

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA
INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR
ING. RAUL S. ESCALANTE

Abril 2014

TEMA 9

DRAGA DE SUCCIÓN POR ARRASTRE

ÍNDICE

9	<u>DRAGA DE SUCCIÓN POR ARRASTRE</u>
9.1	DESCRIPCIÓN GENERAL
9.2	COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRAGADO
9.2.1	<u>Bombas de dragado</u>
9.2.2	<u>Tubos de succión o aspiración</u>
9.2.2.1	Longitud del tubo de succión
9.2.2.2	Cantidad de tubos de succión
9.2.2.3	Diámetro de los tubos de succión
9.2.3	<u>Cabezales de dragado</u>
9.2.3.1	Sistema Drácula
9.2.3.2	Cabezal Wild Dragon
9.2.3.3	Cabezales para el dragado de roca
9.2.3.4	Ancho del cabezal
9.2.4	<u>Compensador de oleaje</u>
9.2.5	<u>ALMOB – Automatic Light Mixture Overboard</u>
9.2.6	<u>Cántara</u>
9.2.6.1	Volumen de la cántara
9.2.6.2	Dragas Jumbo
9.2.6.3	Densidad de cálculo
9.2.6.4	Nueva draga
9.2.7	<u>Rampa</u>
9.2.8	<u>Rebalse</u>
9.2.9	<u>Descarga del material</u>
9.2.9.1	Compuertas de fondo
9.2.9.2	Conexión a tierra mediante tuberías
9.2.9.3	Chorro de proa
9.2.9.4	Dragas de casco partido (split hoppers)
9.2.9.5	Compuertas de pre descarga (Pre dumping doors)
9.2.10	<u>Sistemas de posicionamiento dinámico</u>
9.3	VENTAJAS
9.4	DESVENTAJAS
9.5	EVOLUCIÓN DEL DISEÑO
9.6	CANTIDAD DE DRAGAS
9.7	CAMPOS DE APLICACIÓN
9.7.1	<u>Apertura de canales de navegación</u>
9.7.2	<u>Mantenimiento de canales de navegación</u>
9.7.3	<u>Relleno de playas</u>
9.7.4	<u>Proyectos de rellenos</u>
9.7.5	<u>Excavación de trincheras para tuberías</u>
9.7.6	<u>Cobertura de tuberías</u>
9.7.7	<u>Hundimiento de cascos hundidos</u>
9.7.8	<u>Excavación de Glory Holes</u>
9.7.9	<u>Buques para control de derrames (Oil Recovery Vessels)</u>
9.7.10	<u>Proyectos mineros</u>
9.8	MATERIALES QUE DRAGA
9.9	FACTORES LIMITES
9.10	EQUIPAMIENTO AUXILIAR
9.11	BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 9.1	Partes del tubo de aspiración
Figura 9.2	Diferentes configuraciones con tubos de succión
Figura 9.3	Vista draga Francis Beaufort
Figura 9.4	Cabezales tipo IHC y California
Figura 9.5	Ubicación de los chorros de agua en el cabezal
Figura 9.6	Cabezales tipo IHC
Figura 9.7 (a)	Cabezal tipo California
Figura 9.7 (b)	Cabezal de la draga Leiv Eriksson
Figura 9.8	Incorporación de cuchilla tipo arado
Figura 9.9	Ubicación de los chorros de agua adicionales
Figura 9.10	Vista de los chorros de agua cabezal Wild Dragon
Figura 9.11	Comparación de rendimiento entre cabezales
Figura 9.12	Cabezal con dientes de hasta 1 m de largo
Figura 9.13	Cabezal con dientes ubicado en el fondo
Figura 9.14	Compensador de oleaje
Figura 9.15	Draga Vasco da Gama
Figura 9.16	Rebalse
Figura 9.17	Conexión de la draga a tubería flotante
Figura 9.18 (a)	Descarga mediante chorro de proa
Figura 9.18 (b)	Descarga mediante dos chorros de proa
Figura 9.19	Draga de casco partido
Figura 9.20	Ubicación de las compuertas de descarga previa
Figura 9.21	Cantidad de dragas – Año 2012
Figura 9.22	Capacidad de dragado – Año 2012
Figura 9.23	Ruta del gasoducto desde Yung-An a Tung – Hsiao
Figura 9.24	Perfil longitudinal a lo largo de la ruta
Figura 9.25	Vista tridimensional de la zona de erosión
Figura 9.26	Dragado de trincheras a los lados del buque hundido
Figura 9.27	Desmoronamiento de taludes con chorros de agua
Figura 9.28	Dragado de Glory Hole
Figura 9.28 bis	Draga Professor Gorjunov
Figura 9.29	Draga Jules Verne
Figura 9.30	Cabezal bloqueado por material arcilloso
Figura 9.31	Aptitud de dragado

INDICE DE TABLAS

Tabla 9.1	Peso del tubo de aspiración
Tabla 9.2	Características draga Francis Beaufort
Tabla 9.3	Relación tipo de cabezal – tipo de suelo
Tabla 9.4	Evolución del volumen de cántara
Tabla 9.5	Dragas Jumbo a Abril 2012
Tabla 9.6	Densidad de cálculo
Tabla 9.7	Características de la draga Cristóbal Colon
Tabla 9.8	Cantidad de dragas – Año 2012
Tabla 9.9	Resultados investigación de suelos
Tabla 9.10	Buques para control de derrames

9 DRAGAS DE SUCCION POR ARRASTRE

9.1 DESCRIPCION GENERAL

La draga de succión por arrastre, denominada en inglés Trailing Suction Hopper Dredge (TSHD), es en la actualidad uno de los tipos de dragas mas importantes y mas populares de la industria del dragado por su versatilidad y otras características positivas que iremos viendo en los siguientes parágrafos.

Las dragas de succión por arrastre son un barco muy especializado que:

- remueve el material del fondo a través de los tubos de aspiración mediante la succión provocada por las bombas centrífugas,
- lo almacena en el mismo barco en cántaras
- lo lleva hasta el lugar de vaciado
- donde lo descarga.

Todas estas operaciones las realiza la draga de succión mientras se desplaza con el movimiento de un barco normal. El barco permite la navegación marítima y fluvial. La mayoría de las dragas de succión por arrastre tienen propulsión mediante dos hélices y una hélice de proa potente, lo que les da una gran maniobrabilidad

El diseño y construcción de una draga de succión por arrastre ha sido siempre un evento muy particular en el que todos los parámetros convencionales del diseño de buques se consideran de manera diferente a como se consideran en el diseño de buques convencionales. Comparado con un buque mercante la draga de succión por arrastre es un buque muy costoso para su tamaño. Uno de los parámetros de diseño mas especiales es el hecho que el buque tiene que navegar descargado (vacío o en lastre) el 50 % del tiempo. Este aspecto es impensable para cualquier buque de carga pero es un hecho para una draga de succión por arrastre y esto influencia todo el diseño de la draga.

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 está aumentando en forma considerable se busca de mantener el calado en valores mínimos posibles de acuerdo a las reglas de la ingeniería naval.

9.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRAGADO

Los componentes principales del sistema de dragado son: las bombas de dragado, los tubos de aspiración, los cabezales de dragado, la cántara, el rebalse, las compuertas de descarga, el sistema de posicionamiento dinámico y seguimiento del cabezal. Si bien vamos dar 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 de poder realizar un dragado eficiente. Por ello la potencia de las bombas, la capacidad de la cántara y el diámetro del tubo de succión están diseñados de manera tal que en una operación típica el llenado de la cántara se produzca en un orden de magnitud cercano a una hora. Con ello se asegura un ciclo de dragado conveniente. Este tema se desarrolla con mayor detalle en el Tema 10.

9.2.1 Bombas de dragado

Son grandes bombas centrífugas. Puede ser 1, 2 ó (muy excepcionalmente) 4. 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 está dada por la altura de vacío que genera la bomba. Si la bomba está ubicada en la sala de máquinas, la máxima profundidad de dragado económica para una draga mediana está en el orden de los 35 m, pero algunas dragas mayores con producciones reducidas se puede llegar hasta 80 m. Si se monta la bomba en el tubo de aspiración se pueden lograr mayores profundidades o mayores producciones.

9.2.2 Tubos de succión o aspiración

El tubo de succión vincula el fondo a dragar con la cántara. Puede ser uno ó dos. Durante el dragado están en contacto con el fondo y durante la navegación están ubicados a bordo. Cuando se llega a la zona de dragado, se baja el tubo de aspiración por medio de guinches. Cuando las bombas están en la sala de máquinas, el extremo superior se conecta a la succión de la bomba por debajo de la línea de flotación a través de una abertura en el casco. Cuando la bomba está sobre el tubo de aspiración la conexión superior puede ser fija. El tubo de aspiración tiene tramos de tubería unidos mediante articulaciones que le permiten movimientos verticales y horizontales.

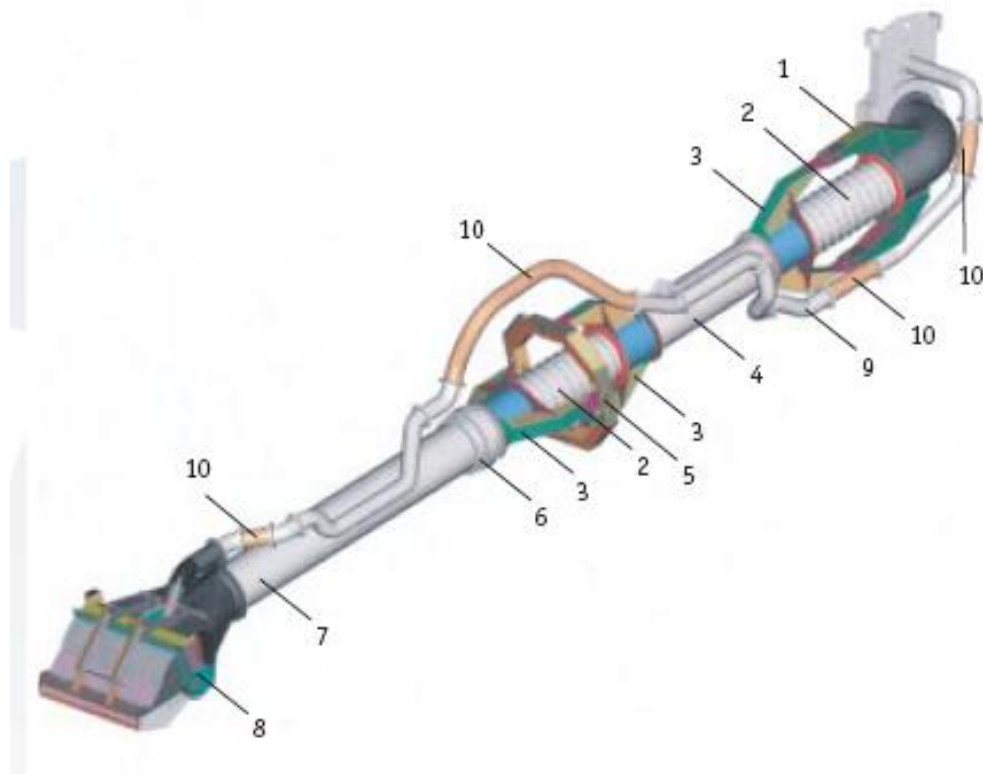


Figura 9.1 – Partes del tubo de aspiración

- 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

En las dragas de mayor tamaño, como la Vasco da Gama que se muestra en la Figura 9. 2, se pueden tener diversas configuraciones de los tubos de aspiración según la profundidad máxima a la que va a realizarse el dragado pudiendo configurarse para 45, 60, 80 y 131 m.

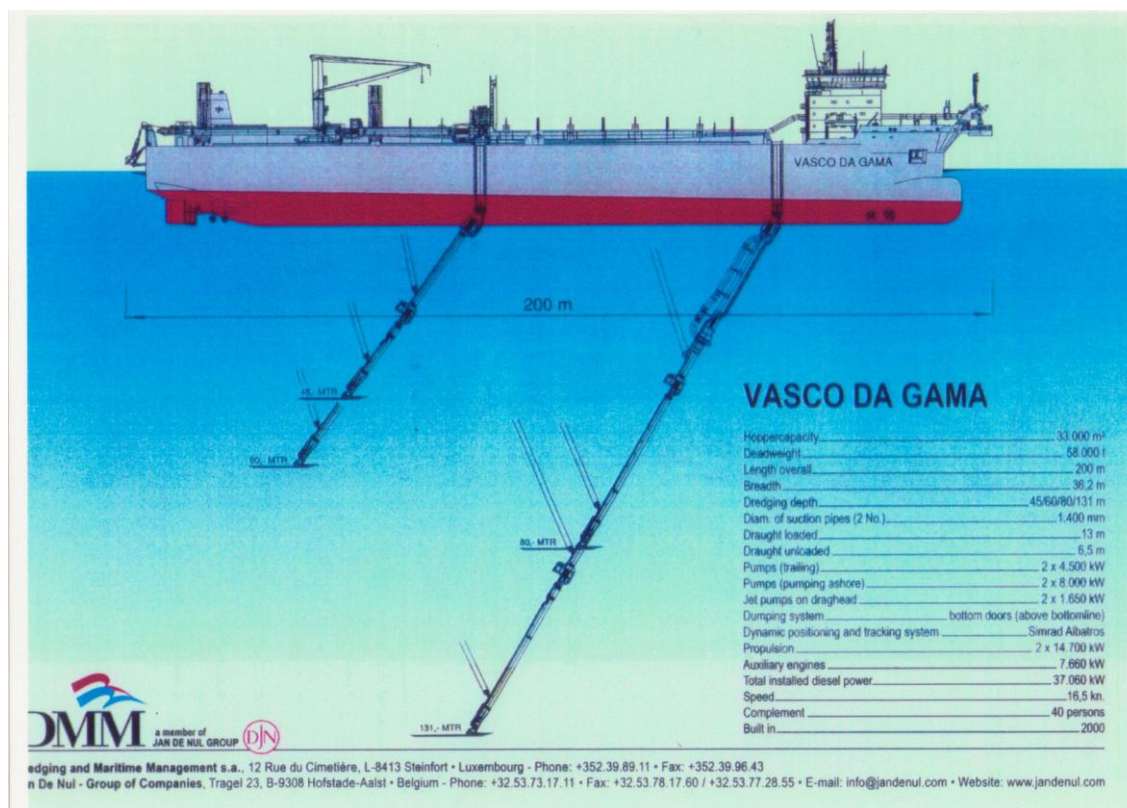


Figura 9.2 – Diferentes configuraciones con tubos de succión

9.2.2.1 Longitud del tubo de succión

La profundidad de dragado depende directamente de la longitud del tubo de succión. (Put 2005). El tubo de succión está compuesto por dos tramos, los denominados tramo superior e inferior. Para poder alcanzar profundidades de dragado cada vez mayores se utilizan mas de los dos tramos habituales. Desde un punto de vista dinámico y operativo sería mejor utilizar dos tramos de mayor longitud en lugar de tres o cuatro tramos. Sin embargo, si uno analiza este problema en detalle vemos mediante un ejemplo simple que esta solución de tramos de tubos de succión mas largos llevaría a tramos de tubo de peso excesivo no solo por el incremento de peso debido al incremento de longitud sino por la mayor sección resistente necesaria de la pared del tubo. 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.

Con el incremento de peso asociado al incremento de longitud deben incrementarse la capacidad de los pórticos y la potencia de los guinches que lo manejan.

Para grandes profundidades, el tubo de succión tiene que ser lo suficientemente largo para alcanzar la profundidad de dragado y también tiene que acomodar la bomba de succión sumergida. Esta bomba está impulsada por un motor eléctrico.

Algunas de las instalaciones de dragado de gran profundidad se diseñan de manera tal que la bomba sumergida no trabaja en serie con la bomba ubicada abordo sino que está en condiciones de llenar la cántara por si sola. Esto ha llevado a diseñar y construir bombas sumergidas de gran magnitud. Para la draga Volvox Terranova IHC entregó una bomba sumergida de 5.000 kW. Esta bomba tuvo un diseño único pues estaba impulsada por dos motores eléctricos. Además la bomba está situada en el tramo inferior del tubo de succión y no en el superior. Con un peso total de mas de 400 toneladas y una profundidad de dragado de 105 m sigue siendo en la actualidad una de las instalaciones de dragado mas importantes.

Otra instalación significativa es la Vasco da Gama con 370 toneladas de peso para la sección superior del tubo de succión, una profundidad de dragado de 131 m y una bomba de dragado sumergida de 6.500 kW

Tabla 9.1 – Peso del tubo de aspiración

Draga	Máxima profundidad de dragado	Potencia bomba sumergida	Peso
	(m)	(kW)	(ton)
Volvox Terranova	105	5.000	400 (1)
Vasco da Gama	131	6.500	370 (2)

- (1) Peso total
- (2) Solamente el tramo superior del tubo

9.2.2.2 Cantidad de tubos de succión

La draga de succión por arrastre puede tener uno o dos tubos de succión. Algunas de las ventajas de construir la draga con un tubo de succión único son:

- Es mas económico como costo de inversión que dos tubos.
- En el dragado de mantenimiento de canales es muy usual que se necesite dragar mas 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

Algunas de las desventajas de tener un solo tubo de succión son:

- 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

En la Figura 9.3 se muestra la draga Francis Beaufort que cuenta con un solo tubo de succión. Las características de esta draga se presentan en la Tabla 9.2

Hopper Capacity	11,300 m³	Pump Power (trailing)	3,400 kW
Deadweight	18,620 ton	Pump Power (discharging)	7,500 kW
Length Overall	142.5 m	Propulsion Power	2 x 5,750 kW
Breadth	27.5 m	Total Installed Diesel Power	13,110 kW
Draught Loaded	9.1 m	Speed	15.3 kn
Maximum Dredging Depth	38.0 / 57.5 / 77.0 m	Accommodation	34
Suction Pipe Diameter	1,200 mm	Built In	2003

Tabla 9.2 – Características Draga Francis Beaufort



Figura 9.3 – Vista Draga Francis Beaufort

9.2.2.3 Diámetro de los tubos de succión

El 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 cantara se efectúe en forma eficiente en un tiempo del orden de una hora.

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

En el caso de la draga Francis Beaufort, con un solo tubo de succión, el mismo tiene un diámetro de 1200 mm

9.2.3 Cabezales de dragado

El cabezal de dragado de una draga de succión por arrastre es la 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.

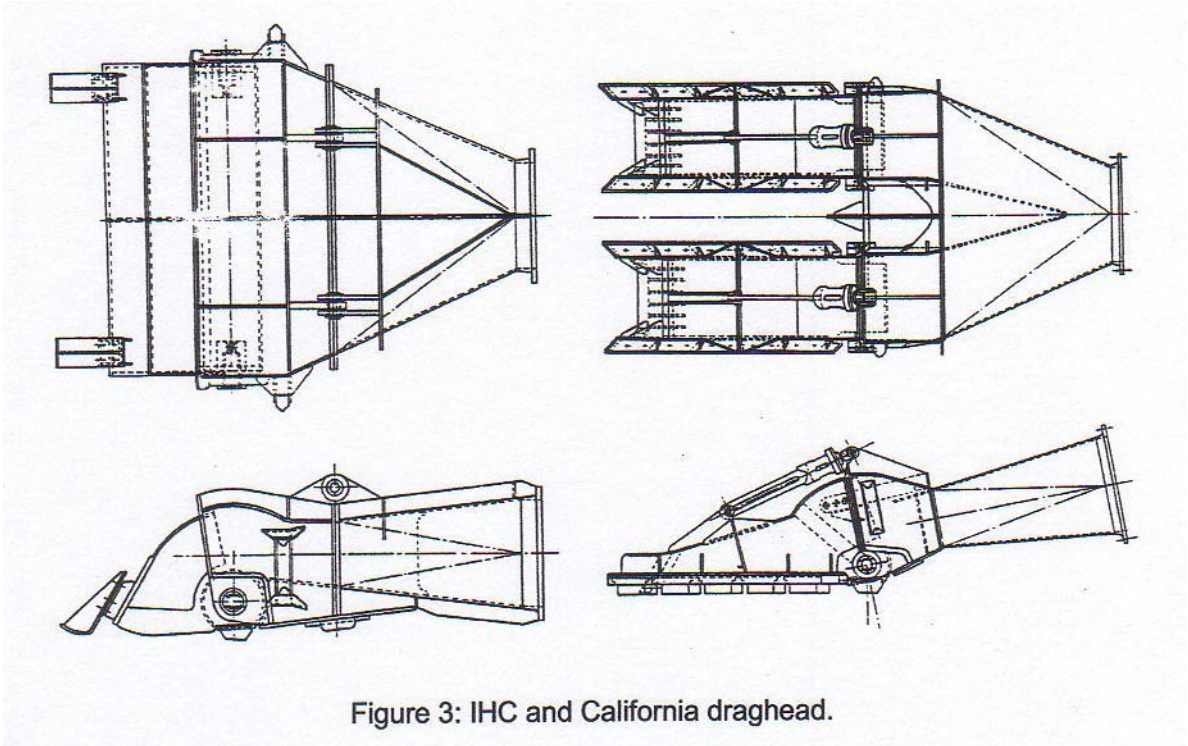


Figure 3: IHC and California draghead.

. Figura 9. 4 – Cabezales tipo IHC y California

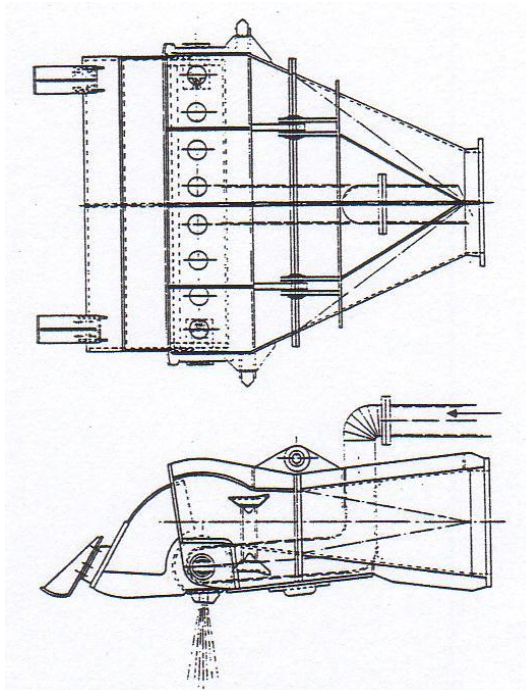


Figure 5: Draghead equipped with water-jets.

Figura 9.5 – Ubicación de los chorros de agua en el cabezal

El cabezal está compuesto de una parte fija conectada al tubo de succión y puede tener un visor variable que regula el ingreso de agua y material. Asimismo puede tener un sistema que permita el ingreso adicional de agua para mantener la mezcla fluida. 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

Al incorporar estos elementos para facilitar el dragado se asegura que el vacío provocado por las bombas de dragado se aplica en su totalidad a la elevación y transporte de la mezcla.

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

En general el cabezal de dragado disgrega el material mediante una combinación de erosión, efecto de chorro de agua (jetting) y esfuerzo de corte. Las bombas de dragado suministran la energía para la erosión al generar el flujo de agua; las bombas para los chorros de agua generan los chorros; y la energía para el esfuerzo de corte de los dientes en el fondo la desarrolla la propulsión del buque a través del tramo inferior del tubo de succión.



Figura 9.6 – Cabezal tipo IHC

La función del cabezal es maximizar la concentración de sólidos que se sacan del fondo. El cabezal se baja hasta un nivel muy cercano al fondo y el dragado comienza, habitualmente a una velocidad entre 1 a 5 nudos. 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.

Los cabezales de dragado se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Normales
- Activos
 - o Dientes
 - o Chorros de agua
 - Baja presión
 - Alta presión
- Especiales

Para tener un rendimiento óptimo en la operación de dragado se debe elegir el cabezal en función del tipo de suelo. En la Tabla 9.3 se muestra cual puede ser el cabezal adecuado para un determinado tipo de suelo

Tipo	Aplicación
Fruhling / IHC	Limos, arcillas blandas y arena suelta
Silt	Limos
California	Arenas, especialmente arenas compactas/ arenas gruesas/gravas
Venturi	Arenas
Waterjet	Arenas firmes y arcillas medianas
Activo	Arcillas medianas, firmes y compactas

Tabla 9.3 – Relación tipo de cabezal – tipo de suelo

El cabezal tipo California presenta dos ramas en el cabezal cada uno con su visor independiente, aumentando la velocidad del flujo en el cabezal y por lo tanto la erosión del material.



Figura 9.7 (a) – Cabezal tipo California

En la Figura 9.7 (b) se muestra el cabezal de la draga Erikson de 15,3 toneladas de peso



Figura 9.7 (b) – Cabezal de la draga Leiv Eriksson

Existen cabezales especiales que tienen incorporado un elemento de corte rotatorio mecánico y se utilizan para dragar arcillas firmes y compactas. No se han divulgado mucho.

IHC presentó un modelo de cabezal especial para el dragado de limos denominado “silt draghead” (Ports and Dredging Nro. 118) La comparación del funcionamiento de este cabezal con uno del tipo California mostró mejores rendimientos

En algunos casos se puede agregar una cuchilla tipo arado para roturar el suelo a medida que avanza el cabezal como se muestra en la Figura 9.8

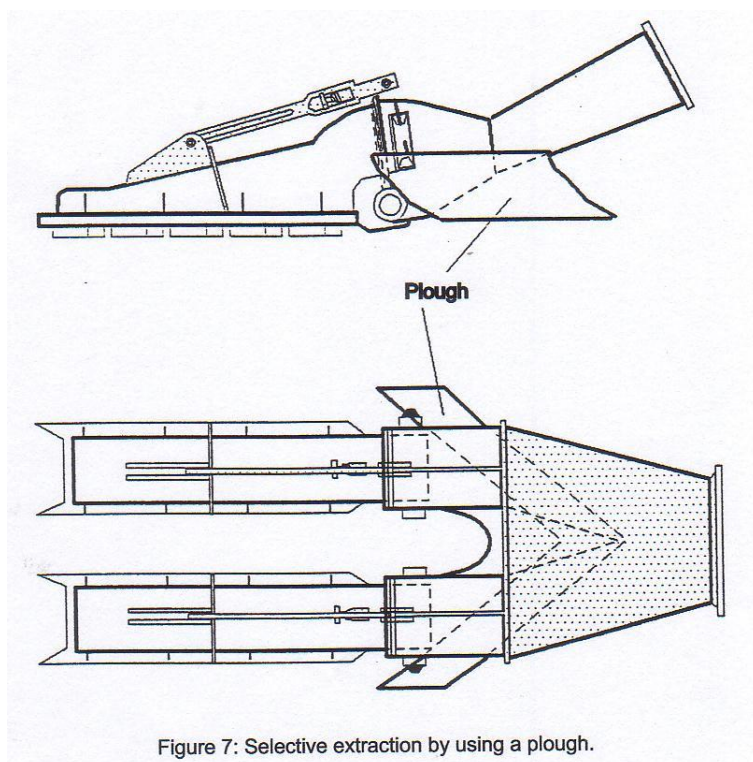


Figure 7: Selective extraction by using a plough.

Figura 9.8 – Incorporación de cuchilla tipo arado

9.2.3.1 Sistema DRÁCULA

Hay una tendencia a tratar de aumentar el campo de aplicación de las dragas de succión por arrastre mediante el diseño de cabezales especiales que permitan dragar materiales mas comprometidos.

Un caso especial para dragar arcillas duras a muy duras lo presenta [Warnier (2005)]. El dragado de arcillas duras a muy duras ha presentado siempre problemas operativos para las dragas de succión por arrastre resultando en producciones de dragado muy limitadas o reducidas. Por ello, cuando hay que dragar arcillas se prefiere utilizar dragas mecánicas estacionarias tales como dragas de cortador, de cucharas o de cangilones.

Sin embargo, cuando la zona de dragado es una de las vías navegables con mayor intensidad de tráfico de Europa como el área de Wielingen y cuando el área donde se va a ejecutar el dragado está expuesta a condiciones de mar muy adversas es necesario estudiar alternativas.

Cuando se utiliza para este fin una draga estacionaria hay que tener en cuenta los tiempos muertos derivados del tiempo necesario que hay que otorgar para el paso de buques. Además dadas las características de área expuesta es necesario contar con una draga estacionaria que pueda soportar condiciones de oleaje significativas y también tener en cuenta que se reduce el tiempo operativo por las paradas por mal tiempo.

Para solucionar estos aspectos se diseñó un sistema de dragado patentado denominado DRÁCULA (**D**Redging **A**nd **C**utting **U**sing **L**iquid **A**ction) que pudiera utilizarse con una draga de succión por arrastre.

Este sistema integra chorros de agua a alta presión en el cabezal de dragado de una draga de succión por arrastre. Como resultado se solucionan una serie de problemas clásicos que se presentan al dragar arcilla: se reduce el apelotonamiento de la arcilla en el cabezal; se eliminan los problemas de penetración del cabezal en el suelo; no se presentan problemas con la velocidad de la draga y se puede mantener una velocidad de dragado normal y finalmente se incrementa la producción

El sistema de bombas de alta presión necesario para generar los chorros se implementó como un sistema separado que puede instalarse en otras dragas. La presión de las bombas es de 380 bar lo que da chorros con una velocidad del orden de 250 m/s. Se crea así una herramienta de corte del suelo muy poderosa.

Como el caudal de las bombas, el número de toberas y el diámetro de los mismos está relacionado en este caso cada bomba de 800 l/min puede alimentar 20 toberas de aproximadamente 2 mm de diámetro

9.2.3.2 Cabezal Wild Dragon

El cabezal de dragado denominado Wild Dragon se desarrolló para dragar en Shangai arenas muy finas (60 a 100 μm) y muy compactas [Vercrujse (2005)]. Este tipo de material presenta muchas dificultades para su dragado con dragas de succión por arrastre y se draga habitualmente con dragas de cortador. Debido a las dificultades de poner una draga de cortador por el tráfico de buques se realizó una investigación sobre como mejorar el cabezal para poder tener rendimientos aceptables con la draga de succión por arrastre.

El estudio se realizó con el apoyo de modelos físicos en IHC y se llegó a la conclusión que se podía mejorar mucho el rendimiento mediante la incorporación de chorros de agua adicionales en el cabezal de dragado que estuvieran ubicados directamente en los dientes.



Fig. 7: The final design in operation.

Figura 9.9 - Ubicación de los chorros de agua adicionales



Fig. 8: The Wild Dragon® draghead showing its teeth and jetwater system.

Figura 9.10 – Vista de los chorros de agua cabezal Wild Dragon

En la Figura 9. 11 se puede apreciar la diferencia de rendimiento entre un tubo de succión equipado con un cabezal estándar y el otro equipado con un cabezal “Wild Dragon”

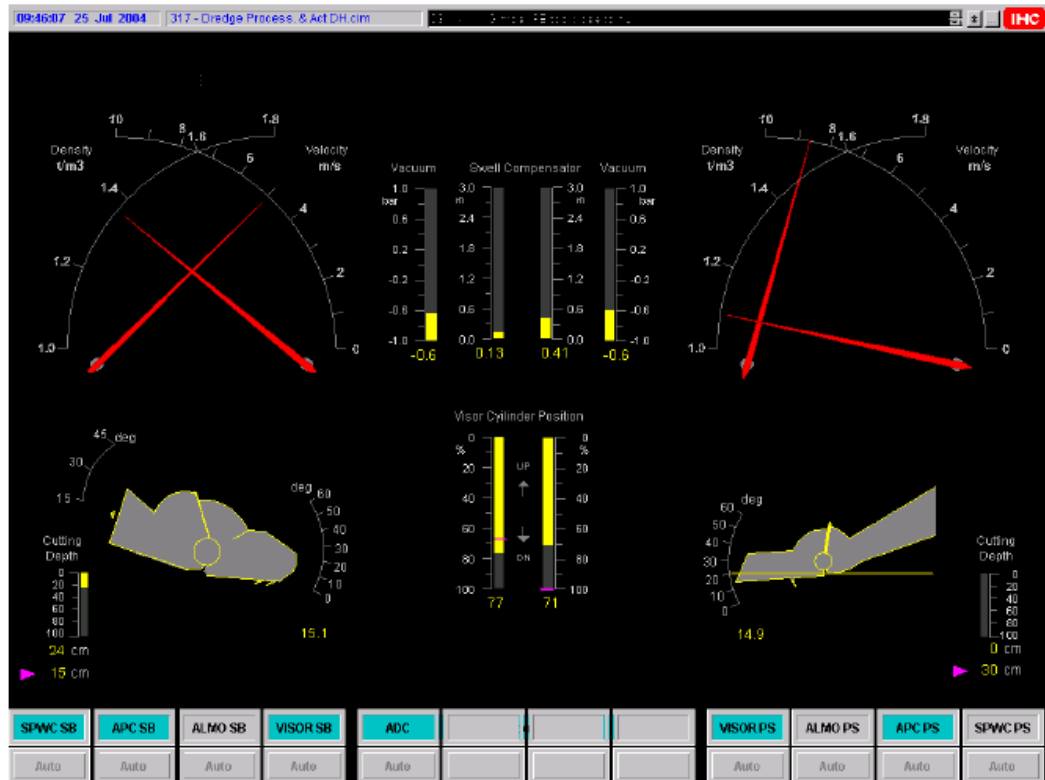


Fig. 13: The display of the dredgemaster, showing:
 On the left hand side the indicators for the Wild Dragon® type draghead.
 On the right hand side the indicators for the Excavating type draghead.

Figura 9. 11 – Comparación de rendimiento entre cabezales

Esta experiencia muestra que mediante la adaptación de los cabezales de dragado a problemas especiales se puede ampliar el rango de operación de las dragas de succión por arrastre

9.2.3.3 Cabezales para el dragado de roca

Se han desarrollado en los últimos años cabezales especiales que pueden ser utilizados en los casos en que el material es muy duro. Un caso interesante, Malherbe (2008), se refiere al dragado de roca de coral con tensiones de compresión simple entre 4 y 12 MPa. A los efectos de poder dragar ese material se diseñó un cabezal con siete dientes escarificadores (ripper teeth) de hasta 1 m de largo ubicados en el talón del cabezal y veinte dientes tipo “pick point” en el visor. En la Figura 9.12 se aprecia el cabezal que tiene un peso de 60 toneladas. Este cabezal fue instalado en la draga Vasco da Gama de JDN.



Figure 5. Ripper draghead with 1 m long ripper teeth.

Figura 9.12 – Cabezal con dientes escarificadores de hasta 1 m de largo

En la Figura 9.13 se ve el cabezal apoyado en el fondo

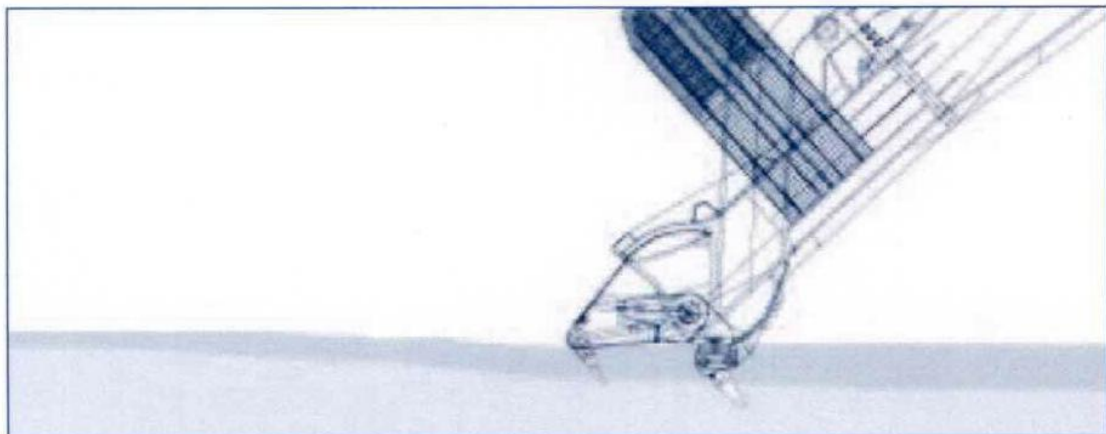


Figure 6. Drawing of draghead with ripper teeth on seabed.

Figura 9.13 – Cabezal con dientes escarificadores ubicado en el fondo

Otro caso similar es presentado por Yeung, T.C. (2009) donde el material a dragar era una limolita arenosa con tensiones de compresión simple entre 1 y 30 MPa.

Un ejemplo destacado se presenta en el dragado de la entrada a Port Phillip Bay, Melbourne, Australia (Neelissen, 2010). Mediante un contrato tipo Alianza (Alliance Contract – Ver parágrafo 16.11.6 de estos apuntes) Port of Melbourne Corporation contrató a Boskalis Australia para realizar el proyecto de profundización del canal de acceso al Puerto de Melbourne. El objeto era lograr una profundización que permitiera el acceso de buques con hasta 14 m de calado en todas las condiciones de marea. La parte más difícil del proyecto era profundizar la entrada a Port Phillip

Bay debido a las características del fondo rocoso, fuertes corrientes de marea, persistente swell de periodo largo, tráfico de buques de manera regular y requerimientos estrictos de protección del medio ambiente por la existencia de un National Marine Park.

El material del fondo consiste en una limolita cementada muy dura, con hasta 30 MPa de resistencia a la compresión simple, como para ser dragada con cabezales convencionales. Por ello se desarrolló un cabezal con dientes escarificadores capaz de dragar rocas de esta dureza.

En función de las fuerzas necesarias para romper la roca se evaluaron distintos tipos de puntas y geometrías de los dientes que se probaron en ensayos de escarificación realizados en canteras sobre materiales similares a los del proyecto. Se construyó el cabezal con la óptima conformación y separación de dientes. Posteriormente se realizó un dragado piloto (Ver parágrafo 3.5.6 de estos apuntes) para probar el cabezal donde se demostró que la roca se podía dragar bien pero que quedaban muchos pedazos de roca suelta. Por ello se realizó un estudio sobre modelos físicos en el Delft Hydraulics Laboratory donde se modificó la geometría del cabezal para mejorar la succión del material disgregado.

Es interesante la lectura de todo el artículo para ver las etapas de la investigación y desarrollo realizada utilizando tecnologías y procedimientos de avanzada así como la necesidad de aplicar recursos importantes y tiempo. El resultado obtenido es trascendente pues resulta en una ampliación del campo de actividades de la draga de succión por arrastre.

Las razones para utilizar dragas de succión por arrastre ante la presencia de materiales tan duros puede encontrarse en el parágrafo 5.8: "Ejemplos de selección de equipos de dragado" de estos apuntes

9.2.3.4 Ancho del cabezal

El cabezal de dragado debe ser lo más ancho posible en relación con las otras variables de diseño. En el caso de la draga Francis Beaufort mencionada el cabezal tiene un ancho de 8 m

9.2.4 Compensador de oleaje

.Una de las maneras mas 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. El tipo de material que se encuentra en el fondo determina la altura ideal a la que debe encontrarse el cabezal. Si está muy alto, la mezcla de agua y sedimento tiende a contener mucha agua y por el otro lado, si está demasiado bajo el cabezal no extrae la cantidad óptima de material

Además de que el fondo usualmente no es uniforme se suma el movimiento del buque producido por el oleaje.



Figura 9. 14 – Compensador de oleaje

La presión del cabezal sobre el fondo puede ser controlada mediante un sistema ajustable que actúa entre el cabezal y el guinche. Este sistema sirve para tener en cuenta que el fondo usualmente no es uniforme y también para aliviar los efectos de los movimientos verticales del buque en relación con el fondo debido a las olas y por lo tanto se lo conoce como compensador de oleaje o “swell compensator”.

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

9.2.5 ALMOB – Automatic Light Mixture Overboard

Las dragas modernas tienen un sistema ALMOB que 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

9.2.6 Cántara

La cántara es el equivalente a la bodega de los buques de carga. Es el lugar donde se almacena la carga para después llevarla al lugar de deposición

9.2.6.1 Volumen de la cántara

Considerando todos los tipos de dragas, el cambio más notorio se ha producido en el desarrollo de las dragas de succión por arrastre. 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). El requerimiento que tienen estas obras de enormes volúmenes de arena, a menudo obtenida en zonas de aguas profundas a grandes distancias del lugar donde se efectúa el relleno ha tenido como consecuencia el rápido crecimiento en tamaño de la draga de succión por arrastre. Este crecimiento ha sido más espectacular en años recientes con el advenimiento de las así llamadas dragas de succión por arrastre tipo “Jumbo” con cántaras con capacidades por encima de los 17.000 m³. Estas dragas han sido desarrolladas para dragar el material, transportarlo a largas distancias y colocarlo en la costa al

mínimo costo posible y estas embarcaciones grandes y sofisticadas dominan ahora el mercado internacional del dragado. En poco más de una década la capacidad de la cántara prácticamente se ha duplicado. En el 2000 con la introducción de la Vasco da Gama llegó a los 33.000 m³ y en el 2010 con la construcción de la draga Leiv Eriksson se llegó a los 46,000 m³

El desarrollo de las dragas de grandes cántaras fue la respuesta a la escasez de material de relleno. Al solucionar ese problema las nuevas dragas también han presentado oportunidades. La industria del dragado está ahora en condiciones de encarar proyectos de relleno de tierras que requieren cientos de millones de m³ de material y de realizar esos proyectos en tiempos razonables y a precios rentables para el proyecto. Esto no era posible 20 años atrás. Por lo tanto desarrolladores de todo el mundo pueden ahora imaginar y realizar proyectos de recuperación de tierras no factibles en el pasado

Las dragas de succión por arrastre se clasifican de acuerdo a la capacidad de su cántara. La cántara puede tener de 1000 m³ a 46.000 m³, pero las unidades con más de 20.000 m³ son muy escasas. Las dragas con grandes cántaras son muy recientes. Estas dragas de cántaras de este tamaño se denominan como clase Jumbo. La primera draga con una cántara mayor a 15.000 m³ fue la Pearl River en 1994

Nombre draga	Empresa	Año construcción	Volumen de cántara m ³
Lelystad	Ballast Neddam *	1988	10,000
JFJ De Nul	Jan de Nul	1992	12,000
Pearl River	Dredging International	1994	17,000
Gerardus Mercator	Jan de Nul	1997	18,000
Amsterdam	Ballast Neddam*	1997	17,000
WD Fairway	Boskalis Westminster	1997	23,000
Volvox Terranova	Van Oord ACZ	1998	20,000
Queen of The Netherlands	Boskalis Westminster	1999	23,000
Queen of Penta Ocean	Penta Ocean	1999	20,000
Vasco da Gama	Jan de Nul	2000	33,000
WD Fairway	Boskalis Westminster	2003	35,900
Cristobal Colón	Jan de Nul	2008	46,000

Tabla 9.4 – Evolución del volumen de cántara

En la Tabla 9.4 se da un listado de dragas con su capacidad de cántara y año de construcción. Debe recordarse que la empresa Ballast Neddam fue adquirida por Van Oord

9.2.6.2 Dragas Jumbo

En la Tabla 9.5 se da un listado de las dragas con capacidad de cántara mayor a 17,000 m³ o sea las denominadas Dragas Jumbo de acuerdo a la información suministrada en la página web de las empresas de dragado a Junio 2012

Empresa	Nombre	Volumen cantara m ³	DWT ton	L m	B m	Calado cargada m	Max prof dragado m	Tubos Cantidad	Tubos Diámetro mm	Speed nudos	Año Construcción/ Reconstrucción
JDN	Cristóbal Colón	46,000	78,000	223	41	15,15	155	1	1,300	18	2009
JDN	Leiv Eriksson	46,000	78,000	223	41	15,15	155	1	1,300	18	2010

Van Oord	HAM 318	37,293	61,071	227	32	13	70/100	2	1,200	15,5	2001/2008
Boskalis	Queen of Netherlands	35,500	59,168	230	32	13,67	67/83/115/160	2	1,200	16	1998/2009
Boskalis	Fairway	35,500	59,168	230	32	13,67	67/83/115/160	2	1,200	16	
JDN	Vasco da Gama	33,000	59,000	201	36	14,60	53/68/137/140	1	1,400	16,3	2000
Van Oord	Vox Maxima	31,387	55,931	203,40	31	14,50	70	2	1400/1300	17,2	2009
JDN	Charles Darwin	30,500	54,140	183,20	40	12	93,50	2	1,200	16	2011
DEME	Congo River	30,190	48,000	168	38	12,15	36/56/106	2	1,300	16,60	2011
DEME	Pearl River	26,164	30,140	182,22	28	10,60	30/60/120	2	1,200/1,100	15	1994/2002/2006
Van Oord	Rotterdam	21,665	38,426	186,20	31	11,37	93,50	2	1,200	15,9	2001
Van Oord	Volvox Terranova	20,046	31,294	164,10	29	11,75	101,50	2	1,400/1,200	17,5	1998/2006
Penta Ocean	Andromeda V	20,000	30,000	166,7	31	10,5	34/40/60	1	1,200	16	1999
Van Oord	Utrecht	18,292	24,418	159,65	28	10,38	60/74,60	2	1,100	15,5	1996
JDN	Gerardus Mercator	18,000	29,780	152,90	29	11,85	55/105/112	1	1,1200	15,2	1997
Van Oord	Nile River	17,000	24,146	144	28	10,56	30 mínimo 50 máximo	2	1,200	14	1999

Tabla 9.5 – Dragas Jumbo a Abril 2012

Es interesante destacar que las 16 dragas incluidas en el listado pertenecen a 4 empresas internacionales de dragado y a 1 empresa internacional de construcciones civiles (Penta Ocean)

9.2.6.3 Densidad de cálculo

Hay que tener presente al dragar la densidad para 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. El diseño de la cántara y sus dimensiones tienen gran influencia sobre la sedimentación del material.

Draga	Volumen de cantara	Carga	Densidad	Año construcción
	m3	ton	ton/m3	
Jade River	3.280	5.640	1,72	1978
J.F.J. de Nul	11.750	17.300	1,47	1992
Queen of Penta Ocean	20.000	30.000	1,50	1999
Vasco da Gama	33.000	58.000	1,76	2000
Pallieter	5.250	8.100	1,54	2004
Cristóbal Colón	46.000	78.000	1,69	2008

Tabla 9.6 – Densidad de cálculo

9.2.6.4 Nueva draga (año 2008)

En la página del Grupo JDN (www.jandenul.com) se da la información de que ha encargado la construcción de una draga de 46.000 m3 de cantara. La draga se contrató con la firma española Construcciones Navales del Norte (ex Astilleros Izar) y será construida en los astilleros “La Naval” en Sestao. Las características de esta nueva draga se indican en la Figura 9.7 y Tabla 9.7 En la botadura esta draga fue denominada “Cristóbal Colón”

Hopper capacity :	46,000 m ³	Pump :	2 x 6,500 kW
Deadweight :	About 78,000 ton	Pump (pumping ashore) :	2 x 8,000 kW
Length o.a. :	223 m	Propulsion :	2 x 19,200 kW
Breadth :	41 m	Total installed diesel power :	About 41,500 kW
Maximum dredging depth :	155 m	Speed :	18 kn
Draught loaded :	15.15 m	Complement :	46 persons
Suction pipe diameter :	1,300 mm	Built in :	2008

Tabla 9.7 – Características de la draga Cristóbal Colón

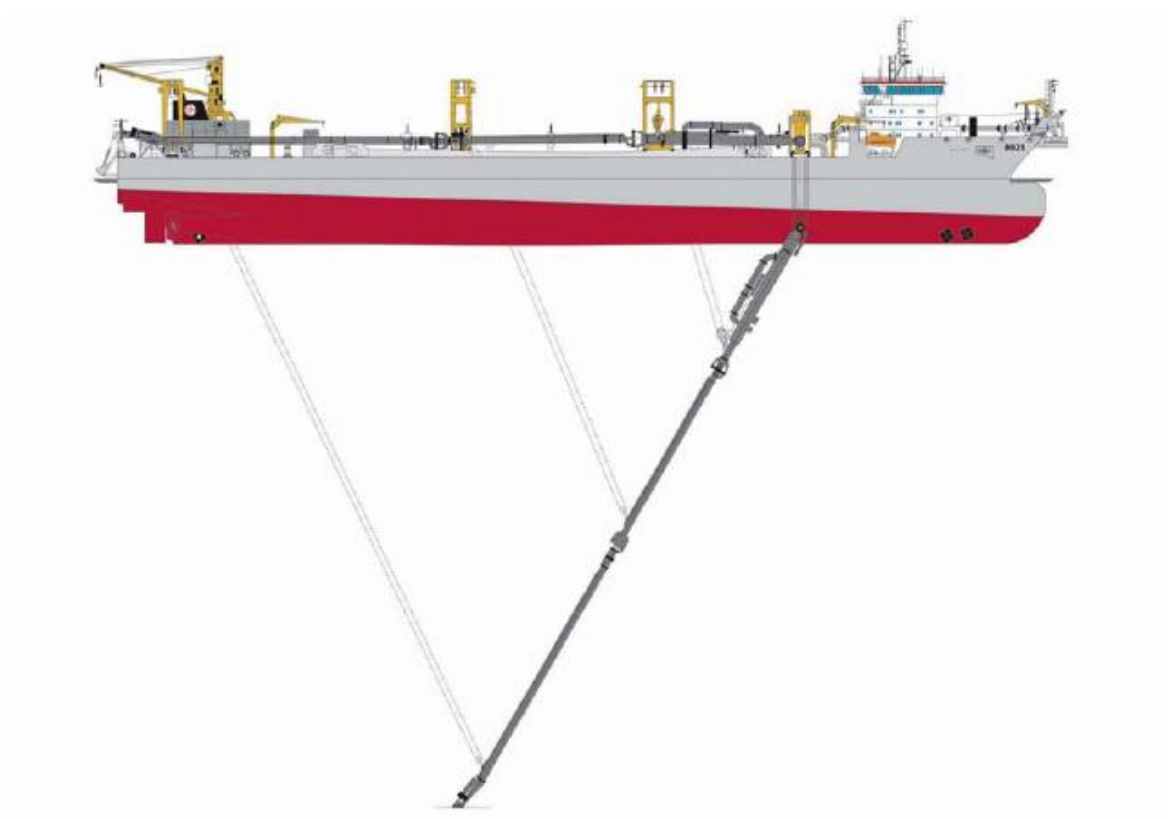


Figura 9.15 – Dragas Cristóbal Colón

9.2.7 Rampa

El ingreso en la cántara de la mezcla de agua y sedimento proveniente de los tubos de succión se realiza en forma distribuida a lo largo de cantara mediante una rampa de mayor sección para minimizar la turbulencia del flujo y facilitar la sedimentación del material de mayor peso.

9.2.8 Rebalse

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.

Cuando se está 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 mas alta posible y una vez llenada la cantara 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.

Cuando se está dragando materiales granulares de mayor tamaño donde la sedimentación es mas rápida y la separación entre sedimento en la cántara y liquido por encima se produce mas rápidamente se coloca el labio del vertedero en una posición mas baja y se deja descargar el agua excedente hasta que la carga lograda en la draga sea satisfactoria.

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 a causa de la mayor densidad del material en la cántara y seguramente van a poder cargar hasta aproximadamente un 80 % de la capacidad nominal de la cántara.

Una excepción a este caso son las dragas especialmente diseñadas para la extracción de materiales para la construcción en cuyo caso ya está previsto cual va a ser la densidad del material a transportar.

Los vertederos tienen una forma circular y en general son dos. El rango de diámetros del conducto de descarga va de 900 mm a 1900 mm y el diámetro del vertedero de 1250 mm a 4000 mm

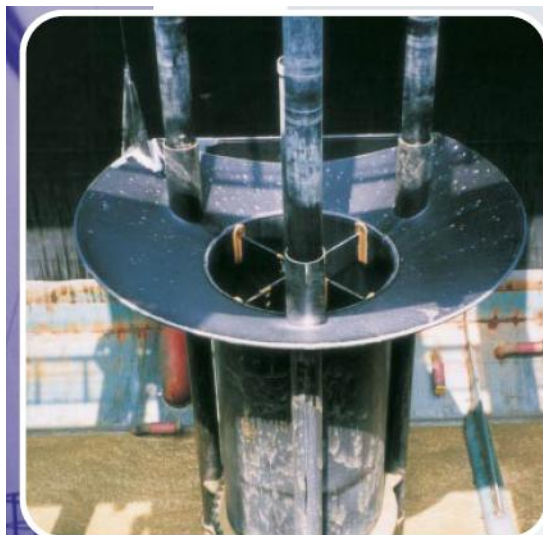


Figura 9.16 - Rebalse

Para evitar problemas de contaminación la descarga del vertedero puede enviarse al tubo de succión como agua de los chorros del cabezal de dragado. Ver Tema 18 de estos apuntes

9.2.9 Descarga del material

.Especialmente para dragado de mantenimiento en ríos y vías de navegación interior, 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. Asimismo se han vuelto más estrictos los procedimientos requeridos para aprobar un sitio como lugar de vaciado de manera que se han reducido el número de lugares en los que se permite la descarga de material dragado. Este aspecto tiene un impacto en el diseño de la TSHD pues las dragas tienen que descargar en lugares de menor profundidad para optimizar la utilización de los lugares de descarga.

Para poder descargar en terrenos de menor profundidad sin producir daños en las compuertas de descarga se ha producido el desarrollo de diferentes compuertas y sistemas. Es de suma importancia que ninguna parte de las compuertas asomen por debajo del fondo del casco durante la operación de descarga. Se han diseñado diversos sistemas de descarga para tener en cuenta estas consideraciones. Este tema se puede ampliar en Vandycke (2004).

Las dragas de succión por arrastre pueden descargar el material de la cántara de varias formas.. Entre ellas puede mencionarse :

9.2.9.1 Compuertas de fondo

La descarga mediante la apertura de compuertas de fondo. Las compuertas de fondo se encuentran ubicadas todo a lo largo del fondo de la cántara y se accionan hidráulicamente. 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. También es importante la verificación permanente del cierre correcto de las compuertas.

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. De todas maneras este sistema presenta algunas desventajas:

- Por un lado la superficie total de puertas es limitada ya que el espacio necesario para que aloje el desplazamiento de la puerta no puede ser utilizado como compuerta
- Las compuertas solo se pueden abrir en forma simultánea. Para manipular las compuertas se utilizan uno o dos pistones hidráulicos. Por lo tanto no pueden ser abiertas en forma separada.
- Los sellos de las compuertas suelen ser del tipo neumático. Los sellos se despresurizan antes de abrir las compuertas, lo que previene que sufran daños durante la descarga. Los sellos neumáticos son una parte frágil del

sistema y en caso de avería el buque debe salir a dique para su reparación.

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

9.2.9.2 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 deposición final. En este caso se aspira agua mediante los tubos de succión, se mezcla el agua con el material de la cántara y se forma una mezcla (slurry) adecuada (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



Figura 9.17 – Conexión de la draga a tubería flotante

9.2.9.3 Chorro de proa

Las dragas traen proa la posibilidad de largar un chorro hacia la zona que se pretende rellenar. Mediante el sistema de bombas de la draga se inyecta agua en la cantara para fluidificar el material y se lo envía para descargar por el chorro de proa.



Figura 9.18 (a) – Descarga mediante chorro de proa

La descarga del material cargado en la cántara mediante el chorro de proa se llama en inglés “rainbowing” Es la técnica mediante la cual se bombea la arena lanzándola en forma de arco para colocarla en el sitio a rellenar.

Lo primero que se hace es fluidificar la arena de la cántara y la mezcla de arena y sedimento (slurry) tiene propiedades adecuadas para impulsarla en el aire. Este método es, en muchas ocasiones, el más adecuado para descargar grandes cantidades de arena en zonas de poca profundidad cercanas a la costa.

Dado que este método no requiere tuberías flotantes ni sumergidas, estaciones de rebombeo o tuberías en la playa es habitualmente el método más económico.

Los factores principales que tienen influencia en la productividad de la descarga asociados a la válvula de la draga son:

a) El ángulo vertical de la válvula

El ángulo vertical de la válvula elegido tiene mucha influencia. Años atrás era típico utilizar un ángulo de 45°. Actualmente se utiliza un ángulo vertical de 30° dado que las investigaciones realizadas han mostrado que éste es el ángulo vertical más indicado para lanzar el slurry a mayores distancias. Con este ángulo se genera menos backflow hacia la draga y los craters que se forman en el área de relleno son menores

b) El diámetro de la válvula

El diámetro de la válvula es de fundamental importancia. A medida que el diámetro disminuye menor es el caudal haciendo que la producción disminuya pero con una velocidad de salida mayor la arena puede ser lanzada a mayor distancia. Si consideramos las dragas Jumbo modernas a pesar que el tiempo de descarga se incrementó en un 30% se pueden alcanzar distancias del orden de los 150 m. Así y todo estas dragas pueden trabajar con picos de descarga del orden de los 25,000 m³ /hora

Una forma de superar la disyuntiva entre volumen de descarga vs distancia es equipar la draga con dos válvulas trabajando en simultáneo para maximizar la producción como se aprecia en la Figura 9.18 (b)



Figura 9.18 (b) – Descarga mediante dos chorros de proa

c) La altura de la válvula sobre el pelo de agua

d) La forma de la válvula

La forma de la válvula también es muy importante teniendo las válvulas modernas mejor flujo y velocidades de salida mayores lo que significa tasas de producción más eficientes.

A los efectos de poder hacer la descarga mediante el chorro de proa el calado de la draga cargada debe ser tal que el buque pueda ser llevado cerca del lugar de descarga. Esto puede ser una limitante. Habitualmente este aspecto puede ser compensado mediante la descarga de grandes cantidades de arena en los primeros minutos aliviando el calado de proa de manera que el buque pueda acercarse más a la costa. Este procedimiento denominado “beaching the ship” es una buena alternativa pero hay que tener en cuenta que con el tiempo puede comprometerse el casco y requiere reforzar la proa.

Más información se puede obtener en “Facts about Trailing Suction Hopper Dredgers” IADC Number 01/2014

9.2.9.4 Dragas de casco partido (split hoppers)

Este tipo de dragas no tienen compuertas de fondo sino que el casco está constituido por dos partes separadas. Cuando la draga va al lugar de descarga las dos partes se separan y la carga contenida en la cántara cae. Este sistema de descarga es espectacular pues pareciera que la draga se está partiendo en dos partes.



Figure 3: Split hopper ORWELL during dumping

Figura 9.19 – Draga de casco partido

Este sistema presenta algunas desventajas:

- 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 draga mas grande construida con este sistema es la Vlaanderen XX con un volumen de cántara de 5.000 m³

Por otra parte el tiempo de descarga de este tipo de dragas es muy rápido. El área de la zona de descarga es muy grande comparado con el volumen a descargar. Esto es una ventaja cuando se tiene que descargar suelos pegajosos como arcillas blandas. El material remanente en la cántara después de la descarga es mínimo.

En la actualidad no se construyen dragas con este sistema debido a la complejidad de la construcción y el encarecimiento del precio en comparación con sistemas convencionales. Lo que si se continua construyendo con este sistema de casco partido son barcazas auto propulsadas (Ver 6.7). La SSPyVN cuenta con una dotación de barcazas de estas características.

9.2.9.5 Compuertas de pre descarga (Pre dumping doors)

Este desarrollo es muy reciente. La draga tiene además de las compuertas convencionales para descarga ubicadas en el fondo, compuertas adicionales ubicadas mas arriba en la cántara. De esta manera las compuertas pueden abrirse aunque la draga este tocando el fondo. La operación se realiza de la siguiente manera. La draga va al sitio de descarga y aunque este prácticamente varada puede abrir estas compuertas de pre-descarga. Cuando la descarga parcial del material de la cántara permite recuperar flotación suficiente se abren las compuertas convencionales.

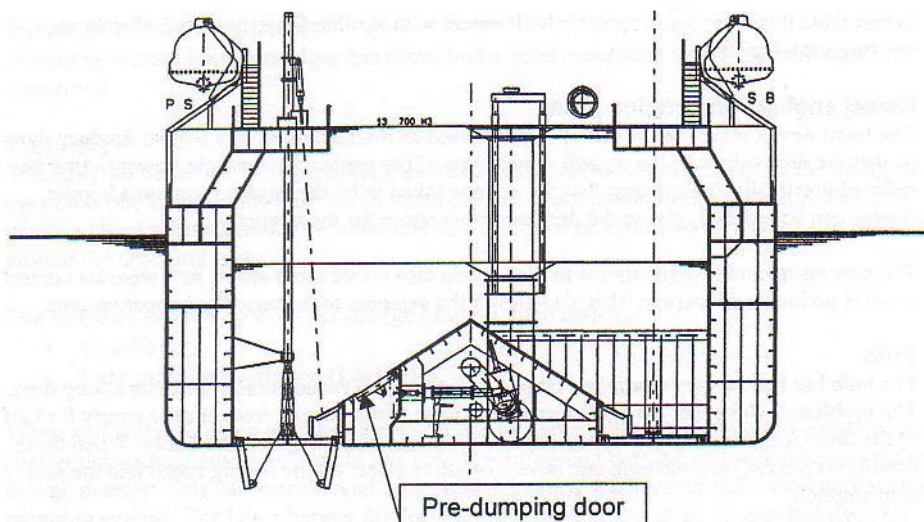


Figura 9.20 – Ubicación de las compuertas de descarga previa

Habitualmente las dragas modernas cuentan con compuertas de fondo, sistema de descarga a tierra y válvula para chorro de proa.

9.2.10 Sistemas de posicionamiento dinámico

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

Dentro de estos sistemas se destacan los sistemas de posicionamiento dinámico (Dynamic Positioning - DP) y de seguimiento de traza prefijada dinámico (Dynamic Tracking – DT)

Ver “Steering the draghead”, folleto de IHC que describe como se puede posicionar el cabezal de dragado mediante el uso del sistema DP/DT de IHC.

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.

9.3 VENTAJAS

La draga de succión por arrastre es un equipo que presenta muchas ventajas. Por ello se lo está utilizando cada vez más en diferentes campos de aplicación. Algunas de las ventajas de esta draga son:

- Es el único tipo de draga que puede trabajar en forma efectiva, segura y económica en aguas abiertas. No es sensible a las condiciones meteorológicas o de mar pues navega como un buque
- Se puede desplazar en forma rápida y económica al lugar del proyecto por sus propios medios. La movilización/demovilización es simple.
- operación independiente, o sea, no depende de barcasas u otros elementos para realizar su operación
- La operación de la draga no interfiere con el tráfico de buques y tiene un mínimo efecto sobre las operaciones de otros buques. No es necesario instalar un campo de anclas ni tener la draga en forma estacionaria. Solamente en el periodo de dragado la draga navega a baja velocidad
- El método de operación resulta en mejoras del canal que pueden ser aprovechadas por los buques prácticamente a medida que se van ejecutando los trabajos.
- Esta draga puede ser la opción mas económica cuando las áreas de descarga se encuentran mas allá de las distancias a las que se puede llegar mediante bombeo por tuberías ya que tiene la capacidad de transportar material dragado a distancias largas
- Tiene un nivel de producción relativamente alto.
- La descarga del material puede efectuarse de diversas formas lo que también la hace apta para realizar rellenos

9.4 DESVENTAJAS

Las principales desventajas son:

- No puede dragar materiales duros como arcillas consolidadas y otros.
- No puede trabajar en áreas restringidas como dársenas y otras estructuras.

- Las dragas con tamaños de cántara importantes tienen calados que les impiden trabajar en aguas de poca profundidad.
- No draga en forma continua sino solamente durante la etapa de dragado del ciclo.
- Es sensible a la presencia de basura portuaria (debris)
- Tiene muchas dificultades para dragar los costados de los bancos constituidos por arenas densas.
- Se produce la dilución del material de fondo durante el proceso de dragado
- Puede producir problemas ambientales con la descarga de exceso de agua por el vertedero (overflow)
- La precisión del dragado es baja comparada con otro tipo de dragas.
- Cuando draga sedimentos contaminados no puede optimizar la carga de la cántara por la imposibilidad de descargar por vertedero.
- Es una draga con alto costo de capital
- Tiene una dotación de personal importante y por lo tanto costos operativos importantes

9.5 EVOLUCION DEL DISEÑO

En las últimas décadas se ha visto una gran evolución en el diseño y construcción de las dragas de succión por arrastre. 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.

Otro factor importante que ha influenciado el diseño de las TSHD es el medio ambiente. A lo largo de los años las dragas no han tenido la mejor de las imágenes en relación con el impacto y la protección del medio ambiente. Las cuestiones relacionadas con el medio ambiente tienen cada vez mayor importancia en la ejecución de una operación de dragado. Las TSHD modernas tienen características especiales para limitar el impacto de las operaciones de dragado en el medio ambiente como se indica en el Tema 18 de estos apuntes.

9.5.1 Mejoras en el asiento (trim)

En la edición de la revista DPC December 2009 – p29 se hace referencia a las características de dos nuevas dragas de Boskalis, siendo una de ellas la *Gateway*, entregada en Febrero 2010 de 12,000 m³ de cántara y un calado cargada de 10 m.

Se menciona las mejoras en el diseño de dragas de succión por arrastre para mejorar el asiento. Cuando una draga no está bien trimada es el punto que está más abajo, mas hundido, el que limita la habilidad de trabajar en proyectos de rellenos hidráulicos costeros. Para mejorar el asiento Boskalis reintrodujo un concepto viejo y rara vez visto: separación de la cántara en dos compartimentos. Con dos cántaras disponibles el capitán de dragado puede bombear material de uno a otro y lograr un perfecto asiento en cualquier situación.

Pero hay más efectos producido por esta modificación: separando el espacio de la cántara en dos partes significa que la sala de bombas puede ubicarse en el centro del buque, en el medio de las dos cántaras, lo que da ventajas adicionales, a saber:

- Distribución óptima de los elementos pesados a lo largo de la eslora del buque, con el acomodamiento en la proa, el cuarto de bombas en el medio y la sala de máquinas en la popa, todo lo cual beneficia el asiento

- Menor longitud de tuberías. Con la sala de bombas ubicada en el medio del proceso de carga en lugar que en un extremo del buque es necesaria menor longitud de tuberías lo que resulta en un ahorro de peso que adicionalmente reducen el calado
- Menor cantidad de partes de desgaste. Un resultado directo de disminuir la longitud de tuberías resulta en menos desgaste y una reducción de costos operativos

Otro aspecto a considerar en el diseño de estas dragas es contar con bombas de gran potencia que resultan muy útiles cuando hay que bombear el material a grandes distancias sin necesidad de instalar una estación de rebombeo. Las bombas tienen una potencia llamativa de 7,500 kW

9.6 CANTIDAD DE DRAGAS

En la Tabla 9.8 se muestra el número total de dragas de succión por arrastre existentes en el mundo en el año 2012 (378 dragas) y la distribución por rango de volumen de cántara. Se aprecia que menos del 10 % de las dragas (35 dragas) tienen volumen de cántara superior a 10.000 m³

Cántara (m ³)		Cantidad de Dragas Porcentaje sobre total	Cantidad de dragas
>=	<		Número
	1000	16%	61
1000	5000	59%	225
5000	10000	15%	57
10000	15000	3%	11
15000	20000	2%	8
20000	25000	1%	4
25000	30000	0%	0
30000	35000	1%	4
35000	40000	1%	4
40000		1%	4
			378

Tabla 9.8 – Cantidad de dragas (año 2012)

Los valores de la Tabla 9.8 se representan en la Figura 9.21



Figura 9.21 – Cantidad de dragas (Año 2012)

En la Figura 9.22 se presenta la capacidad de dragado del aprque de dragas de succión por arrastre

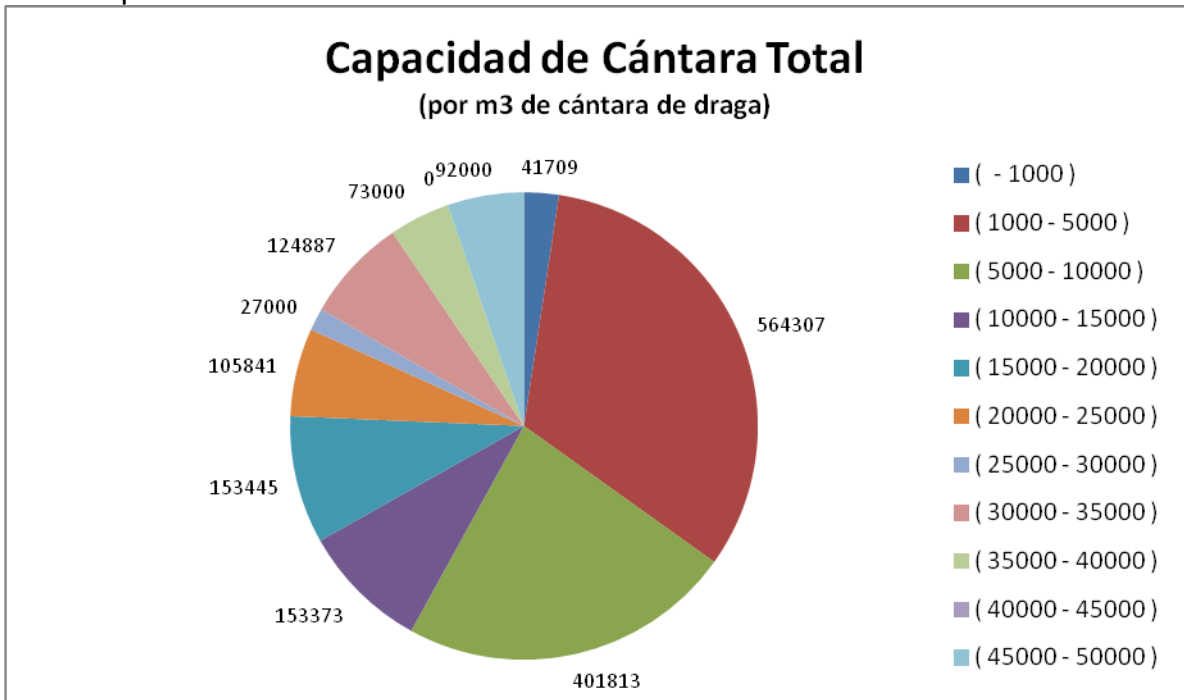


Figura 9.22 – Capacidad de dragado – Año 2012

En la Figura 9.22 se muestra la capacidad total de dragado de dragas de succión por arrastre para el año 2012 (1.737.000 m³ de volumen de cántara). La capacidad se calcula como la sumatoria del producto del número de dragas por su correspondiente volumen de cántara. La tendencia con las nuevas construcciones es

que las dragas sean del tamaño grande y Jumbo por lo que la proporción de estas categorías en el total ha aumentado con respecto a años anteriores.

9.7 CAMPOS DE APLICACIÓN

Las dragas de succión por arrastre tienen aplicación en muchos campos y con los continuos desarrollos que se efectúan de nuevos cabezales para atacar suelos mas complejos, mayores profundidades de dragado, sistemas de posicionamiento dinámico, y otras innovaciones tecnológicas las dragas de succión por arrastre incursionan cada vez con mayor frecuencia en campos que anteriormente estaban reservados a otros tipos de dragas.

La draga de succión por arrastre ofrece ventajas 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 buques es un problema la draga de succión por arrastre corre con ventajas indudables.

Asimismo en algunos casos se desarrollan soluciones especiales para determinados problemas de dragado basadas en las capacidades de la draga de succión por arrastre.

9.7.1 Apertura de canales de navegación

El dragado de apertura o profundización 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. El único obstáculo puede ser que el suelo a dragar presente características que hagan que este equipo no sea eficiente.

9.7.2 Mantenimiento de canales de navegación

El dragado de mantenimiento de canales de navegación y de acceso a puertos es una de las aplicaciones más habituales de este tipo de dragas. Dado que el trabajo se realiza como una navegación, las condiciones ambientales no la afectan en demasía y el material depositado por sedimentación es apto para ser dragado con este tipo de dragas.

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

9.7.3 Relleno de playas

La utilización de playas con fines turísticos hacen de estas un activo importante de muchas localidades balnearias. Desafortunadamente en muchos sitios las tormentas de invierno o desbalances del transporte litoral hacen que se produzcan erosiones de las zonas de playa muy significativas quitando atractivo turístico a esas localidades. Un remedio para esta situación es dragar material apto en una zona que puede estar alejada, transportarlo hasta la zona de playas y depositarlo en la playa. Un relleno de playas 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 zona embancada con la necesidad de relleno en otra zona haciendo el costo de las dos obras mas barato que encarándolas por separado.

La draga de succión por arrastre es ideal para esta tarea realizando la descarga en la zona de playas mediante tuberías.

9.7.4 Proyectos de rellenos hidráulicos

.Las dragas de mayor capacidad se construyeron para hacer factible la ejecución de proyectos de rellenos hidráulicos (land reclamation) donde se requiere dragar grandes volúmenes de material y transportarlo a grandes distancias. Las mayores capacidades de cántara permiten disminuir el costo del metro cúbico de arena dragado en virtud que se mueven mayores volúmenes con costos parecidos. Los mejores ejemplos se encuentran en los proyectos realizados en Hong Kong y Singapur.

9.7.5 Excavación de trincheras para tuberías

La construcción de gasoductos para llevar gas de yacimientos en el mar hasta lugares en la costa donde se conectan a la red de gasoductos de diferentes países es una obra de ingeniería que se realiza cada vez con mayor frecuencia. Hay varios ejemplos de estas obras en el Mar del Norte. Para tender el gasoducto en condiciones de seguridad se debe realizar primero un “presweeping” o sea una tarea de nivelación del fondo cortando la parte superior de las zonas mas elevadas. Las profundidades de trabajo son del orden de los 75 m y la trinchera a realizar tiene del orden de los 10 m de ancho. Un ejemplo es el trabajo realizado en el gasoducto NORFRA [Pille (1999)]

9.7.6 Cobertura de tuberías

En algunos casos es necesario efectuar el cubrimiento de tramos del gasoducto con grava. 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. Un ejemplo es el trabajo realizado en el gasoducto NORFRA.

Melkebeek (2002) presenta un caso muy interesante de tareas de dragado realizadas con una draga de succión por arrastre relacionadas con la instalación de un gasoducto en Taiwan. La ruta seguida por el gasoducto se indica en la Figura 9.23



Figura 9.23 – Ruta del gasoducto desde Yung-An a Tung-Hsaio.

El objeto del trabajo incluyó la ejecución de la trinchera para instalar la tubería (pretrenching) en una longitud total de 236 km, perfilado (presweeping) de dunas de arena y relleno de la trinchera con material dragado después de la instalación de la tubería. Durante la ejecución de la obra surgieron situaciones especiales que se solucionaron con la draga de succión por arrastre.

Las obras se ejecutaron en profundidades de hasta 112 m. En la Figura 9.24 se muestra un perfil longitudinal a lo largo de la ruta.



Figura 9.24 – Perfil longitudinal a lo largo de la ruta

La draga utilizada fue la draga de succión por arrastre Gerardus Mercator de JDN que mostró su versatilidad al poder actuar eficientemente en las diversas situaciones que se presentaron.

Ejecución de una trinchera en aguas de hasta 112 m de profundidad

La trinchera previa a la colocación del gasoducto se realizó en aguas de más de 65 m de profundidad por más de 100 km y con profundidades máximas de 112 m. Se utilizó en este tramo de mayor profundidad la draga Gerardus mercator equipada con un tubo de succión de 1200 mm de diámetro con una bomba sumergida de 3600 kw. Se establecieron límites muy precisos y seguros de operación frente a diferentes estados de mar para limitar las tensiones en el tubo de succión. Estas precauciones eran fundamentales ya que en caso de tener un accidente con el tubo de succión y no poder continuar con las operaciones no había draga de reemplazo para profundidades mayores a 75 m.

Vistas las grandes profundidades y lo alejado del área de trabajo costa afuera se realizaron todas las tareas de relevamiento mediante una ecosonda multibeam instalada en el casco de la draga. De esta manera se contaba con información online del avance de la obra.

Dragado de la trinchera luego de haber sido colocado el gasoducto

Durante la ejecución de los trabajos de dragado de la trinchera antes de colocar la tubería se encontró un tramo de 16 km con arena muy fina con los granos en forma de plato que se comportaba casi como si fuera un fluido. Resultó prácticamente imposible obtener taludes razonables ya que la arena continuaba fluyendo hacia la trinchera. Otra indicación de la baja consistencia de la arena estuvo dada por la velocidad con la cual se movían las crestas de las dunas de arena que de acuerdo a mediciones efectuadas con multibeam avanzaban entre 5 a 10 metros por día. La profundidad del lugar era entre 26m y 45 m con corrientes relativamente fuertes. Se

decidió entonces para este tramo enterrar la tubería después de su colocación. Para ello se utilizó un cabezal diseñado para enviar chorros de agua a alta y baja presión que permitieron desplazar el material y permitir enterrar la tubería. En toda la operación se extremaron las medidas de seguridad para que en ninguna circunstancia el cabezal pudiera impactar contra la tubería

Corrección de zonas erosionadas

Cuando se estaba programando el relleno de la trinchera se detectó mediante el relevamiento con multibeam que había una zona donde el terreno se había erosionado dejando algunos tramos de la tubería apoyado solamente en algunos puntos aislados. Esta situación se puede apreciar en la Figura 9.25

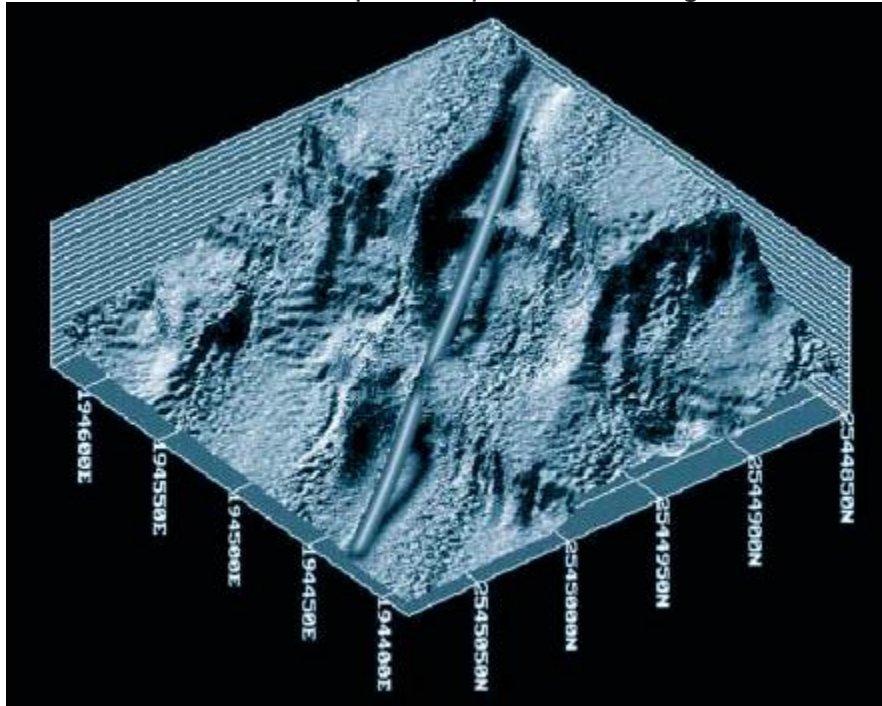


Figura 9.25 – Vista tridimensional de la zona con erosión

El análisis de tensiones en la tubería mostró que no tenía sobretensiones en esa situación pero que no podía ser llenada mientras no se solucionara ese problema. El material de fondo estaba constituido por arena limosa muy fina y la profundidad del lugar es de 90 m. La forma de solucionar el problema fue utilizar los chorros de agua desde el cabezal especial para remover los puntos sobresalientes en forma muy controlada para ir haciendo descender la tubería de a poco hasta quedar totalmente apoyada en el fondo. La máxima diferencia entre la posición antes y después de la tubería fue de 5 m. Para evitar que se repitiera ese fenómeno de erosión se realizó una cobertura del lugar con arena gruesa ($D_{50} = 450 \mu\text{m}$)

9.7.7 Hundimiento de cascos hundidos

Cuando se produce el hundimiento de un buque en un canal de navegación puede suceder que la parte que emerge por encima del nivel de fondo garantizado del canal no justifique la extracción del resto naufrago en su totalidad. 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. Un ejemplo muy interesante es el caso del buque Assi Link [Jacobs (2005)]

En Enero 2003 el buque portacontenedores Assi Euro Link se hundió 40 millas náuticas al NW de la isla holandesa de Terschelling. La profundidad de agua en el lugar es de -43m y la profundidad garantizada para la navegación es de -29 m por debajo de los límites inferiores de la marea.

Se realizó un relevamiento batimétrico que mostró que el buque hundido sobresalía 4 m de la profundidad garantizada por lo que era un obstáculo inaceptable en una vía navegable muy transitada, Era también un peligro ambiental potencial por el combustible (fuel oil) remanente en el casco.

Se decidió primero extraer el fuel oil y luego hacer descender la parte superior del casco por debajo de los -29 m mediante operaciones de dragado. Esta operación se consideró mas factible y mas económica que el reflotamiento del buque.

Se realizó posteriormente un relevamiento con un Side Scan Sonar y un Multibeam que mostraron al casco recostado sobre babor con una rajadura muy visible cercana a la popa.

Un elemento esencial para la evaluación del método de dragado a utilizar era tener conocimiento de las condiciones del suelo principalmente lo referido a parámetros geotécnicos y estratificación. Por lo tanto se realizó en Mayo 2003 un relevamiento sísmico y se comparó con 3 perforaciones existentes. Tres Cone Penetration Tests (CPTs) que se realizaron hasta una profundidad de 10 m por debajo del fondo agregaron información mas detallada. Los resultados de la investigación de suelos suministraron información suficiente para contestar las preguntas referidas a:

- La dragabilidad del material con el equipo de dragado existente
- El desarrollo probable de los taludes del material por debajo del casco
- La profundidad posible de excavar para crear el espacio necesario para hundir las partes del naufragio

Layer thickness	Soil description	Geological description
2 m (top sediments)	Silty, very fine loose sand	Holocene
2 m	Fine dense sand	Pleistocene (Twente Formation)

Para realizar el trabajo se decidió utilizar la draga de succión por arrastre "Prins der Nederlanden" de 16.000 m³ de cántara por las siguientes razones:

- La draga tiene suficiente rango de profundidad de dragado. Efectivamente la draga está equipada con un solo tubo de succión pudiendo dragar hasta 55 m de profundidad en condiciones normales y mediante una instalación especial puede dragar hasta 85 m de profundidad. La configuración para mayor profundidad tiene una bomba sumergida que le da mayor flexibilidad y una mayor producción cuando se trabaja a profundidades superiores a los 30 m.
- Se dispone de una potencia instalada en el chorro de agua (3000 kW). Esto es muy útil para la capa de arena del Pleistoceno que se considera muy densa y por lo tanto para desarrollar taludes iba a ser necesario utilizar chorros de agua.
- La draga presenta excelentes características de maniobrabilidad lo que le permiten operar en áreas restringidas y coordinar las operaciones con el tráfico de buques pasante de la zona. Para afrontar las condiciones

ambientales la draga tiene la posibilidad de operar con olas de hasta 3 m de altura

- Asimismo está equipada con sistemas de posicionamiento y seguimiento dinámico (DP / DT) lo que le permite trabajar con mucha precisión
- Al ser un buque autopropulsado puede desparramar la carga en el fondo a cualquier distancia sin convertirse en un obstáculo a la navegación.

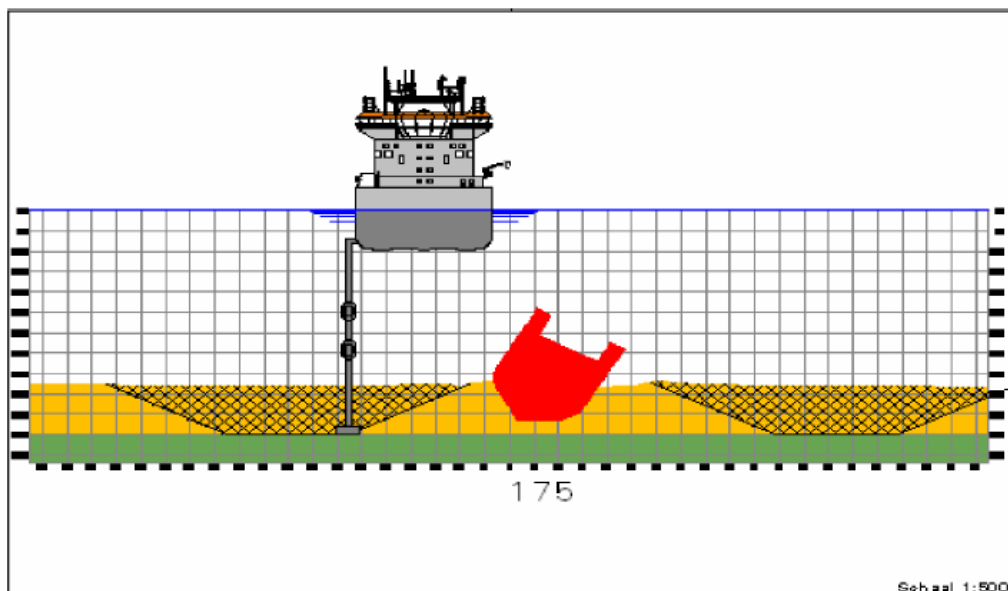


Fig. 2. Dredging trenches along the wreck.

Figura 9.26 – Dragado de trincheras a los lados del buque hundido

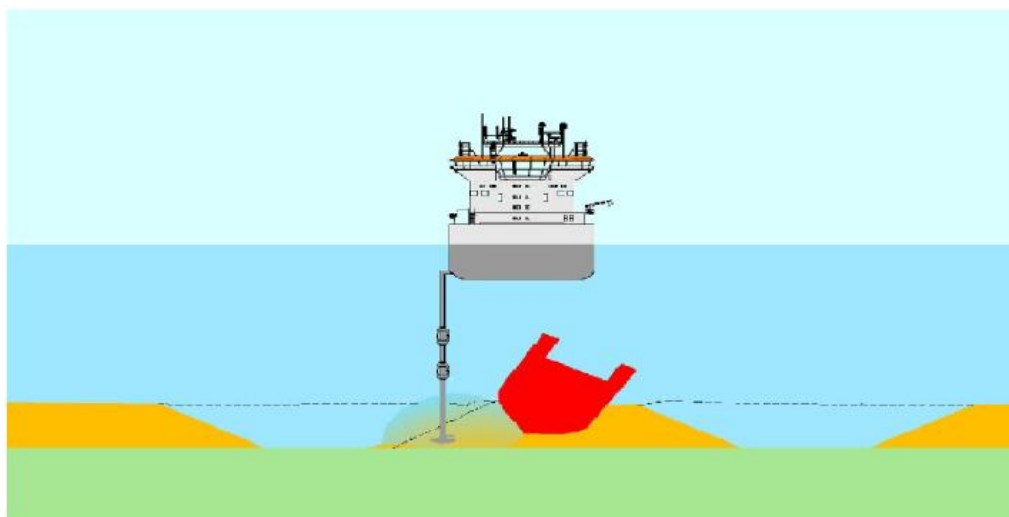


Fig. 3. Jetting the remaining material.

Figura 9.27 – Desmoronamiento de taludes con chorros de agua

En la Figura 9.26 se muestra el dragado de las trincheras a los costados del buque hundido y en la Figura 9.27 la operación de desmoronamiento de taludes mediante chorros de agua

9.7.8. Excavación de Glory Holes

Para la excavación de Glory Holes en TerraNova para proteger las instalaciones de explotación de petróleo de la influencia de los icebergs. [Jacobs (2004)] también se utilizó una draga de succión por arrastre. En este caso se utilizó la draga Vasco da Gama.

El dragado se realizó con una profundidad de agua al fondo de 119 m a partir de la cual se debían dragar 9 m más. Las dimensiones del Glory Hole son 45 m x 58 m x 9 m de profundidad.

La draga se eligió por su capacidad de dragar hasta -135 m: por su compensador de oleaje con un rango de 8 m que le permite trabajar bien con las olas máximas de 5 m previstas para el lugar; por el cabezal de 8 m de ancho y 50 toneladas de peso que le permitió dejar una buena terminación del fondo.

Figure 20. Box cut design for the Glory Hole excavation, cross view and longitudinal view.

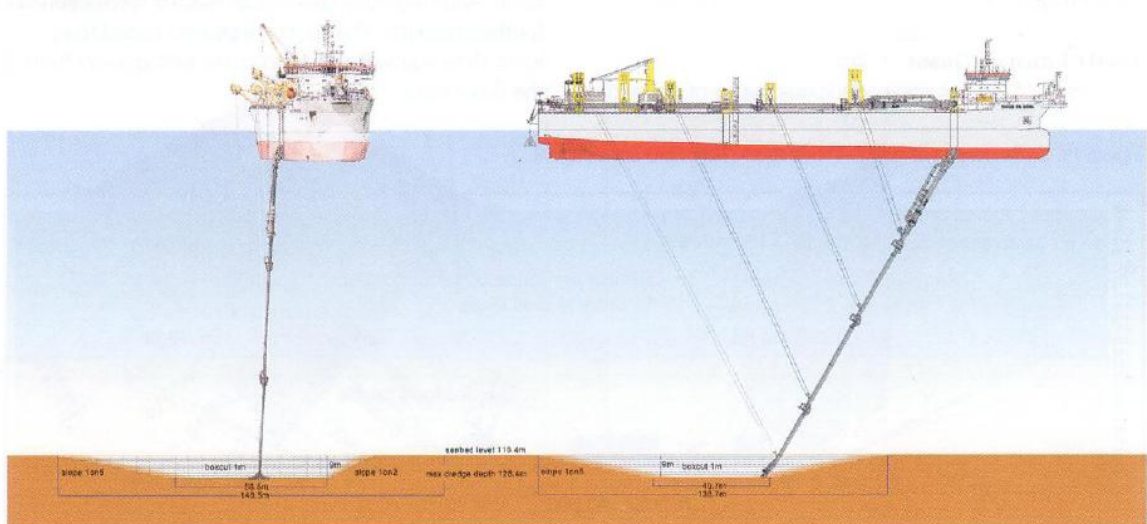


Figura 9.28 - Dragado del Glory Hole

La operación de dragado se realizó a una velocidad de 2 nudos y dragando líneas paralelas separadas 5 m entre ellas para tener un mínimo de solape entre líneas que pudieran absorber las tolerancias de posicionamiento. Las capas que se removieron de suelo tuvieron un espesor de 15 cm para arenas sueltas y menos de 5 cm para arcillas compactas. El buque realizaba una pasada y al finalizar navegaba unas dos esloras y volvía a retomar la línea siguiente. En este proceso levantaba el tubo de succión unos 15 m por encima del fondo. Para el dragado de los taludes con pendientes 1:5 en las capas superiores y 1:2 en las inferiores se diseñó un dragado en forma de cajón en forma sucesiva para las diferentes capas.

A intervalos regulares se realizaba un relevamiento batimétrico del fondo con sistema multihaz instalado en el buque. Con esto se evitaba tener una segunda embarcación trabajando. y al mismo tiempo se tenía información online del avance.

9.7.8 Buques para control de derrames (Oil Recovery Vessels)

Las dragas de succión por arrastre pueden adaptarse para otros usos con lo que teniendo un doble propósito pueden eventualmente evitarse tiempos ociosos. Ver DPC July 2005 pp14-16

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

Algunas dragas que cumplen con este propósito son:

Draga	Volumen cantara m3	Año construcción	Propietario
Cosmos	5.931	1980	
Vlaanderen XX	5.072	1982	DEME
Profesor Gorjunov	4.700	1986	
Yasin		2004	

Tabla 9.9 – Buques para control de derrames



Figura 9.28 bis – Draga Professor Gorjunov

En la Figura 9.28 bis se puede apreciar a la draga Professor Gorjunov operando como un buque para recuperación de petróleo.

Para poder cumplir con esa función IHC ha diseñado un sistema denominado IHC Slicktrail

9.7.9 Proyectos mineros

El desarrollo de yacimientos mineros en el mar a grandes profundidades es una industria que recién está dando sus primeros pasos. En forma concreta Nautilus

Minerals inició en el año 2007 el desarrollo de un área en Papua Nueva Guinea y la operación de recuperación del material estaba previsto efectuarse mediante un equipo similar a una draga de succión por arrastre. Las características de la embarcación que iba a ser construida especialmente para este efecto y un croquis del sistema se presentan en la Figura 9. 29

El dibujo no respeta la escala vertical pues la profundidad de dragado prevista es de – 1700 m

La tubería de succión tiene un diámetro de 300 mm, 5 x 600 kW bombas de rebombeo; alojamiento para 70 personas; hélice de proa 3 x 2000 kW; propulsión 4 x 3.300 kW; volumen de cántara 16.000 m³; capacidad de carga 24.000 ton; 191 m eslora total; 40 m de manga

El proyecto se suspendió temporariamente en el año 2010

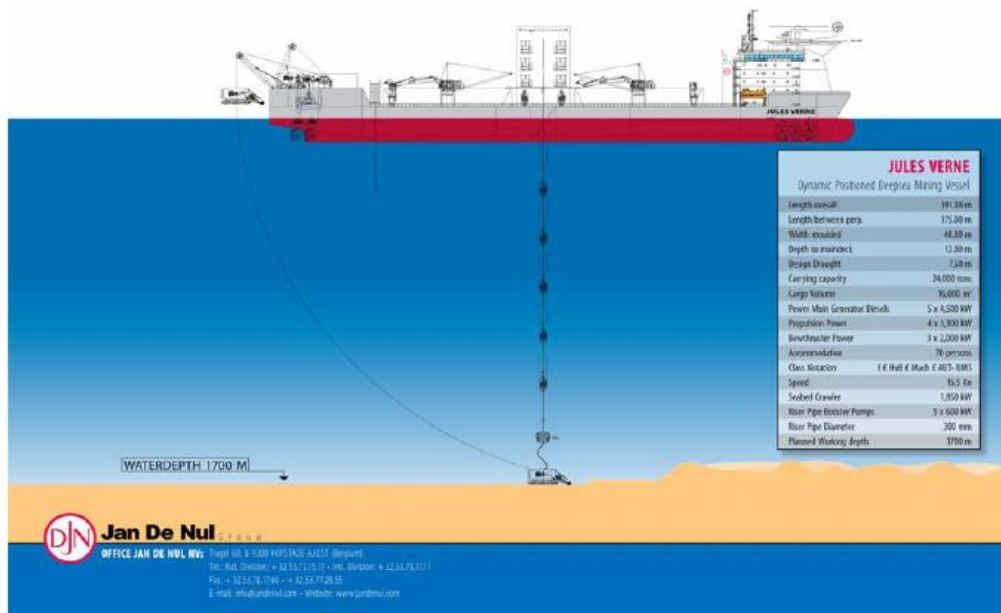


Figura 9.29 – Draga Jules Verne

9.8 MATERIALES QUE DRAGA

Rocas

Las TSHD son 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. En estos casos el conjunto del tubo de succión debe ser reforzado; el cabezal se construye pesado y con dientes para disgregar la roca. Ver parágrafo 9.2.3.3

En el año 2008 se han presentado algunos casos muy especiales de dragado de rocas más duras, con resistencia a la compresión simple entre 1 y 30 MPa como roca de coral y limolita arenosa.

Cantos rodados

La TSHD no es adecuada para este tipo de material. Cantos rodados mayores de 300 mm no pueden ser dragados.

Gravas

La TSHD tiene algunas 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

Las TSHD son 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. En el caso de materiales finos puede producirse pérdidas importantes por rebalse.

Arenas finas muy compactas

Dragar suelos finos muy compactos ($d_{50} < 100 \mu\text{m}$) con una draga de succión por arrastre siempre fue una solución antieconómica. Ese material se consideraba un área reservada para las dragas mecánicas estacionarias. 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 poca capacidad del cabezal de penetrar en el suelo lo 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 como se indica en 9.2.3.2 para el cabezal Wild Dragon. De esta manera se ha ampliado el rango de materiales que pueden ser dragados con succión por arrastre.

Arcillas y suelos cohesivos

La TSHD es adecuada para dragar suelos cohesivos blandos y muy blandos, y comienza a tener dificultades a mediada que la tensión de corte del suelo aumenta. En arcillas firmes a duras el material tiende a agrumarse 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. Este tipo de suelos puede bloquear también el cabezal de dragado como se aprecia en la Figura 9.27. Para limpiar el cabezal se recurre a operaciones manuales en cubierta. La descarga puede facilitarse cuando se utilizan dragas de casco partido, las que, de todas formas, no son habituales.



Figura 9.30 – Cabezal bloqueado por material arcilloso

Arcillas duras a muy duras

En el párrafo 9.2.3.1 de estos apuntes se menciona el sistema DRACULA desarrollado en base a chorros de agua de altísima presión para dragar este tipo de material. Salvo mediante la utilización de ese sistema la draga de succión por arrastre no es apta para dragar arcillas duras a muy duras.

Basura – Debris – Materiales de demolición

La draga de succión por arrastre 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

De la página de IHC (www.ihcholland.com) se ha obtenido la Figura 9.31 donde se indican las condiciones de funcionamiento de una draga de succión por arrastre en relación con las características del suelo y la profundidad de dragado Asimismo indica el comportamiento frente a otras variables importantes como condiciones ambientales y otras.

Figura 9. 31 – Aptitud de dragado

Applicability

- Good
- Moderate



Consolidates cohesive soil - Rocks	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Igneous (Graphite, Basalt)	
Metamorphic (schist, Gneis)	
Sedimentary (sand/Limestone, Coral, Chalk, Salt)	Hard
	Soft
Broken rock	

Non cohesive soil - Soil	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Boulders	
Cobbles or Cobbles with gravel	
Gravel	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Sandy Gravel	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Medium sand	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Fine or medium fine sand	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Extremely fine sand or silty sand	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Silt	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>

Non-consolidates cohesive soil	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	
Cemented sand	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: #FF0000;"></div>
Firm or stiff boulder or sandy clay	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: #FF0000;"></div>
Soft silty clay	<div style="width: 100%; height: 15px; background: linear-gradient(to right, #00FF00 70%, #FF0000 70%);"></div>
Form or stiff silty clay	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: #FF0000;"></div>
Cohesive or sticky clay	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: #FF0000;"></div>

Non-consolidates cohesive soil - Organic	
Dredging depth in M.	
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100	

Peat	
Lignite	

Criterium equipment:	
Soil condition	Loose gravel, sand and silt easily handled
	Clay or cemented sand with jets or knives on draghead
Seastate and weather	Very suitable to work in rough sea and currents
	Self-propelled
Site conditions	Dredging depth >70M for largest TSHD
	UWP makes pumpproces independent from dredging depth
	Moderate selectivity and accuracy
Logistics	Suitable for long distances
	Several unloading options possible (dumping, pumping ashore)
	High mobility
	Limited by draught
Production processing	Production depending on pump and draghead capacity, pipe diameter and sailing distance
	Large capacities can be transported in hopper
	Overflow losses during loading
Other	Very large range of capacities available

9.10 FACTORES LÍMITES

Los factores que pueden limitar la operación son los siguientes

Mínima profundidad de agua: depende de la profundidad en la zona de dragado y el calado cargado de la draga. Puede considerarse que en una etapa inicial el dragado se realice en forma poco eficiente cargando la draga parcialmente hasta lograr las profundidades necesarias para cargar la draga totalmente. Hay que tener en cuenta las profundidades entre la zona de dragado y la zona de descarga y las profundidades naturales en la zona de descarga. Se puede asumir una profundidad mínima de 4 m

Máxima profundidad de agua: 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. Las dragas pueden tener una combinación de tubos de succión para los casos en que necesiten dragar mayores profundidades. La draga Vasco da Gama de JDN está preparada para dragar hasta una profundidad máxima de -155 m, pero es un caso muy excepcional. Hay numerosas dragas con sistemas para dragar hasta -50 m

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: Las dragas están equipadas con hélices de proa lo que les da una gran maniobrabilidad. Este aspecto es de vital importancia para poder desempeñarse bien en zonas confinadas o canales de navegación estrechos. El mínimo círculo de giro es de alrededor 75 m

Máxima altura de ola: la draga de succión por arrastre es un barco y como tal está preparado para navegar con condiciones de oleaje importantes cuando está navegando. Cuando está dragando el oleaje puede afectar el contacto del cabezal de dragado con el fondo, lo que se atenúa con la instalación de compensadores de oleaje. Se considera una condición límite alrededor de los 5 m de altura de ola

<u>Máxima corriente de través</u>	3 nudos
<u>Máximo tamaño de partículas</u>	300 mm
<u>Máxima tensión de corte (arcillas)</u>	75 kPa

9.11 EQUIPAMIENTO AUXILIAR

La draga de succión por arrastre requiere poco equipamiento auxiliar.

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

9.13 BIBLIOGRAFIA

Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997) “Dredging, a handbook for engineers”, Second edition, John Wiley and Sons Cap 7.2 pp157-174

Dredgers of the World Register (2008) 6th Edition - Published in January 2008

Dredging and Port Construction – DPC – Revista mensual con novedades de equipos y obras de dragado en el mundo. www.dpcmagazine.com Ver números citados en el texto

IADC (2014) – “Facts about Trailing Suction Hoppers Dredgers” - Number 1/2014

Jacobs, B. (2005) “Deepening the wreck of the Assi Euro Link” Proceedings CEDA Dredging Days, Rotterdam, November 2005

Malherbe, B and De Potter, P (2008) “New possibilities for ripper dredging of rock”, Terra et Aqua Number 110-2

Neelissen, R., Tanis, A. and Van Gool, V. “Dredging rock with a hopper dredger: the road to the ripper draghead”, Terra et Aqua Number 118 March 2010

Pille, N (1999) “Norfra Pipeline Installation Project”, Terra et Aqua March 1999

Ports and Dredging Nro. 118 - Silt draghead – Revista publicada por IHC

Puertos del Estado, España, (2004) Segundo Curso General de Dragado, Capítulo 10 Dragas Hidráulicas pp 239-267

Put, E. (2005) “Deep dredging engineering to the extreme” - CEDA Dredging Days 2005

Training Institute for Dredging (TIU) (2000) Handbook – Material que se entrega a los profesionales que realizan el curso

Vandycke, S.(2004) “Recent developments in Trailing suction hoppers dredgers”; Second International Conference in Maintenance Dredging; ICE; Thomas Telford

Van Es, B. et al (2004) “Construction of wellhead protection Glory Holes for White Rose project, Canada” Terra et Aqua Number 95 June 2004

Van Melkebeek, Edward (2002) “Pre-Trenching, Pre-Sweeping and Backfilling for the 36” Offshore Pipeline Project in Taiwan” Terra et Aqua – Number 87 – June 2002

Vercuijsse, P.M. et al. (2005) “Wild Dragon - Developing a draghead for dredging *extreme* fine, hard packed aquatic soils”I CEDA Dredging Days 2005

Vidal, R., (2001) “Irruption of the Trailer Jumbo in the dredging industry”, Terra et Aqua June 2001

Warnier, F.; “Dredging stiff to very stiff clay in the Wielingen using the D.R.A.C.U.L.A.®-System on a Hopperdredge”

Yeung, T.C. (2009) “Mission impossible” DPC February 2009 pp28-29

www.ihcholland.com Ver folletos de componentes citados en el texto