}). Esta carga es la energía consumida para vencer a la fricción que actúa entre la columna líquida en movimiento y la pared interna de la tubería, y puede ser obtenida a partir de una expresión modificada de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_{fs} = (SG) f \frac{L v^{1.75}}{d \ 2g}$$

donde: L = longitud de la tubería de succión, en m;

d = diámetro interior de la tubería, en m;

f = coeficiente de fricción igual a 0.028.

5. Pérdidas locales. Una pérdida local, es una pérdida adicional debida a cambios de dirección; por la presencia de codos, accesorios; u otras irregularidades en la longitud de la tubería.

- i) Pérdida por cambio de dirección (H_d). Son dos las variables a considerar, el radio y el grado de curvatura (Fig. 15). Una buena aproximación de la pérdida se puede obtener de la ecuación:

$$H_d = \frac{k v^2}{2g}$$

$$\text{donde: } k = (0.131) + (1.847) \left(\frac{r}{R}\right)^{3.5} \frac{\phi}{180^\circ}$$

R = radio de curvatura, en m;

r = radio interior de la tubería, en m;

ϕ = ángulo de deflexión, en grados decimales.

- ii) Pérdidas por válvulas. Estas pérdidas se incrementan proporcionalmente con el diámetro de la tubería. Una buena aproximación puede obtenerse --

multiplicando el diámetro de la tubería en m, por 6.5 para obtener la longitud equivalente de - - tubería.

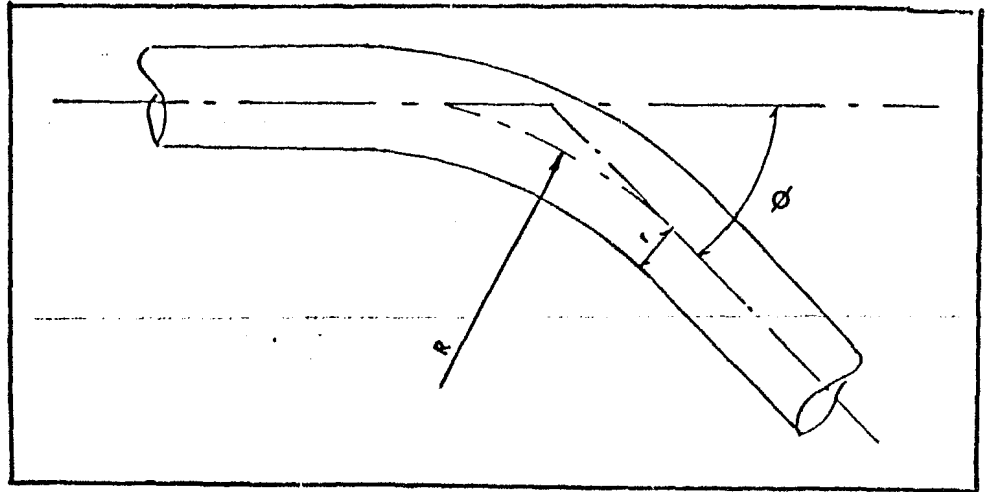


Fig. 15 CAMBIO DE DIRECCION

- iii) Pérdidas por bolas radiales (H_b). Estas pérdidas usualmente son determinadas por:

$$H_b = C \frac{v^2}{2g}$$

donde: $C = 0.10$

- iv) Pérdidas por contracciones y expansiones repentinas (H_x). Para reducciones aguas arriba (contracción repentina), la pérdida de carga será:

$$H_x = \frac{(v_2 - v_1)^2}{2g} C_1$$

donde: v_1 = velocidad de entrada, en m/s;

v_2 = velocidad de salida, en m/s;

$C_1 = 0.4$ a 0.5

cuando la reducción es aguas abajo, la pérdida de carga en cada junta será obtenida por medio de la

ecuación para contracciones repentinas, sustituyendo la constante C_1 por la C_2 , siendo C_2 igual a 1.0, ver la Fig. 16.

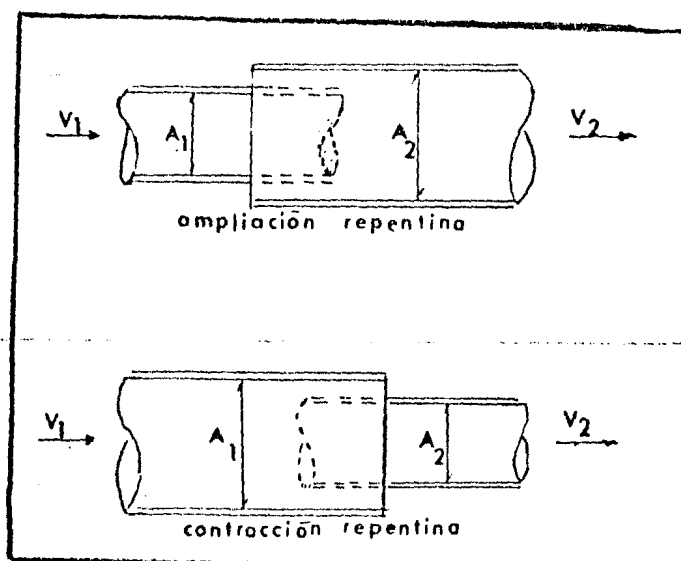


Fig.16 AMPLIACIONES Y CONTRACCIONES

b) Carga Total de Descarga.

La carga total de descarga es la suma de las cargas: --
estática, de velocidad y de fricción en el sistema de --
descarga.

1. Carga estática de descarga (H_{sd}). Es la distancia --
vertical entre el plano horizontal del eje central de
la bomba y el punto de descarga, es decir:

$$H_{sd} = SG h$$

donde: h = altura de descarga, en m.

2. Carga de velocidad de descarga (H_{vd}). En términos --
simples, es la carga creada por la bomba --siendo la --
carga de salida menor que la carga de entrada-- y es --
proporcional a los diámetros de succión y de descarga
de la bomba. Si las aberturas de succión y descarga --

tienen el mismo diámetro, esta carga será nula. Puede obtenerse por medio de:

$$H_{vd} = SG \frac{(v_d)^2 - (v_s)^2}{2g}$$

donde: v_d = velocidad de la mezcla en la descarga, en m/s;

v_s = velocidad de la mezcla en la succión, en m/s.

3. Carga de fricción en la descarga (H_{fd}). Es la carga requerida para vencer las pérdidas debidas a la fricción en la descarga. Puede ser obtenida a través de la ecuación para la carga de fricción en la succión, como se vió en II-9.a)4.,; pero donde L = longitud de la tubería de descarga, en m; d = diámetro interior de la tubería de descarga, en m.
4. Pérdidas locales. Para la determinación de la longitud equivalente de la línea de descarga, la longitud de la línea flotante se multiplica -en algunas ocasiones- por una constante que varía entre 1.3 y 1.5 para corregir las fricciones adicionales causadas por la presencia de codos y juntas radiales en esa línea, cuando estas no son calculadas individualmente. La línea terrestre en algunas ocasiones se afecta de una constante igual a 1.1, para corregir las fricciones creadas por conexiones y bifurcaciones. Las pérdidas por concepto de cambios de dirección, válvulas, bolas radiales y contracciones o ampliaciones; son consideradas en términos de longitudes equivalentes de tubería, en igual forma como se mostró en el párrafo II-9.a)5.

II-10. Rendimiento.

El rendimiento de una draga estacionaria, es medido en metros cúbicos de material removido por hora, y es una función del - diámetro de la tubería de descarga, la velocidad de flujo y - la concentración de material en la mezcla, y se determina:

$$Q = (0.785) (3600) (p) (d^2) (V)$$

donde: Q = rendimiento o gasto, en m³/hr;

p = concentración de material en la mezcla, en %;

d = diámetro interior de la tubería de descarga, en m;

V = velocidad del flujo, en m/s.

II-11. Potencia.

La potencia consumida para forzar al material y agua en la descarga y fuera de ella, más la potencia para recorrer la bomba y vencer todas las pérdidas, es identificada como potencia al freno:

$$P = \frac{(SG) (Q) (H_t)}{75 e}$$

donde: P = potencia al freno, en CV;

SG = peso específico relativo promedio de la mezcla - bombeada, en kg/m³;

Q = gasto, en m³/s;

H_t = carga total dinámica de la bomba, en m;

e = eficiencia de la bomba, adimensional.

Los requerimientos de potencia de la bomba de dragado están de terminados por la carga total dinámica, y existen límites que- pueda alcanzar: la distancia de tiro no puede ser incrementa-

da al infinito. En el caso de que fuera obligado una mayor-
distancia de tiro, sería necesario emplear una segunda bomba
dentro del sistema; esta puede ser de tipo flotante o terres-
tre, dependiendo de las condiciones locales. La bomba de -
rebombeo puede también ser colocada en la draga misma, un -
reciente desarrollo en este campo, es la colocación de una -
bomba sumergida en la escala de dragado, especialmente en -
las dragas grandes. La principal función de una bomba tal,
es compensar ciertas limitaciones de vacío en el lado de -
succión de la bomba principal en el casco, permitiendo un in-
cremento de la concentración de material en la mezcla. Esto
es de particular importancia cuando se draga a grandes pro-
fundidades.

III COMPONENTES DEL PRECIO UNITARIO

III-1. Generalidades.

En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son:

$$\text{PRECIO UNITARIO} = \text{COSTO UNITARIO} + \text{UTILIDAD}$$

donde el costo unitario, se compone del costo directo más el costo indirecto.

En la industria de la construcción en general, se da el caso excepcional que el precio de venta del producto, es determinado y convenido previamente a la elaboración del mismo; con base en análisis en los que no todas las condiciones que prevalecerán en la ejecución de la obra son previsibles, y en costos experimentales que en muchos casos por variaciones de mercado resultan de una validez solo relativa.

El problema de prever los costos finales, se complica cuando intervienen factores como los retrasos en los pagos concertados, que originan gastos financieros; como la escasez de materiales o como las suspensiones de trabajos por mal tiempo. Por último, el desconocimiento, omisión o subestimación de elementos que integren el precio de venta, sumado a las condiciones antes mencionadas, producen situaciones de competencia literalmente ruinosas, con cotizaciones al cliente o con posturas en concursos que lesionan al proponente directamente; pero también a los postores y al mismo comitente de la obra.

III-2. Costo Directo.

La contabilidad general, acepta y señala como elemento del costo directo, a todos aquellos gastos que tienen aplicación

directa a la elaboración de un producto determinado. Dada la integración de los costos del dragado, podemos señalar como costo directo a la suma del costo de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un dragado. Para desarrollar la integración propuesta, consideramos:

a) Materiales.

Podemos distinguir dos tipos de materiales, intrínsecos y auxiliares. Los intrínsecos son aquellos que, como la arena, la grava, quedan integrados al producto a realizar (en el caso de un relleno), y los materiales de tipo auxiliar son aquellos como el combustible, los lubricantes, etc., que coadyuvan a la realización de la obra.

Es necesario considerar el valor de los materiales puestos en obra, para evitar en el análisis, la multiplicidad de los fletes y alijos necesarios para colocar ese material en su lugar de utilización.

b) Equipo.

En este renglón se cae fácilmente en omisiones y subestimaciones de los gastos fijos: depreciación, inversión, seguros, almacenaje, mantenimiento mayor y menor.

1. Cargo por depreciación. Es el que resulta por la disminución en el valor original de la draga, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica.
2. Cargo por inversión. Es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.
3. Cargo por seguros. Es el cargo necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la draga durante su vida económica y por accidentes que sufra.
4. Cargo por mantenimiento. Son los cargos originados por todas las erogaciones para conservar a la draga en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con

rendimiento normal durante su vida económica. Se divide en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la draga en talleres especializados, o aquellas que puedan realizarse en el campo, empleando personal especializado, y que requieran retirar a la draga de los frentes por un tiempo considerable. Incluye: obra de mano, repuestos y renovaciones de partes de la draga, así como otros materiales necesarios. En el mantenimiento menor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras; así como cambios de líquidos hidráulicos, aceites, filtros, grasas, etc. Incluye al personal y equipo auxiliar que realizan estas operaciones de mantenimiento y otros materiales que sean necesarios.

5. Cargos por consumos. Los cargos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de:

i) Combustibles. Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan energía que utilizan al desarrollar trabajo.

ii) Otras fuentes de energía. Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos de energía eléctrica o de energéticos diferentes de los combustibles señalados en el punto anterior, y representa el costo que tenga la energía consumida en la unidad de tiempo considerada.

iii) Lubricantes. Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites, incluye las erogaciones

nes necesarias para suministrarlos en las dragas.

iv). Piezas especiales de desgaste rápido. Este es relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc. cuya vida económica es inferior al resto del equipo.

6. Cargos por operación. Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto de pago de salarios al personal encargado de la operación de la draga, por hora efectiva de trabajo.

c) Mano de Obra.

La valorización del costo de la mano de obra, es uno de los más grandes problemas de la construcción en general. El salario, es aquel señalado en el tabulador para operadores de maquinaria, atendiendo a la clase de draga, capacidad y responsabilidad delegada al operador y condiciones generales de trabajo; sin olvidar que dicho salario base estará afectado por la ley de la oferta y la demanda.

III-3. Costo Indirecto.

Son los gastos generales necesarios para la ejecución de la obra y para el funcionamiento de la empresa de dragado, no aplicables a un concepto de trabajo en particular y que es práctica común prorratear para su recuperación, entre los costos directos.

Se distinguen en consecuencia dos tipos de indirectos: el indirecto de operación, como aquel producido por la estructura técnica-administrativa, que fundamenta la oficina central de la empresa; y el indirecto de obra, como el ocasionado por la estructura técnico-administrativa necesaria, para el buen desarrollo de la misma, a más de los cargos que por otros concep-

tos, deban ser especiales de cada obra.

a) Costo Indirecto de Operación.

Independientemente del tamaño de una empresa dragadora, se puede considerar la existencia de tres áreas:

1. Area de producción. Aquella que ejecuta las obras.
2. Area de control de producción. Aquella que reporta los resultados de las mismas (contabilidad) y cumple con los requisitos impositivos.
3. Area de producción futura. Aquella que genera ventas a través de sus departamentos de proyectos y con cursos.

Cabe señalar, que dada la demanda cíclica de los servicios de una empresa dragadora, se hace recomendable que su organización contemple las posibilidades de ser colapsable, es decir, crecer al crecer la demanda y disminuir cuando esta aminore, hasta un límite mínimo de eficiencia.

Las áreas a considerar en la integración del costo indirecto de operación, se pueden enunciar en:

1. Cargos técnicos y administrativos. Considerando bajo este capítulo los gastos que constituyen la estruc tura ejecutiva, técnica y administrativa de la empresa.
2. Alquileres y/o depreciaciones. Aquellos gastos por concepto de locales o servicios necesarios para la empresa.
3. Obligaciones y seguros. Aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y los convenientes para la disminución de riesgos.
4. Materiales de consumo. Aquellos gastos sin recuperación y también necesarios para su buen funcionamiento.
5. Capacitación y promociones. Aquellos gastos indispensables para incrementar la producción, a través de la

capacitación y actualización de sus integrantes, así como los gastos realizados por anticipado, a veces - sin recuperación.

b) Costos Indirector de Obra.

Si se analiza el indirecto de obra, vemos su semejanza con el directo de operación, dado que es otra estructura técnica-administrativa, destinada a un proyecto en especial que contendrá los mismos conceptos.

III-4. Utilidad.

La productividad legítima de capitales invertidos, el ciclo de recuperación y los riesgos que acompañan a cualquier inversión, son factores que determinan la utilidad, que se expresa como un porcentaje de la suma del costo directo total y de los costos indirectos. Otros factores circunstanciales que pueden influir en la determinación del porcentaje de utilidad pueden ser: el grado de dificultad técnica de la obra, localización de la misma, plazo en que deba ejecutarse, magnitud de la obra, etc.

La utilidad, es la ganancia que recibe el empresario por el trabajo producido y los riesgos afrontados.

III-5. Ejemplo de Aplicación.

) Considerando que se tiene que dragar un canal a una profundidad de 8.0 m; depositando el material dragado en un sitio especialmente dispuesto con un área de 81 has confinada por un dique de 8,100 m, a una cota de + 4.0 m, con una capacidad para captar 707,000 m³, y que se encuentra a una distancia promedio de 2,500 m de la zona de dragado.

Equipo disponible del contratista:

- a) Draga de 20", con bomba de 2,500 CV y bomba auxiliar de 600 CV.
- b) Chalán para manejo de anclas.
- c) Bomba auxiliar de 1,300 CV, y 18" de diámetro.
- d) 750 m de tubería flotante.
- e) Chalán grande con cubierta y taller.
- f) 1,000 m de tubería terrestre.
- g) 2 lanchas pequeñas de 50 CV cada una.

Equipo complementario (que se tiene que arrendar):

- h) Chalán auxiliar para la draga, de 200 CV.
- i) 2,000 m de tubería terrestre.
- j) Unidad de remolque para oficinas.
- k) 2 camiones de 3/4 de tonelada.
- l) Un cucharón de arrastre de 1/2 m³.
- m) Un bulldozer No. D9.

1. Cálculos Preliminares.

Volumen en sitio:	707,000	m ³
Longitud promedio de la tubería:	2,500	m
Velocidad promedio estimada:	5.0	m/s
Gasto medio de la mezcla:	3,700	m ³ /hr
Producción promedio (18%):	666	m ³ /hr
Peso específico promedio de la mezcla:	1.15	tn/m ³
Carga de fricción:	134.64	m

$$H_{fs} = (1.15)(0.028) \frac{(2,500)(5.0) \cdot 1.75}{(0.51)(2)(9.8)}$$

Carga estática de succión:	9.2	m
$H_{ss} = (1.15)(8.0) - (1.025)(0)$		
Carga estática de descarga:	4.6	m
$H_{sd} = (1.15)(4.0)$		
Carga Total Dinámica:	148.44	m
Potencia promedio para bombeo:	3,900	CV
$P = \frac{(1,150)(3,700)(148.44)}{(75)(3,600)(0.6)}$		
Potencia auxiliar estimada:	500	CV

POTENCIA TOTAL ESTIMADA PARA LA

DRAGA POR HORA DE BOMBEO: 4,400 CV

Horas Totales de Bombeo: 1,062 hr

$$707,000/666$$

Tiempo perdido por causas mecánicas y por la tubería(25%): 265 hr

Tiempo perdido a causa de las condiciones climatológicas(5%): 53 hr

TIEMPO TOTAL DE TRABAJO: 1,380 hr

Requerimientos de Potencia:

Draga y bomba auxiliar: 4'672,800 CV/hr

$$1,062 \text{ hr} \times 4,400 \text{ CV}$$

Chalán auxiliar y lanchas de trabajo: 139,200 CV/hr

$$58 \text{ días} \times 300 \text{ CV} \times 8 \text{ hr/día}$$

REQUERIMIENTO TOTAL DE POTENCIA: 4'812,000 CV/hr

2. Programa de Trabajo.

3 turnos por día de 8 horas cada uno, 5 días a la semana, es igual a 520 hr/mes.

Total de meses de Dragado:	2.7	meses
1,380 hr de trabajo/520 hr/mes		
Tiempo de Movilización - -		
Estimado:	2.0	meses
Tiempo de Desmovilización - - -		
Estimado:	1.0	meses
TIEMPO TOTAL DE PROYECTO:	5.7	meses

3. Estimación de Costos.

Los costos usados en el presente trabajo, fueron supuestos, y se recomienda analizar dichos costos en el periodo de ejecución de cada obra en particular.

A. Costo de Combustibles y Lubricantes.

Potencia Total de Proyecto: 5'583,600 CV/hr

Draga y bomba auxiliar

y lanchas de trabajo:

4'812,000 CV/hr

Cucharón de arrastre:

124 días x 8 hr/día x 400 CV =

396,800 CV/hr

Bulldozer:

124 días x 8 hr/día x 650 CV =

644,800 CV/hr

Consumo de Combustibles: 1'109,000 litro

$5'853,600 \text{ CV/hr} / (5.28 \text{ CV/hr}) / \text{litro}$

Costo del Combustible del -

Proyecto: \$ 11'090,000

$1'109,000 \text{ litros} \times \$ 10.00 \text{ litro}$

Costo de Lubricantes (aprox.

10 % del costo del combusti-

ble: \$ 1'109,000

COSTO TOTAL DE COMBUSTIBLES

Y LUBRICANTES: \$ 12'199,000

B. COSTO DE MANO DE OBRA POR HOMBRE/MES.

COSTOS DIRECTOS DE MANO DE OBRA.	HORAS POR MES (ORD)	PAGO POR HORA (ORD)	HORAS POR MES (EXT)	PAGO POR HORA (EXT)	SALARIO TOTAL MENSUAL	PRESTACIONES Y VIATICOS (APROX)	COSTO TOTAL/HOMBRE/MES	NUMERO DE HOM-BRES	MESES EN EL PROYECTO	COSTO DE MANO DE OBRA DE PROYECTO
Op.de Cucharón Arrastre	173	0.156			27.0	2.9	29.9	1	5.7	170
Op.de Bulldozer	173	0.156			27.0	2.9	29.9	1	5.7	170
Op.de Barco	173	0.233			40.3	4.8	45.1	3	2.7	365
Op.de Palancas	173	0.291			50.3	6.1	56.4	3	2.7	459
Ingenieros	173	0.277			47.9	5.8	53.7	3	2.7	435
Trabs.de Cubierta	173	0.131			22.7	2.8	25.5	3	2.7	207
Capataces del Relleno	173	0.233			40.3	4.8	45.1	3	2.7	365
Obreros	173	0.108			18.7	2.2	20.9	12	2.7	677
Choferes de Camión	173	0.108			18.7	2.2	20.9	2	2.7	113
Soldadores-Mecánicos	173	0.233			40.3	4.8	45.1	4	2.7	487
Capataces de Turno	173	0.320			55.4	6.7	62.1	3	2.7	503
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS DE MANO DE OBRA										3,951
GASTOS GENERALES DE MANO DE OBRA.										
Ingenieros					93.3	11.2	104.5	1	5.7	596
Supervisores					78.6	9.4	88.0	1	5.7	502
Topógrafos					63.8	7.7	71.5	2	5.7	815
Contadores					38.0	4.6	42.6	1	5.7	243
Secretarias					21.4	2.6	24.0	1	5.7	137
TOTAL DE GASTOS GENERALES DE MANO DE OBRA										2,293

C. Estimación del Programa de Mantenimiento y Suministro de Materiales de Consumo.

Equipos cubiertos: Todos los equipos flotantes.

Suministros	Costo Mensual (en miles de pesos)
Lubricantes:	3.9
Líquido hidráulico:	31.4
Filtros para aceite y líquido hidráulico:	7.9
Empaquetaduras y empa- caduras:	1.0
Cables de acero:	52.3
Suministros para la - soldadura:	20.9
Piezas para el corta- dor:	65.3
Herramientas de mano:	7.9
Marcadores para levan- tamiento topográfico:	5.2
Piezas para la bomba:	355.6
2 juegos de partes débiles-	
\$960,000/2.7 meses	
Desgaste y reemplazo- de la línea de tubería:	390.3
2,600 m de tubería terrestre en \$150.1 por metro- media - vida	

Mantenimiento Periódico
y Diferible

-Reparación general del motor:	0.3
\$ 2'400,000/8,000 hr	
-Sistema hidráulico:	0.2
\$ 1'440,000/6,000 hr	
-Generadores y motores:	0.1
\$ 960,000/16,000 hr	
Compresores de aire:	2.6
Bombas de servicio:	5.2
Reparaciones al - - - guinche:	7.9
Poleas:	2.6
Engranajes de reducción:	20.9
Embragues:	13.0
Remolque, pintura y reparaciones al casco:	0.2
\$ 1,600,000/8,000 hr	
Otros costos:	-
COSTO TOTAL MENSUAL:	994.7
COSTO DEL PROYECTO:	2,685.7
2.7 meses de operación por	
\$ 994.7	

D. Costos de Arrendamiento y Alquiler de Equipos.

(todos los costos están en miles de pesos)	COSTO MENSUAL	MESES DE ALQUILER	COSTO EN PROYECTO
Camiones (2): (incluye combustible y mantenimiento).	27.8	5.7	158.5
Cucharón de arrastre(1):	111.0	5.7	632.7
Bulldozer (1):	138.8	5.7	791.2
Equipo para soldar :	-	-	-
Generadores :	-	-	-
Compresores de aire:	-	-	-
Herramientas neumáticas o eléctricas:	-	-	-
Instalaciones sanitarias:	-	-	-
Chalán auxiliar y lanchas de trabajo (1):	83.3	2.7	224.9
Dragas:	-	-	-
Chalanes:	-	-	-
Bombas auxiliares:	-	-	-
Bombas para agua:	-	-	-
Oficina móvil de remolque (1):	11.1	5.7	63.3
COSTO TOTAL DE ARRENDAMIENTO Y ALQUILER EN EL PROYECTO:			\$ 1,870.6

Nota: Los equipos arrendados y/o alquilados con frecuencia involucran el mantenimiento, el combustible y otros no incluidos arriba. Dichos costos deberían ser considerados en otras partes de la estimación de costos.

E. Gastos Generales Directos.

(todos los costos están en miles de pesos)	COSTO POR MES	NUMERO DE MESES	COSTO EN PROYECTO
Comunicaciones:	11.8	5.7	67.3
Suministros de oficina:	3.9	5.7	22.2
Alquiler de oficina y útiles:	20.9	5.7	119.1
Equipos de oficina:	5.2	5.7	29.6
Equipos de topografía	5.2	5.7	29.6
Automóviles, camiones de reparto, combustible y mantenimiento:	(incluidos en el alquiler)		
Seguros relacionados con el proyecto:	261.2	5.7	1,488.8
Asesoría legal local:	-	-	-
Personal (detallado en el inciso B, estimación del costo de mano de obra):	-	-	2,293.0
Impuestos locales:	-	-	-
TOTAL DE GASTOS GENERALES DIRECTOS PARA EL PROYECTO:			\$ 4,049.6

Gastos Generales Indirectos.

Los costos de gastos generales indirectos están mas bien relacionados con el total de costos directos y con el precio total de venta. Una práctica común es calcular los gastos generales indirectos como un porcentaje del total de costos directos.

K. Costo de Recuperación de Capital.

(todo costo está en miles de pesos)

	COSTO DE REEMPLAZO	VIDA UTIL	FACTOR	RECUPERACION DE CAPITAL REQUERIDA POR AÑO
Draga:	50,000	20 años	0.142	7,100
Chalán para manejo de - las anclas:	3,000	20 años	0.142	426
Lanchas de trabajo (2):	850	10 años	0.184	156
Línea de - tubería - flotante:	20,000	10 años	0.184	3,680
Bomba auxi- liar:	6,000	10 años	0.184	1,104
Chalán de - cubierta:	10,000	20 años	0.142	1,420

TOTAL DE RECUPERACION DE CAPITAL ANUAL: \$ 13,886

Sé ha estimado que el promedio de uso de los equipos -
es de 7 meses por año.

RECUPERACION MENSUAL DE CAPITAL REQUERIDA: \$ 1,984
\$ 13,886/7 meses

RECUPERACION DE CAPITAL PARA ESTE PROYECTO:

Movilización y Desmovilización: \$ 5,952
3 meses x \$ 1,984

Dragado: \$ 5,357
2.7 meses x \$ 1,984

Nota: Una mejor práctica es la de determinar periódica-
mente las tasas de recuperación de capital para
todos los equipos, en vez del método empleado -
anteriormente. Esto se debe al hecho de que - -

algunos equipos se usan con más frecuencia que -
 otros. Consultar el Anexo III-a para más discu-
 sión sobre este punto.

4. Precio Unitario (todo costo está en millones de pesos)

GRUPO	COSTOS DIRECTOS	COSTO TOTAL	%
A	Combustibles, aceite lubricante y energía:	12.2	27.8
B	Mano de obra:	4.0	9.1
C	Mantenimiento y materiales de consumo:	2.7	6.2
D	Alquiler de equipos y arrenda- mientos:	1.9	4.3
E	Gastos generales director para el proyecto:	4.0	9.1
F		-	-
G	Subtotal:	24.8	
H	Asignación por inflación 5% de G:	1.2	2.7
I	Contingencias, 5% de G:	1.5	3.4
J	TOTAL DE COSTO DIRECTO (G+H+I):	27.5	62.3
COSTOS INDIRECTOS			
K	Recuperación de capital:	11.4	26.0
L	Gastos generales indirectos 18% J:	5.0	11.4
M	TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS (K+L):	16.4	37.4
N	TOTAL DE COSTOS PRIMARIOS (J+M):	43.9	100.0
O	Riesgo y ganancia en trabajo - primario:	11.0	25.0
P	SUBTOTAL DE PRECIO DE VENTA (N+O):	54.9	125.0
Q	Comisiones:	-	-

R	Costo de fianzas:	0.4	1.0
S	PRECIO TOTAL DE VENTA DEL TRABAJO PRIMARIO (P+Q+R):	55.3	
T	Costo de subcontratos:	4.1	
U	Riesgo y ganancia en subcontratos 10%:	0.4	
	PRECIO TOTAL DE VENTA DE LOS - SUBCONTRATOS:	4.5	
V	Costo unitario del dragado por m3 de relleno (en pesos): \$ 55.3 x 10 ⁶ (S)/707,000 m3		\$ 78.22/m3
W	Costo de movilización y desmovili- zación 25%: (consultar el Anexo III-b, para mayor detalle)	11.0	
X	Riesgo y ganancia sobre la movili- zación 25%:	2.8	
	PRECIO DE VENTA DE MOVILIZACION:	13.8	

IV INFORMACION BASICA PARA UN PROYECTO DE DRAGADO

IV-1. Introducción.

Una cuidadosa investigación de tipo general del sitio de operaciones; junto con investigaciones de campo, que comprenden el estudio de las características físicas del área, tales como:

- a) Hidrografía y Topografía;
- b) Influencias meteorológicas y oceanográficas;
- c) Hidráulica costera, que estudia la influencia local del mar sobre la línea de playa;
- d) Exploración del material a dragar, ya sea en tierra - firme o bajo el mar;

son esenciales para efectuar la planificación de un proyecto de dragado.

IV-2. Información General.

El juicio técnico es importante para preparar estimaciones realistas de alternativas de dragado, por lo que el ingeniero debe:

- a) Estudiar el área de proyecto; es decir, las características comerciales e industriales que se desarrollen en la misma; y,
- b) Inspeccionar el sitio de obra para determinar las técnicas de dragado, los auxiliares necesarios, el método de disposición, etc.

IV-3. Información Hidrográfica y Topográfica.

Un plano de sondeo en el que se indique: la zona de dragado, con las boyas y balizas que la delimiten; y la batimetría y/o topografía de la misma, para cuantificar los volúmenes de material a dragar; es necesario en la planificación de las operaciones de dragado.

La mayoría de los reconocimientos batimétricos son efectuados por medio de una ecosonda de alta resolución, que puede ser montada en una embarcación obtenida localmente; sin embargo, el método de sondeo por intersecciones es aún empleado, particularmente en lugares inaccesibles y en estructuras o sitios cercanos.

Los reconocimientos topográficos son efectuados por los métodos convencionales.

IV-4. Información Meteorológica.

La mayoría de las regiones del mundo cuentan con registros del clima, aunque en algunos casos pueden ser estadísticamente insuficientes y deben ser completamente estimados. Sin embargo, es razonablemente adecuado que, para un sitio determinado, los registros de viento y lluvia de un lugar cercano pueden ser útiles, y servirán al menos para estudios preliminares.

El conocimiento de la frecuencia y severidad de las tormentas, es importante en la planeación de un proyecto de dragado.

IV-5. Información Oceanográfica.

La Oceanografía es el estudio del comportamiento del mar, y cubre una amplia gama de fenómenos naturales. Para un proyec

to de dragado, los factores principales de interés son el oleaje, las corrientes y las mareas.

La longitud, altura y periodo de las olas que arriban a un punto determinado, pueden ser determinadas en base al registro de vientos. El oleaje depende de la velocidad del viento, de su duración y del fetch (la distancia sobre la cual actúa el viento sobre el agua). La medición directa del oleaje es el método más adecuado, esta es efectuada por medio de un registro de olas.

Las principales corrientes oceánicas son bien conocidas, pero éstas tienen una menor significancia para un proyecto de dragado que las corrientes locales, las que deben ser medidas.

Los mareógrafos son usualmente confiables, pero a menudo es necesario garantizar el dato exacto de mareas, relacionado con los reconocimientos batimétrico y topográficos. Este dato puede ser obtenido por medio del registro de mareas en un periodo de por lo menos un mes, y estableciendo un nivel de aguas medio. Un medidor de mareas puede entonces ser fijado en relación a este dato y la lectura de mareas se efectuará durante el proyecto de dragado.

IV-6. Hidráulica Costera.

a) Oleaje.

La extrapolación estadística de registros de oleaje, tomados en un periodo de tiempo, permite el cálculo de una probable frecuencia de recurrencia de una altura dada de ola.

Como la ola viaja hacia la orilla, ésta modifica la dirección y altura de la misma. Los fenómenos de refracción y difracción son complejos, pero usualmente son adoptadas aproximaciones y computaciones simplificadorias para su

determinación, y su influencia en las operaciones de --
dragado.

b) Corrientes.

Las corrientes deben ser estudiadas en la vecindad del --
lugar de operaciones, para establecer sus velocidades y
variaciones con respecto a los diferentes niveles del --
rango de mareas; asicomo, sus fluctuaciones temporales y
lunares y los efectos del flujo de agua dulce, en el caso
de un estuario.

c) Acarreo Litoral.

Cuando existe una corriente cercana a la costa, la combi-
nación de la acción de la ola sobre la playa, la que pier-
de material; y la corriente, la cual transporta el mate-
rial playero, puede alterar la línea costera. Este meca-
nismo de transporte y sedimentación es llamado Acarreo --
Litoral. En un periodo determinado, el acarreo litoral --
puede efectuarse en una dirección, y posteriormente en la
dirección opuesta; pero generalmente existirá una direcci-
ón predominante.

Donde la línea costera es interrumpida por una ensenada o
un estuario, una barra tiende a formarse en dirección del
movimiento predominante del acarreo litoral. Similarmen-
te; si una obstrucción, como un rompeolas, es colocado --
perpendicularmente a la línea costera, el material se acu-
mulará en un lado de la obstrucción y se erosionará en el
lado opuesto. Por lo tanto, es importante en la planea-
ción de un proyecto de dragado, determinar la dirección y
aportación de material del acarreo litoral, e investigar
sus probables efectos.

IV-7. Información Geotécnica.

La investigación geotécnica es un importante paso preliminar de un proyecto de dragado. La exploración efectuada en alta mar desde una nave flotante o desde una plataforma temporal es caro, pero el costo de la misma es normalmente pequeño en relación con el costo del trabajo a efectuar.

Estas investigaciones están encaminadas en determinar la naturaleza de los materiales a dragar: sus esfuerzos "in situ"; sus distribuciones granulométricas; y sus grados de compacidad; y, en el caso de las arcillas, las características de su asentamiento una vez alteradas. En todos los casos, deben ser empleadas clasificaciones estandar de material.

Los siguientes métodos son los principalmente usados para -- estudiar el subsuelo:

a) Muestreo con tubos de pared delgada.

Este método emplea un muestreador cilíndrico, que es hincado a presión constante. Se obtienen muestras inalteradas.

b) Método de penetración estandar.

En suelos suaves un muestreador es hincado a presión -- constante. La fricción y la resistencia final del suelo se relacionan con las propiedades de interés. Se obtienen muestras alteradas representativas.

c) Método de lavado.

Cierta información preliminar acerca de la naturaleza de ciertos estratos del subsuelo, puede ser obtenida por -- medio de la inyección de agua a presión en los mismos. -- Se obtienen muestras alteradas.

d) Perforaciones con veleta.

Para la medición de los esfuerzos cortantes del subsuelo, es importante evitar alterar la estructura de las mues-- tras. Así, una veleta es hincada a la profundidad necesa

ria, y se gira ésta hasta que el subsuelo falle, indicando con esto una medida de sus esfuerzos.

e) Métodos geofísicos.

Los reconocimientos sísmicos proveen información acerca de las fronteras aproximadas de los diferentes estratos del subsuelo de interés. Estos estudios deben ser complementados por uno o más de los métodos de exploración directa descritos anteriormente.

IV-8. Plan General de Operaciones.

El Plan General de Operaciones de Dragado, es la culminación de todas y cada una de las investigaciones enumeradas anteriormente, y este plan debe indicar los siguientes datos:

- a) Tipo y número de dragas necesarias para la obra;
- b) Zona de dragado y su limitación por medio de boyas y - - balizas;
- c) Volumen y clase de material por dragar;
- d) Sitio en el que se va a verter el material dragado;
- e) Turnos de dragado;
- f) Tiempo aproximado necesario para concluir la obra; y,
- g) Datos complementarios relativos a abastecimiento de combustibles, lubricantes y aguada. Facilidades en la localidad o lugares próximos para la adquisición de refacciones, talleres de reparación, medios de transporte, etc.

V PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

V-1. Controles.

A lo largo de la ejecución de una obra de dragado, deberemos de revisar que nuestro esfuerzo nos vaya llevando a la obra tal y como la concebimos. Es fácil comprender que no conviene esperar al fin de la obra para revisar si ésta coincide con la diseñada, y si nuestra planeación se cumplió; esto es si las cantidades y calidades que calculamos usar de nuestros recursos realmente fueron las utilizadas. Si algo falla; lo planeado no coincidirá con lo ejecutado. A la revisión del uso de los recursos a lo largo de la ejecución se le llama Control Administrativo. A la revisión de la calidad de la obra en todas sus partes a fin de que ésta realmente sea la diseñada se le denomina Control de Calidad. Estos controles consisten en tomar muestras a lo largo del proceso y compararlas con los estándares tomados de la planeación; en realidad constituyen en sí un proceso capaz también de ser planeado. Este tipo de proceso se denomina Control de Realimentación. Si en este proceso se encuentran desviaciones significativas con el estandar, actúa sobre los procedimientos de construcción para corregir las desviaciones y acercar el producto al estandar.

Los siguientes pasos deberían ser tomados en cuenta para el logro de cualquier obra de dragado:

a) Al comienzo de las Operaciones.

1. Instituir las ayudas al dragado, estacas medidoras de la marea, etc., para asegurar que esté disponible un control adecuado en lo horizontal y vertical.
2. Preparar al personal sobre los objetivos y procedimientos de las operaciones de dragado.
3. Emitir las órdenes de dragado.

4. Probar la draga para determinar el sistema y técnicas de dragado óptimas.

b) Durante las Operaciones. (Control de Realimentación).

1. Medir el avance de la obra continuamente o con la frecuencia que sea práctica; de acuerdo con la instrumentación disponible, los métodos de medición, y la necesidad de estudios de progreso.
2. Actualizar los planos de dragado tanto como sea necesario.
3. Comparar el rendimiento real con el rendimiento esperado de la draga.
4. Modificar los procedimientos y las técnicas del dragado cuando los cambios en las condiciones de la obra lo requiriesen, y para fines de control del costo del proyecto.

c) Al Terminar las Operaciones.

1. Estudiar el área del proyecto después del dragado.
2. Determinar y evaluar los resultados de las operaciones. Si fuese necesario, revisar los datos de archivo sobre las capacidades de producción y los costos estimados.

V-2. Evaluación del Avance.

El trabajo de excavación hecho por el dragado está debajo del agua. Esto oscurece la evidencia visual del mismo, haciéndolo difícil de medir y de evaluar, sobre todo durante las operaciones del dragado. El problema de evaluación se complica aún más por las amplias variaciones en los tipos de draga y los tamaños de las mismas, el carácter de los materiales dragados, las diferentes condiciones del trabajo, etc. El primer paso en la resolución de este problema de evaluación es -

el de recoger y compilar datos sobre tantos factores que se consideren apropiados. Después de desarrollar un sistema adecuado para recoger los datos y para el sistema de registro, el siguiente paso es el de correlacionar dichos datos al control de costos de la obra a través de un criterio adecuado de área de rendimiento.

V-3. Sistema de Datos.

Un sistema de reportaje y captura de datos que proporcionen una información significativa y representativa de las operaciones del dragado hidráulico, es necesario para asegurar la óptima productividad a través de un control técnico y administrativo. Los procedimientos regulares de reporte de datos así como de su uniformidad, es de una importancia singular para comparar el rendimiento/comportamiento de diferentes dragas o de diferentes técnicas para operar la misma draga. El rango de producción puede variar no solamente como resultado de las diferencias en las condiciones de la obra, sino que, desafortunadamente, sin las instrucciones o pautas definitivas, diferente personal de operaciones tiende a medir y a reportar los fenómenos físicos con diferentes criterios, que son un reto a la compatibilidad. Dichos procedimientos contemplan la medición y el registro de las cantidades de material dragado, transportado y desechado en conjunto con el tiempo utilizado en cada elemento específico del proceso de cargar y descargar sobre una base diaria, mensual, de obra y anual. Los datos sobre los costos, las características físicas de cada draga, y la naturaleza de los materiales dragados también son considerados en este sistema para capturar datos.

V-4. Datos sobre la Operación de la Draga.

Los datos relacionados con las operaciones de las dragas tienen una relación directa con su rendimiento. Lo bien que se operen las dragas individualmente se refleja en dichos datos, así por ejemplo:

a) El Rango de Producción.

Cualquier variación grande en el rango de producción de las dragas de tolva o en el de las dragas de tubería, generalmente resulta de las variaciones en factores, tales como: las características de la draga, la capacidad de la tolva, y la distancia de transporte o de tubería. El tiempo de bombeo requerido para conseguir cargas económicas de la tolva durante las operaciones de dragado y transporte, es materialmente afectado por dichos factores; es decir, con cargas económicas, con distancias de transporte más cortas, más corto será el tiempo de bombeo, y por consiguiente, mejor el rango global de producción. De modo similar, con las dragas de tubería, entre más corta sea la tubería, mayor será la velocidad medio de flujo así como la densidad, y como resultado el rango global de producción será mejor.

b) Trabajo Ejecutado.

Para determinar el trabajo ejecutado por las dragas hidráulicas, se usan mediciones tomadas a bordo en sitio. Dichas mediciones raras veces concuerdan. La cantidad en sitio acreditada es el volumen de material extraído del interior de los límites horizontales y verticales del canal o de la vía acuática, tal como se computa en los estudios previos a/y posteriores al trabajo. La relación del volumen medido a bordo con el volumen acreditado serían iguales solamente bajo condiciones ideales, tales como: que ningún material fuera extraído por agitación; que no se "abundara" el material en el interior-

de la tolva; que no se crearan bancos naturales; que se efectuaran estudios oportunos antes de y posteriores a los trabajos de dragado; que se ajustaran correctamente los instrumentos de medición de la densidad del material dragado. Hay que hacer tolerancias razonables para un exceso de dragado y para la formación de bancos naturales durante o posterior a la operación de dragado, que pudieran ocurrir antes de terminar el estudio posterior al dragado. Cualesquier relaciones inordenadas de las mediciones a bordo con el material acreditado pueden ser indicativas de unas mediciones inexactas a bordo, o de un control inadecuado de los límites horizontales y verticales en el sitio de operaciones de dragado.

V-5. Areas de Rendimiento.

Las áreas claves de rendimiento y algunas metas para el dragado hidráulico son:

- a) Su participación en el mercado, o sus condiciones comerciales.

Hacia que parte del trabajo global del dragado debería ser buscada por la empresa. Los problemas de movilización y desmovilización entran en esta consideración.

- b) La innovación.

Cuales son las metas de la empresa en cuanto al desarrollo de nuevos métodos y técnicas de dragado.

- c) La productividad.

Es decir, de la mano de obra y del capital de inversión.

- d) Los recursos físicos y financieros.

Son los recursos financieros adecuados para deshacerse -

de dragas económicamente obsoletas, para efectuar la - - inversión en dragas nuevas, y para poner al día y mejo-- rar la flota existente para el dragado.

e) Rentabilidad.

La empresa de dragado establece una meta en cuanto a que parte de las ganancias debe ser retenida para inversión- de capital en unas unidades nuevas y mejoradas.

f) Comportamiento y desarrollo de la gerencia.

Algunas de las metas sugeridas para ésta área serían el- desarrollo de talento del personal y la utilización de - una gerencia participativa, y la administración por obje- tivos.

g) Rendimiento/Comportamiento y la actitud de los trabaja- dores.

Las metas en ésta área serían la comunicación mejorada, mayor participación de los trabajadores en los objetivos, adiestramiento en la operación de una draga y la motiva- ción hacia logros.

h) Responsabilidad civil.

Aquí la empresa de dragado debería preocuparse por el - control de la contaminación, buenas prácticas laborales, etc.

V-6. Control de Costos.

La clave del control de una obra de dragado, es la elabora-- ción de estimados sanos y confiables del rendimiento de la - draga hidráulica; así como de sus costos, con los cuales se- puede comparar el rendimiento real durante el transcurso de-

las operaciones. El conocimiento de que cuánto trabajo se logra con una cierta inversión durante las operaciones, es una información esencial que se necesita para la eficiente ejecución de la obra. Donde tal clase de información demostrara que la producción o los costos no satisficieran las expectativas, habría que tomar una acción gerencial expedita para evaluar los factores pertinentes y desarrollar las medidas correctivas, para aumentar la producción o reducir los costos, según fuese necesario para situar los valores reales en línea con los valores del estimado. En seguida se presenta un estimado típico:

Estimado Típico de los Costos del Dragado Hidráulico.

1. Material a ser extraído (obtenido en los estudios y los estimados hechos antes del dragado):

a. Para nivelación	250,000 m ³
b. Sobredragado permisible (50 cm)	35,000 m ³
c. Colocación rentable total	285,000 m ³
d. Sobredragado rentable estimado remanente después del dragado	- 5,000 m ³
e. Total de colocación rentable - estimada (acreditada)	280,000 m ³
f. Exceso estimado (sobredragado no rentable, etc.)	20,000 m ³
g. Volumen total estimado de colocación, para ser extraído	300,000 m ³

2. Rango de producción estimado (para draga con tolva):

a. Tiempo de bombeo por carga de tolva	80 minutos
--	------------

b. Tiempo de virajes	12 minutos
c. Tiempo empleado para llegar al sitio de vertido (a 4 millas a 10 millas por hora)	24 minutos
d. Vertido (bombeado o descarga - de fondo)	10 minutos
e. Retorno del sitio de vertido - (a 4 millas a 11 millas por hr)	<u>22 minutos</u>
f. Tiempo total efectivo por carga de tolva	148 minutos
g. Carga media estimada	1,145 m ³
h. Rango de producción estimado (60 x 2g/2f)	464 m ³ /hr
3. Días laborables requeridos para concluir la obra:	
a. Relación estimada de tiempo efectivo a tiempo de arrendamiento	60 %
b. Producción en día laboral medio (24 x 2h x 3a)	6,682 m ³
c. Rango estimado de formación de bancos naturales	510 m ³
d. Coeficiente de abundamiento - estimado	1.1
e. Rango de formación de bancos naturales ajustado para la medición en la tolva (3c x 3d)	561 m ³
f. Rango de producción neta diaria (3b - 3e)	6,121 m ³
g. Volumen estimado a ser extraído (1g x 3d)	330,000 m ³

h. Días laborables para concluir -
la obra (3g/3f) 53.9 días

4. Resumen del material a ser extraído:

a. Formación de bancos naturales
(3c x 3h) 27,500 m3

b. Colocación rentable (acredita-
da) más los bancos naturales -
(1e + 4a) 307,500 m3

c. Dragado no rentable (excesos)
(1f/1g + 4a) 6.1 %

5. Costos de dragado estimados:

a. Costo estimado de operación -
por minuto de arrendamiento
(en pesos) \$ 479

b. Costo estimado de movilización
y desmovilización, (2 días)
(en miles de pesos) \$ 1,351

c. Costo total estimado de opera-
ción (1440 x 3h x 5a)
(en miles de pesos) \$ 37,178

d. Estimación de costos indirectos:
(en miles de pesos)

(1) Estudios \$ 416.5

(2) Inspección y
Supervisión \$ 312.4

(3) Gastos gene-
rales \$ 2,395.0

(4) Otros costos
indirectos \$ 347.1

(5) Total \$ 3,471

e. Costo total estimado de la obra (5b + 5c + 5d) (en miles de pesos)	\$ 42,000
f. Costo estimado del exceso de dragado (4c x 5e) (en miles de pesos)	\$ 2,562
g. Costo unitario estimado por metro cúbico (en pesos):	
(1) Colocación rentable (5e/1e)	\$ 150.00
(2) Colocación rentable más los bancos naturales (5e/4b)	\$ 136.59

El método usado en el estimado anterior es adecuado para el dragado con tubería, haciendo las correcciones pertinentes, pues obviamente el cálculo del rango de producción sería muy diferente si se tomara en cuenta otros factores, tales como: el largo de la línea de tubería, las limitaciones de succión y de caballos de fuerza de la bomba de la draga, etc.

V-7. Control de la Realimentación de Información.

Una característica esencial de un sistema eficiente para el reporte y captura de datos de rendimiento, es la realimentación de información a todos los grupos de trabajo, acerca de los resultados de sus esfuerzos particulares inmediatamente o poco después de terminar la obra. El énfasis debería enfocarse sobre el soporte y la ayuda de cada grupo de trabajo para tomar la acción efectiva para lograr sus metas. Los informes anuales acumulados, a través de muchos niveles administrativos no podrán servir adecuadamente dicho propósito.

La realimentación debería ser relacionada con el logro de la metas, y no con una evaluación del rendimiento personal. La realimentación de la información necesaria para la toma de decisiones en el nivel de la obra, es conducente a la motivación de los logros. Por lo tanto, la realimentación evaluativa sobre lo bueno o lo malo del rendimiento del grupo, no es la idea de un sistema de realimentación informativa. Más bien, lo que se desea son estudios frecuentes del progreso de la obra, mapas y especificaciones adecuadas, informes de series de tiempos, o tablas/gráficas de las mediciones críticas del rendimiento de la draga, tales como: los rangos de producción por hora o por día, el desgaste de las bombas, la eficiencia de las bombas, el consumo de combustibles y lubricantes, los totales acumulativos del volumen de material extraído, los cambios en el carácter del material de dragado, el efecto de la velocidad de flujo y del rango de concentración de sólidos, el tiempo económico de bombeo, el tiempo económico para la descarga, etc. El control predicable a través de un análisis de las tendencias corrientes de estas mediciones críticas del rendimiento, es preferible a la administración por excepción. El sistema de control de realimentación debería ayudarnos a visualizar los problemas venideros, y tomar la acción pertinente para minimizarlos o evitarlos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En vista del material expuesto, se concluye que el dragado - esencialmente es una operación de excavación, en donde se - combinan la selección del equipo adecuado, la naturaleza del material a ser removido, el mejor medio de extracción del - mismo y el óptimo programa de trabajo; a un costo mínimo, y satisfaciendo una necesidad normalmente colectiva; es decir, cumple con todas las condiciones de un proceso ingenieril.

Por lo tanto el ingeniero civil es el más indicado para planificar y programar el dragado de áreas de agua, el relleno de áreas bajas y la extracción de minerales; que en la - - República Mexicana aún se consideran actividades propias de marinos, y debido a la premisa anterior, el dragado no se ha desarrollado a la par de otras ramas de movimiento de tierras. Se recomienda finalmente que esta rama de la Ingeniería Civil se incluya en los programas de estudio de nuestras escuelas - superiores, a fin de estar capacitados para: (1) atender las necesidades presentes y futuras de los puertos nacionales; - que a causa del incremento mundial del comercio y de las - - embarcaciones han llegado a ser incapaces de recibir naves de gran tonelaje, por lo que el dragado de canales de navegación y de entrada; dársenas de operación y ciaboga, y fondeaderos; es de suma importancia para que nuestros puertos cumplan su - misión como puntos de enlace entre productores y consumidores y como factor de desarrollo; (2) crear zonas de asentamientos humanos o industriales; y en la construcción de obras de control de corrientes y de la línea de costa, empleando los materiales producto del dragado; (3) aprovechar los recursos minerales que se localizan en las costas; y (4) manejar técnicamente y mejorar ecológicamente lagunas costeras, partes bajas de los ríos y planicies de inundación con fines de uso múltiple.

RECUPERACION DE CAPITAL (RENTAS INTERNAS)

La recuperación del capital de una inversión en los quipos - (o valores) es un renglón de costo mayor en las empresas que dependen mucho del capital, tal como sucede en el dragado. Durante la ejecución de un proyecto de dragado, hay que acumular fondos para:

- a) Reemplazar los equipos cuando sean obsoletos o desgastados; o
- b) Recuperar el valor de la inversión de la draga, si los propietarios no desean comprar nuevos equipos.

La recuperación de capital es similar a las cuotas de pago sobre una hipoteca o un préstamo. También, es similar a los pagos efectuados sobre los equipos arrendados de otras empresas. La recuperación de capital incluye la depreciación de los equipos, más un beneficio sobre la inversión. No incluye el mantenimiento. Es un concepto de finanzas, y tiene que ver únicamente con el dinero o con valores.

La recuperación de capital se puede efectuar únicamente durante el tiempo en que los equipos están produciendo ingresos en un proyecto, no cuando están ociosos. La recuperación de capital se relaciona con el valor de reemplazo, y las tasas de interés, y debido a esto, los programas de recuperación de capital deberían ser ajustados periódicamente para reflejar los cambios en los costos de reemplazo y en las tasas de interés.

Se necesitan la contabilidad, un programa de valuación y el conocimiento del comercio; para establecer tasas de recuperación de capital que sean realistas.

La fórmula básica es:

$$R \frac{i}{1 - (1+i)^{-T}} = \text{Recuperación Anual de Capital}$$

en donde: R = costo de reemplado del equipo;

i = tasas de interés vigentes;

L = Vida útil del equipo, en años.

Ejemplo. Una draga nueva a ser utilizada en un promedio de -
ocho meses al año.

R = \$ 40'000,000

i = 13% anual

L = 15 años

$$\$ 40'000,000 \frac{0.13}{1 - (1.13)^{-15}} = \$ 6'189,671$$

\$ 6'189,671/8 meses = \$ 773,709 mensual de ingresos
internos.

ANEXO III-b

COSTOS DE MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION

Estos costos no han sido estimados de un modo formal; han sido presunciones. El estimar dichos costos requiere tanto esfuerzo detallado como el estimar los costos de producción. Para dicho fin, debería prepararse una lista de verificación por separado, un método bien deliberado y organizado.

La buena práctica comercial exige que los gastos generales, impuestos, recuperación de capital y ganancia para el esfuerzo de movilización, sean incluidos en este elemento de costo del proyecto.

Elementos del costo de movilización.

- a) Investigación de suelos, posterior al contrato.
- b) Modificación de equipos.
- c) Equipos para cargar y descargar.
- d) Costos y seguros para el remolque.
- e) Compras especiales amortizadas durante el proyecto.
- f) Gastos generales, directos e indirectos.
- g) Recuperación de capital.
- h) Mano de obra.
- i) Combustible y energía.
- j) Derechos de importación.

BIBLIOGRAFIA

- Mario Lavalle Argudín. Manual de Dragado. Secretaría de Marina. 1973.

- John Huston. Hydraulic Dredging. Cornell Maritime Press, Inc. Cambridge Maryland. 1970.

- John B. Herbich. Coastal and Deep Ocean Dredging. Gulf Publishing Company Book Division. Houston, Texas. 1975.

- Rick A. Denning. Assessing Hydraulic Dredging Costs and Operations. Proceedings World Dredging Conference. San Francisco, California. 1976.

- David M. Frazier. Costos del Dragado. Primer Curso Internamericano del Dragado. Universidad de Zulia. 1980.

- Ports and Dredging. Revista Trimestral de IHC Holland.

- World Dredging and Maritime Construction. Revista mensual de WODCON Association.