

## Descripción general

- También denominado Trailing Suction Hopper Dredge (TSHD)
- Es un barco muy especializado que:
  - o Remueve el material del fondo a través de los tubos de aspiración mediante la succión provocada por las bombas centrífugas.
  - o Lo almacena en el mismo barco, en cántaras
  - o Lo lleva hasta el lugar de vaciado
  - o Lo descarga
- Todas estas operaciones las realiza la draga de succión mientras se desplaza con el movimiento de un barco normal
- Uno de los parámetros de diseño más especiales es el hecho que el buque tiene que navegar descargado (vacío o en lastre) el 50% del tiempo.
- Hay que tener en cuenta asimismo que en muchas ocasiones, ya sea para dragar el material o para descargarlo, la draga de succión por arrastre tiene que navegar en aguas de poca profundidad. Por ello, a pesar de que el tamaño de las dragas aumento en forma considerable se busca mantener el calado en valores mínimos posibles de acuerdo a las reglas de la ingeniería naval.

## Componentes del sistema de dragado

Si bien se dará una descripción separada de cada uno de los elementos mencionados hay que tener en cuenta que en una draga en particular los elementos están relacionados entre sí de manera e poder realizar un dragado eficiente.

### - Bombas de dragado

Son bombas centrífugas.

Habitualmente se encuentran en la sala de máquinas pero pueden estar ubicadas en el tubo de aspiración. La máxima profundidad a la que se puede dragar esta dada por la altura de vacío que genera la bomba.

Si se monta la bomba en el tubo de aspiración se pueden lograr mayores profundidades o mayores producciones.

### - Tubos de succión o aspiración

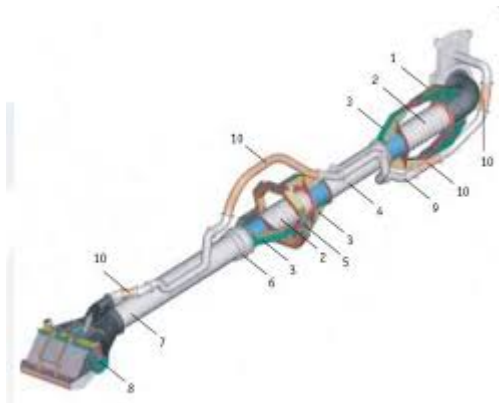
Vincula el fondo a dragar con la cántara

Puede ser uno o dos tubos

Durante el dragado están en contacto con el fondo y durante la navegación están ubicados a bordo.

Se baja el tubo de aspiración por medio de guinches.

El tubo de aspiración tiene tramos de tubería unidos mediante articulaciones que le permiten movimientos verticales y horizontales.



Partes del tubo de aspiración: 1) curva completa con brazos de soporte, 2) tubería flexible, 3) brazo soporte, 4) tramo superior del tubo de succión, 5) anillo cardánico, 6) rótula, 7) tramo inferior del tubo de aspiración, 8) cabezal de dragado, 9) línea de agua para los chorros del cabezal, 10) tubería flexible para agua de los chorros.

#### *o Longitud del tubo de succión*

Está compuesto por dos tramos, los denominados tramos superiores e inferiores. Para poder alcanzar profundidades de dragado cada vez mayores se utilizan más de los 2 tramos habituales.

Como regla práctica la longitud máxima que puede llegar a tener un tramo de tubo de succión es del orden de 30 a 35 veces el diámetro del tubo.

El tubo tiene que ser lo suficientemente largo para alcanzar la profundidad de dragado y también tiene que acomodar la bomba de succión sumergida.

#### *o Cantidad de tubos de succión*

##### ☐ Ventajas de construir la draga con un tubo de succión

Es más económico como costo de inversión

El mantenimiento de canales es muy usual que se necesite dragar más uno solo de los veriles ya que la zona central del canal presenta una mayor profundidad producida por el paso de buques por lo que el segundo tubo no se puede usar en forma eficiente.

##### ☐ Desventajas de construir la draga con un tubo de succión

En el caso de rotura o avería del tubo único se pierde el 100% de la capacidad de dragado. Teniendo dos tubos siempre se puede seguir dragando con el 50% de capacidad mientras se trata de reparar la avería.

Es muy difícil mantener las fuerzas en equilibrio para tener la draga sin escora.

#### *o Diámetro de los tubos de succión*

☐ Se diseña de acuerdo a la potencia de las bombas y al volumen de la cántara.

□ Debe permitir que el llenado de la cántara se efectúe en forma eficiente en un tiempo del orden de una hora.

□ El diámetro varía en condiciones estándar entre 300mm para dragas de menor capacidad de cántara y 1400mm para dragas de mayor capacidad.

### - **Cabezales de dragado**

Parte que vincula el tubo de succión con el fondo a dragar.

Es la parte mecánica que entra en contacto con el fondo de manera que su diseño, calidad y resistencia son críticos para la eficiente operación de dragado.

La producción a obtener de material dragado depende, entre otros, del ancho del cabezal, la profundidad de penetración y la velocidad de dragado.

Los cabezales se construyen para minimizar el extraordinario nivel de desgaste que se produce en los mismos mediante un diseño hidrodinámico que produzca un flujo óptimo y se utilizan materiales de alta resistencia para su construcción.

Compuesto de una parte fija conectada al tubo de succión y puede tener un visor variable que regula el ingreso de agua y material.

El cabezal puede estar equipado con dientes que le permiten romper suelos duros.

También puede tener chorros de agua que disgregan el material de fondo y facilitan la dilución. El uso de dientes requiere un significativo aumento de la potencia para mantener la velocidad. El uso de chorros de agua puede ser poco conveniente en áreas sensibles desde el punto de vista ambiental.

En el cabezal se ponen rejillas de manera de evitar que el ingreso de elementos de grandes dimensiones pueda bloquear el bombeo.



Chorros de agua del cabezal Wild Dragon.



Vista de dientes desde el interior del cabezal.

En general el cabezal de dragado disgrega el material mediante una combinación de erosión, efecto de chorro de agua (jetting) y esfuerzo de corte.

Hay que asegurarse, en zonas de corrientes importantes que la velocidad del barco con respecto al fondo sea de avance porque sino pueden producirse daños en el conjunto de los tubos.

Para tener un rendimiento óptimo en la operación de dragado se debe elegir el cabezal en función del tipo de suelo.

#### - **Compensador de oleaje**

Una de las maneras más efectivas de optimizar la producción de un cabezal de dragado es buscar la manera de mantener el cabezal en una posición óptima con respecto al fondo en todo momento.

La presión del cabezal sobre el fondo puede ser controlada mediante un sistema ajustable que actúa entre el cabezal y el guinche.

Este dispositivo puede compensar movimientos verticales del buque de hasta 6m.

#### - **ALMOB (Automatic Light Mixture Overboard)**

Les permite derivar al mar el material dragado con una densidad menor a la deseada. Esta situación se produce habitualmente en los primeros momentos de ejecutar el dragado. Este dispositivo se utiliza principalmente con materiales finos.

#### - **Cántara**

Lugar donde se almacena la carga para después llevarla al lugar de disposición.



Imagen de cántara llena



Imagen de cántara casi vacía

#### *o Volumen de la cántara*

□ Este tipo de draga se utiliza en la actualidad para todo tipo de dragados de apertura y mantenimiento, y particularmente para trabajos de construcción de rellenos hidráulicos tales como la construcción de islas artificiales (land reclamation)

□ Este crecimiento ha sido espectacular en años recientes con el advenimiento de las así llamadas dragas de succión por arrastre tipo “jumbo” con capacidades por encima de los 20000 m<sup>3</sup>.

□ Esto no era posible 20 años atrás. Por lo tanto desarrolladores de todo el mundo pueden ahora imaginar realizar proyectos de recuperación de tierras no factibles en el pasado.

□ Se clasifican de acuerdo a la capacidad de su cantara. Pueden ser de 1000 m<sup>3</sup> a 40000 m<sup>3</sup>, pero las unidades con más de 20000 m<sup>3</sup> son muy escasas.

#### *o Densidad de cálculo*

□ Tener presente al dragar la densidad para la cual ha sido diseñada la draga.

□ En el caso que se draguen materiales de mayor peso específico al de diseño debe ajustarse el rebalse a una altura compatible con la carga máxima que pueda llevar la draga.

#### **- Rampa**

o El ingreso en la cántara se realiza en forma distribuida a lo largo de la cántara mediante una rampa de mayor sección para minimizar la turbulencia del flujo y facilitar la sedimentación del material de mayor peso.

#### **- Rebalse**



Desborde de cántara por el tubo del vertedero

o A medida que se llena la cántara con la mezcla de agua y sedimento parte de estos se van sedimentando y el agua excedente puede descargarse de vuelta al ambiente por medio de un vertedero o rebalse (overflow). La altura del vertedero se puede ajustar de acuerdo al tipo de material y operación de dragado que se esté realizando.

o Dragando materiales muy finos no hay tiempo para que se produzca una sedimentación del material por lo que en general se prefiere colocar el vertedero en la posición lo más alta posible y una vez llenada la cántara interrumpir la operación de dragado y navegar a la zona de descarga. En este tipo de materiales continuar dragando no incrementa significativamente la cantidad de material en la cántara pues la concentración del material de descarga es similar a la concentración del material dragado.

o La mayoría de las dragas está diseñada para llevar una carga completa de materiales finos. Por lo tanto no están en condiciones de llevar una carga completa de arena o grava, seguramente van a poder cargar hasta aproximadamente un 80 % de la capacidad nominal de la cántara.

o Los vertederos tienen una forma circular y en general son dos. El diámetro del conducto de descarga se encuentra en el orden de 900 a 1900 mm, en cambio el diámetro del vertedero 1250 a 4000 mm.

## **- Descarga del material**

El calado de las dragas tiene que ser limitado dado que la mayoría de los lugares donde está autorizado efectuar la descarga tienen poca profundidad. A los efectos de limitar el impacto ambiental producido por la descarga hay una tendencia a limitar el número de lugares de descarga. Es de suma importancia que ninguna parte de las compuertas asomen por debajo del fondo del casco durante la operación de descarga.

o Compuertas de fondo

□ Las compuertas pueden ser de tipo pistón, o sea, que se abren hacia abajo, debiéndose tener en cuenta el espacio necesario para el libre desplazamiento de la compuerta al seleccionar la profundidad de los lugares de vaciado.

□ Hay compuertas de fondo que abren como puertas hacia abajo. En este caso se tiene el inconveniente de requerir una profundidad adicional para permitir la apertura de las puertas.

□ Otra posibilidad es que las compuertas abran y cierren en forma horizontal. Este tipo de compuertas no rotan alrededor de articulaciones sino que se desplazan en forma horizontal para permitir el vaciado. Este sistema tiene la ventaja que no hay partes del sistema que pueden ser dañadas durante la operación de vaciado.

□ Este sistema de compuertas deslizables ha perdido popularidad y prácticamente no se usa más en dragas de nueva construcción.

o *Conexión a tierra mediante tuberías.*

□ La descarga a tierra se efectúa amarrando la draga a un punto de conexión con tuberías que llevan el material hasta la zona de disposición final.

□ Se mezcla el agua con el material de la cántara y se forma una mezcla (70/30) para ser bombeado a través de las tuberías. El procedimiento de descarga a tierra es mucho más lento que la descarga por apertura de compuertas de fondo.

#### *o Chorro de proa*

□ Mediante el sistema de bombas de la draga se inyecta agua en la cántara para fluidificar el material y se lo envía para descargar por el chorro de proa.

#### *o Dragas de casco partido*

□ No tienen compuertas de fondo sino que el casco está constituido por dos partes separadas.

□ La construcción de la draga es complicada y hace que sea relativamente cara.

□ Se utiliza solamente en dragas de cántara de poca capacidad por problemas constructivos (la más grande tiene 5000 m<sup>3</sup>)

□ Por otra parte el tiempo de descarga de este tipo de dragas es muy rápido.

□ El material remanente en la cántara después de la descarga es mínimo.

□ No se construyen dragas con este sistema debido a la complejidad de la construcción y el encarecimiento del precio. Lo que si se continua construyendo con este sistema de casco partido son barcas auto propulsadas.

#### *o Compuerta de pre-descarga (Pre dumping doors)*

□ La draga va a l sitio de descarga y aunque este prácticamente carada puede abrir estas compuertas de pre-dragado. Cuando la descarga parcial de material de la cántara permite recuperar flotación suficiente se abren las compuertas convencionales.

### **- Sistemas de posicionamiento dinámico**

Para poder dragar n forma eficiente y con precisión se utilizan sistemas de automatización y control que permiten el posicionamiento dinámico del cabezal de dragado en todo momento.

El sistema de posicionamiento dinámico del cabezal y seguimiento de traza prefijada permite mediante el uso de propulsión del buque, hélices de proa y timón efectuar todas las correcciones al posicionamiento de la draga para que el cabezal se mantenga en una posición determinada. Estos sistemas son de gran utilidad cuando se deben dragar taludes con una determinada pendiente, dragar trincheras a gran profundidad y en condiciones de corrientes de través importantes, realizar las operaciones finales de dragado para terminar una zona donde han quedado irregularidades del fondo y otras situaciones donde el seguimiento preciso de la posición del cabezal de dragado es importante.

## **Ventajas**

- No es sensible a las condiciones meteorológicas.

- Operación independiente, o sea, no depende de barcas u otros elementos para realizar su operación.

- Mínimo efecto sobre las operaciones de otros buques. Solamente en el periodo de dragado la draga navega a baja velocidad.
- Tiene la capacidad de transportar material dragado a distancias largas.
- Relativamente alto grado de producción.
- Movilización simple y por lo tanto económica.
- Puede descargar el material de diversas formas lo que la hace apta para realizar rellenos.

## **Desventajas**

- No puede dragar materiales muy duros.
- No puede trabajar en áreas restringidas.
- Es sensible a la presencia de restos (debris)
- Se produce la dilución del material de fondo.
- Puede producir problemas ambientales con la descarga de exceso de agua por el vertedero (overflow)

## **Evolución del diseño**

Esta evolución es particularmente visible en el tamaño de las dragas, pero además tuvo lugar en la disposición general del buque así como en la importancia cada vez mayor de la electrónica y la automatización en las operaciones y control del buque.

## **Campo de aplicación**

Cuando se tiene que lidiar con una situación donde se presentan condiciones de oleaje muy severas donde para otros equipos de dragado puede significar muchos tiempos muertos. Asimismo cuando el tráfico de los buques es un problema la draga de succión por arrastre corre con ventajas indudables.

### **- Apertura de canales de navegación**

Es uno de los campos donde la draga de succión por arrastre tiene gran utilización, sobre todo si durante las obras de dragado hay que mantener funcionando la navegación.

### **- Mantenimiento de canales de navegación**

Una de las consecuencias de la evolución de las dragas de succión por arrastre hacia cántaras de mayores capacidades es que las últimas generaciones de estas dragas no son aptas para realizar dragados de mantenimiento por sus calados de diseño elevados.

### **- [Relleno de playas](#)**

Un relleno de playa puede tener una duración de unos 5 años por lo que es rentable para la comunidad afrontar ese gasto.

En algunas oportunidades se trata de combinar el dragado de una embancada con la necesidad de relleno en otra zona haciendo el costo de las dos obras más barato que encarándolas por separado.

#### **- Proyectos de relleno**

Las dragas de mayor capacidad se construyeron para hacer factible la ejecución de proyectos de rellenos (land reclamation).

Las mayores capacidades de cántara permiten disminuir el costo del metro cubico de arena dragado en virtud que se mueven mayores volúmenes con costos parecidos.

Ejemplos de aplicaciones de estos proyectos son la construcción de [parques temáticos](#), [islas artificiales](#), [áreas residenciales](#), etc.

#### **- Excavación de trincheras para tuberías**

Para tender el gasoducto en condiciones de seguridad se debe realizar primero un “presweeping” o sea un tarea de nivelación del fondo cortando la parte superior de las zonas más elevadas. Las profundidades de trabajo son del orden de los 75m y la trinchera a realizar tiene del orden de los 10m de ancho.

#### **- Cobertura de tuberías**

Para ello puede utilizarse la draga de succión por arrastre en forma inversa, o sea, cargando grava en la cántara y volcándola en el lugar apropiado a través del tubo de succión.

#### **- [Hundimiento de cascos hundidos](#)**

Una alternativa es realizar un dragado alrededor del casco de manera que se hunda hasta que la parte superior del mismo no sea un peligro a la navegación.

#### **- [Construcción de glory holes](#)**

#### **- Buques para control de derrames (Oil Recovery Vessels = ORV)**

Una posibilidad es realizar una adaptación del sistema y utilizar los equipos como ORV o sea buques que pueden recoger petróleo en el mar o zonas portuarias cuando se producen derrames.

#### **- Proyectos mineros**

Se utilizan en [minería de aguas profundas](#), de arroyos o de carbón.

## **Materiales que draga**

#### **- [Rocas](#)**

Capaces de dragar rocas blandas o muy blandas, pero se utilizan generalmente solo en casos en que representen una pequeña proporción del total de suelo a dragar, o en ubicaciones muy expuestas donde no es factible el uso de dragas estacionarias.

#### **- [Cantos rodados](#)**

No es adecuada para este tipo de material

- **Gravas** Dificultades para dragar gravas sobre todo cuando tiene una granulometría bien graduada y se presenta en forma densa debido a la dificultad de erosionar ese material.

- **Arenas y limos no cohesivos**

Ideales para este tipo de materiales no cohesivos, pero el rendimiento disminuye cuando se presentan capas de arena cementada o estratos de arcilla. La producción se incrementa mucho si se agregan chorros de agua a alta presión en el cabezal.

- **Arenas finas muy compactas**

Ese material se consideraba un área reservada para las dragas de cortador. Sin embargo, si además del tipo de material se presentan condiciones de oleaje significativas y tránsito de buques que proscriben el uso de dragas estacionarias, entonces se vuelve más atractivo pensar en utilizar dragas de succión por arrastre por su mayor flexibilidad.

El problema mayor de una draga de succión por arrastre para dragar estos materiales está vinculado con la suficiente para tener producciones aceptables. La solución de agregar peso al cabezal incorporaba problemas adicionales relacionados con el manejo de los mayores pesos. La solución fue incorporar chorros de agua en el cabezal.

- **Arcillas y suelos cohesivos**

Adecuada para dragar suelos cohesivos blandos y muy blandos, y comienza a tener dificultades a medida que la tensión de corte del suelo aumenta.

En arcillas firmes a duras el material tiende a agruparse en terrones y en la cántara forma masas importantes y dificulta la descarga.

El uso de cabezales activos con cuchillas rotativas de corte ayuda a mejorar la eficiencia.

- **Basura. Debris. Materiales de demolición**

No es adecuada para dragar basura portuaria y tiene muchas demoras cuando en casos como al dragar en antiguos puertos la basura de fondo es común.

## **Factores límites**

- Mínima profundidad de agua.

- Máxima profundidad de dragado: Depende de la potencia de las bombas de succión, de la ubicación de las bombas en la sala de máquinas o como bomba sumergida en el tubo de succión y de la longitud de los tubos de succión.

- Máxima velocidad de navegación: Es importante para recorrer largas distancias hasta la zona de descarga y volver manteniendo el ciclo de dragado en valores razonables. Se alcanzan velocidades de hasta 18 nudos.

- Mínimo círculo de giro: equipadas con hélices de proa lo que les da una gran maniobrabilidad

- Máxima altura de ola: 6m

# Equipamiento auxiliar

- Cabezales de dragado para diferentes tipos de materiales - Lancha de relevamiento - Tuberías para descarga de material

---

Fuente:

ESCALANTE Raúl. 2019. [Tema 9. Draga de Succión por Arrastre. Apunte de cátedra](#). Ingeniería de Dragado. [Carrera de Especialización en Ingeniería Portuaria](#). FIUBA.