

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA

INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR

ING. RAUL S. ESCALANTE

TEMA 14

DRAGA DE SUCCIÓN CON CORTADOR

Mayo 2007

## DRAGA DE SUCCIÓN CON CORTADOR

### 14.1 GENERALIDADES

La draga de succión con cortador o draga de cortador es una draga que combina las ventajas de las dragas mecánicas y de las dragas hidráulicas. La disgregación del material se efectúa mediante el giro de un cabezal mecánico mientras que la elevación y transporte del material se efectúa mediante succión.

La draga de cortador es una de las dragas mas populares y mas conocidas. Tiene un amplio rango de tamaños y cubre un amplio campo de actividades.

El proceso de dragado se efectúa a partir de la acción de un cabezal de dragado denominado cortador, por lo que estas dragas suelen llamarse cortadoras o dragas de cortador. El cabezal mecánico gira y disgrega el material que es aspirado por succión y mediante tuberías se lo lleva al lugar de deposición.

La draga de cortador está constituida por un pontón que trabaja en forma estacionaria. De acuerdo a las dimensiones de la draga puede tener o no propulsión propia. En la Figura 14.1 se muestran las características principales de la draga

*Figura 14.1 – Elementos principales draga de cortador*

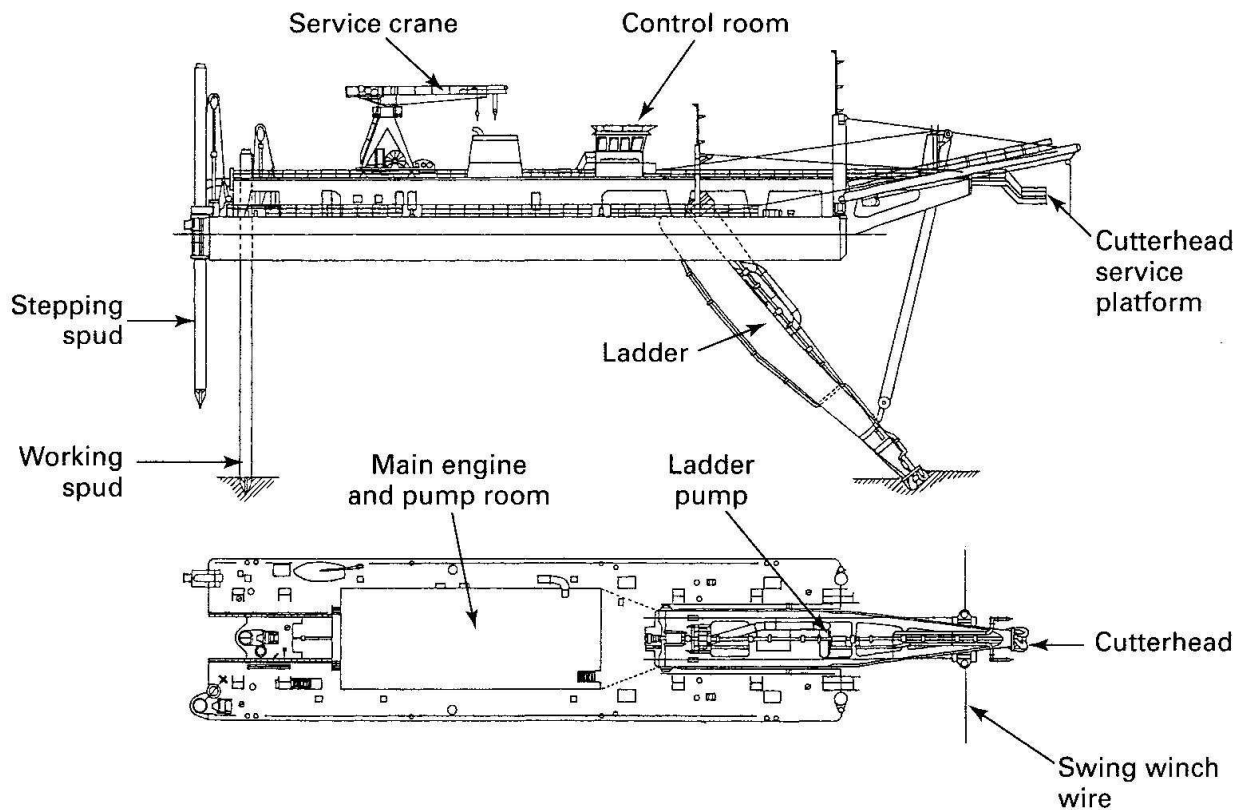
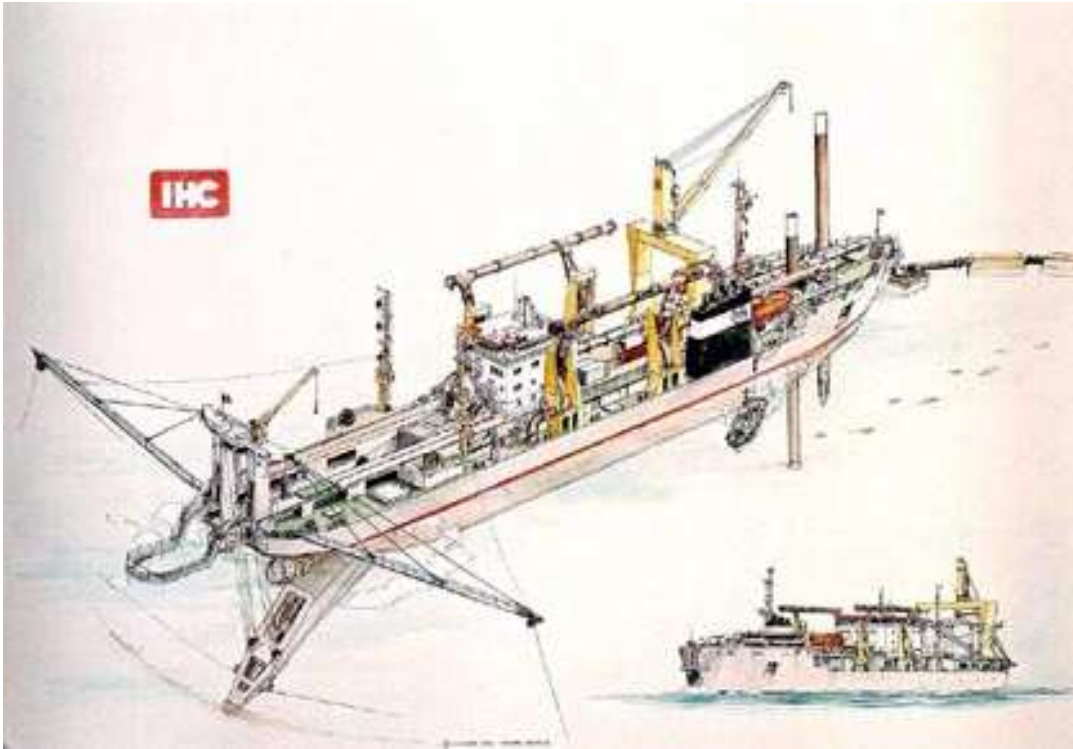


Figura 14.2 – Vista draga de cortador



Los principales elementos que componen la draga se describen a continuación

#### 14.1.1 Pontón

El pontón flotante tiene forma rectangular con una escotadura que permite el movimiento de la escalera. En las dragas autopropulsadas tiene la forma de un barco. Las dimensiones del pontón definen una serie de elementos geométricos de la draga entre ellos: el ancho máximo que puede tener el movimiento de barrido lateral, el ancho mínimo de una zona de dragado, la profundidad mínima de la zona a dragar,

En la Figura 14.3 se muestra la distancia “e” que va a definir el ancho máximo de la zona de dragado como se aprecia en la Figura 14.4

Figura 14.3 - Distancia entre pilón y cortador

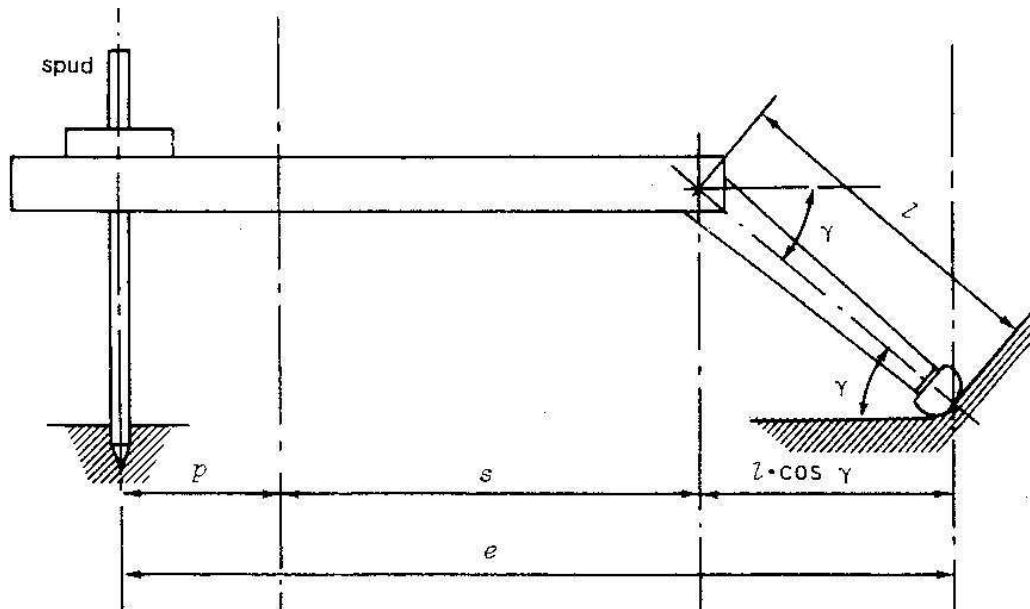
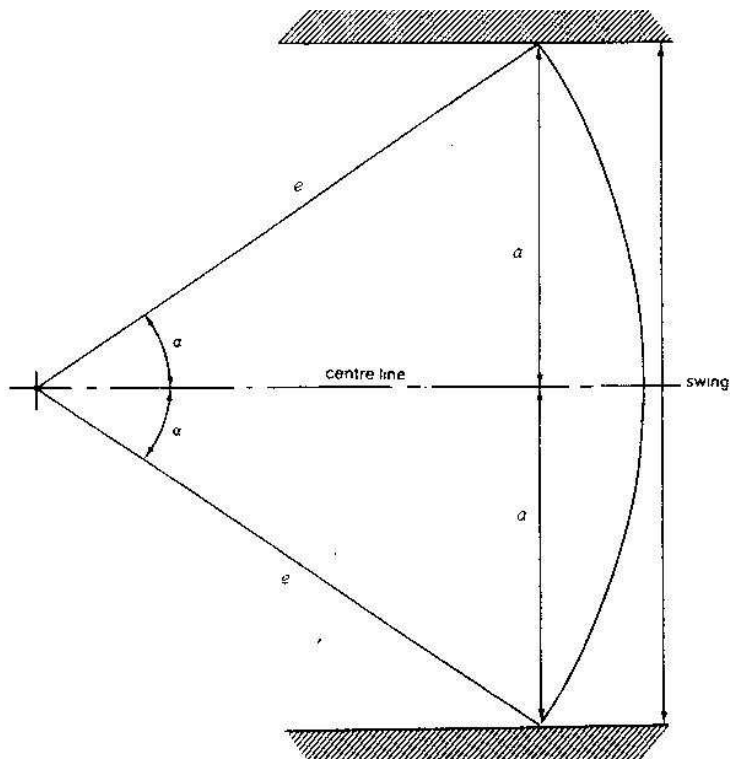


Figura 14.4 - Longitud y ancho del movimiento lateral



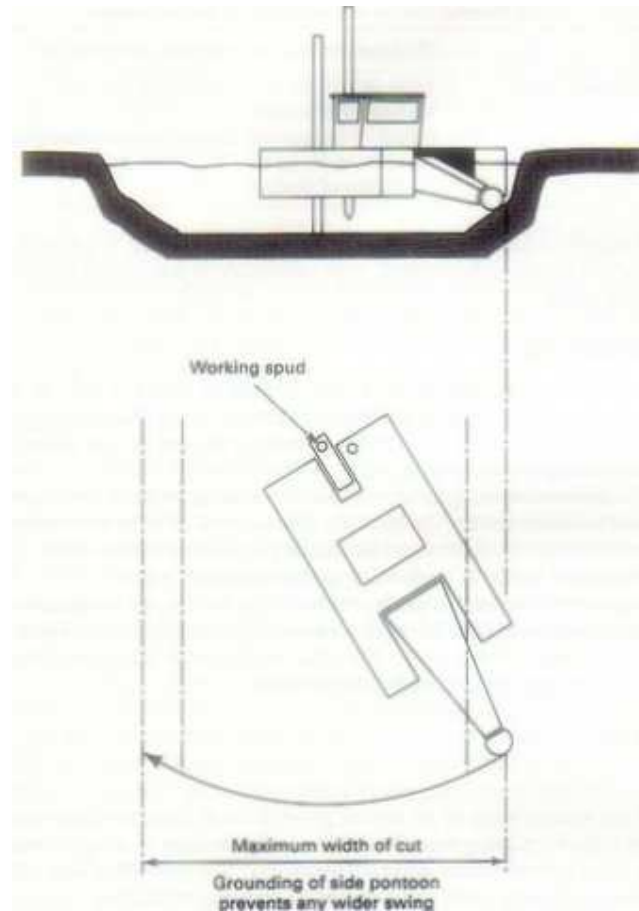
$$a = e \sin (\alpha)$$

$$\text{Ancho total} = 2a$$

$$2a = 2e \sin \alpha$$

El ancho de la zona a dragar es muy importante para las dragas que realizan un barrido lateral como la draga de succión con cortador. La figura 14.5 muestra una draga de cortador trabajando en el veril de una zona de dragado e ilustra como el ancho y calado del pontón limitan el barrido lateral de la draga

*Figura 14.5 – Limitación del ancho a dragar por las dimensiones del pontón*



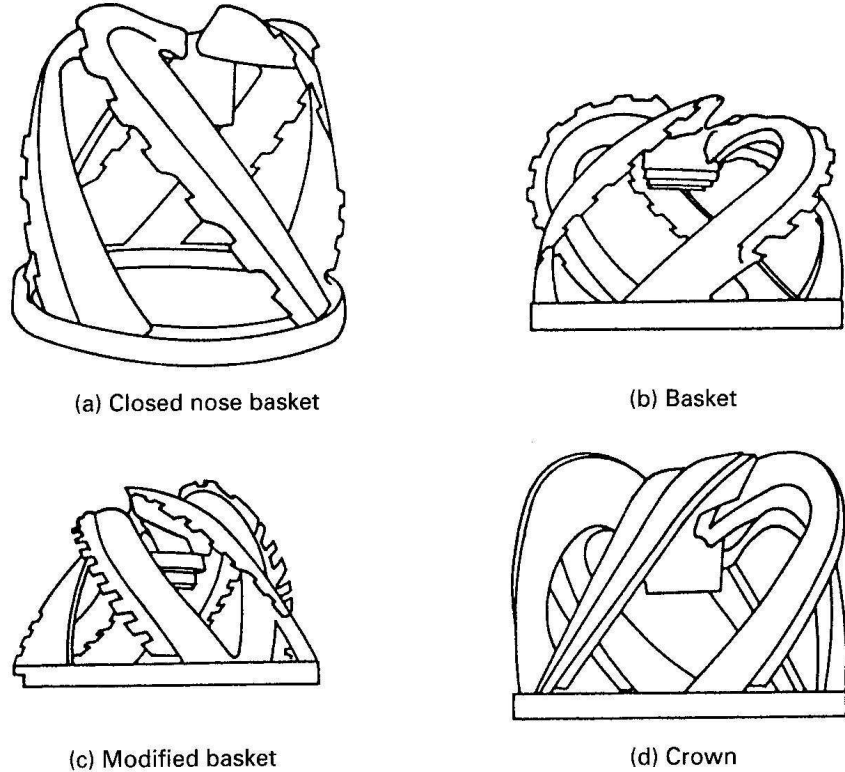
#### 14.1.2 Cortador

El suelo o roca a dragar se rompe mediante una herramienta en forma de corona llamada cortador. El cortador se encuentra al comienzo del tubo de succión al final de la escalera. El objeto del cortador es producir la disgregación del material de manera que pueda ser aspirado por el tubo de succión.

El cortador tiene 5 a 6 hojas lisas o con dientes de acuerdo a las condiciones del suelo. El cortador tiene forma de corona o canasta, Figura 14.6, y los dientes pueden ser fijos o removibles. En los cortadores para dragar rocas el cabezal cuenta con dientes removibles de formas diversas sujetos al cabezal con un portadientes. Este sistema permite ir reemplazando los dientes a medida que se desgastan sin necesidad de tener que reemplazar el cabezal.

El cortador tiene una velocidad de rotación que es variable y puede ir entre 0 y 30 rpm. La parte central del cortador incluye la tubería de succión de una bomba centrífuga de alta potencia

Figura 14.6 - Ejemplo de cabezales para dragas de succión con cortador



El cortador tiene de 4 a 6 hojas. Las dimensiones del cortador mantienen relaciones entre el cortador y el diámetro de la tubería de succión.

$$D_c = \text{Diámetro del cortador} = 3 \text{ a } 4 \text{ diámetros de la tubería succión}$$
$$S_c = \text{Ancho del cortador} = 0,75 D_c$$

Aspectos importantes para la operación son: las revoluciones del cortador, la potencia de los guinches laterales y la velocidad transversal

#### 14.1.2.1 Cortadores con hojas de corte.

Los cortadores tienen hojas de corte que pueden ser de diversos tipos. Las hojas son reemplazables y pueden ser lisas, Figura 14.7, o con forma de sierra, Figura 14.8, Las hojas lisas dan mejores resultados en arcillas blandas y también son efectivas en suelos que contengan raíces, cables u otros objetos que puedan bloquear el cabezal. Las hojas con forma de sierra ofrecen una mayor capacidad de penetración que es necesaria para arcillas duras, arenas compactas o suelos con grava. La posibilidad de cambiar de hojas lisas a hojas con forma de sierra y viceversa optimiza la efectividad del cortador y le da versatilidad. Cada hoja está hecha de dos o tres secciones separadas que se sueldan al cuerpo del cortador, Figura 14.0, lo que permite el reemplazo de las partes que se gastan.

Figura 14.7 – Cortador con hojas lisas

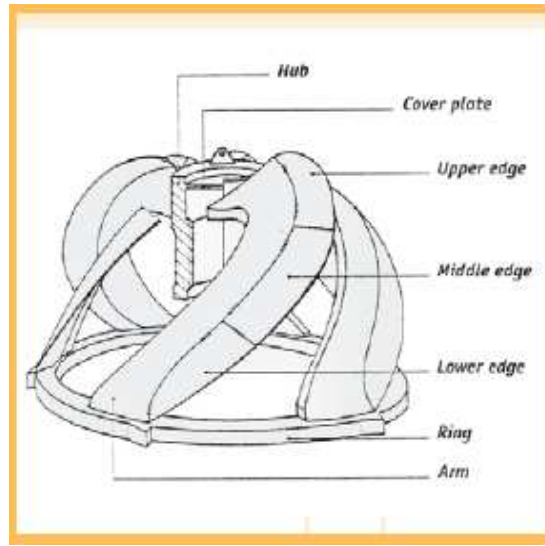
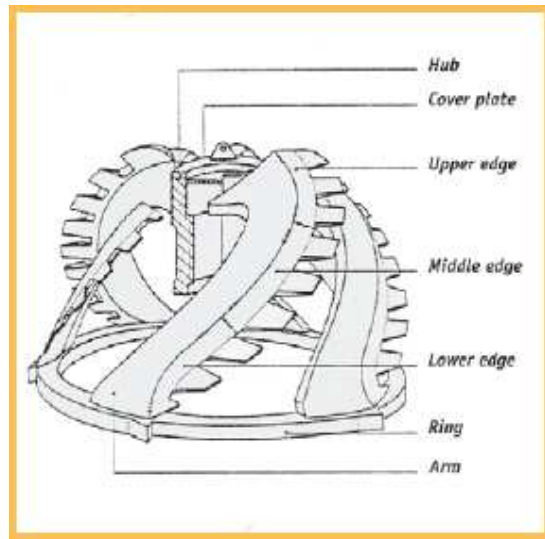


Figura 14.8 – Cortador con hojas con forma de sierra



#### 14.1.2.2 Cortadores con dientes reemplazables

Cuando la dureza o compacidad del material lo requieren se agregan dientes al cortador. El tiempo necesario para cambiar los dientes o los cabezales reduce la producción. En el caso de los cortadores con dientes reemplazables se sueldan adaptadores a la parte frontal del cortador. Los dientes se colocan en estos adaptadores y son fijados en su posición con un vástago y son fácilmente reemplazables. Cuando llega el momento de reemplazar un diente solamente es necesario remover el vástago con un golpe. Esto asegura la posibilidad de efectuar el cambio de dientes en forma rápida en caso que sea necesario por el desgaste sufrido o porque se haya producido un cambio en el suelo que se está dragando.

Los dientes tienen distintas formas de acuerdo al material que se vaya a dragar. Dientes con forma de cincel ancho se utilizan normalmente para turba, arcillas blandas, arenas sueltas y gravas. Para suelos más duros se puede elegir un diente

Figura 14.9 – Cortador con hojas de corte en forma de sierra soldadas



con un cincel mas angosto. Para suelos muy duros y rocas, dientes con forma de punta dan los mejores resultados.

Si se observan las características de los proyectos de dragado desarrollados en los últimos años hay dos factores que se destacan:

- Cada vez se realiza mas trabajo en suelos duros y rocas
- Hay una tendencia cada vez mas mayor a reducir costos

Estos dos aspectos tienen un impacto muy significativo en el diseño y uso de partes recambiables para las dragas de cortador involucradas en grandes dragados de apertura.

El uso de partes recambiables afectan los costos de dragado de dos formas:

- el costo del tiempo muerto de la draga mientras se realiza el recambio de las partes desgastadas. En el caso de dragas grandes estos costos son muy elevados
- el costo de las partes que se recambian, que en el caso de los suelos muy duros se incrementa fuertemente

Por lo tanto la tendencia actual es reducir los tiempos muertos utilizando partes mas duraderas y hay empresas especializadas dedicadas a solucionar este tema.

Figura 14.10 - Ejemplos de tipo de dientes en el cabezal

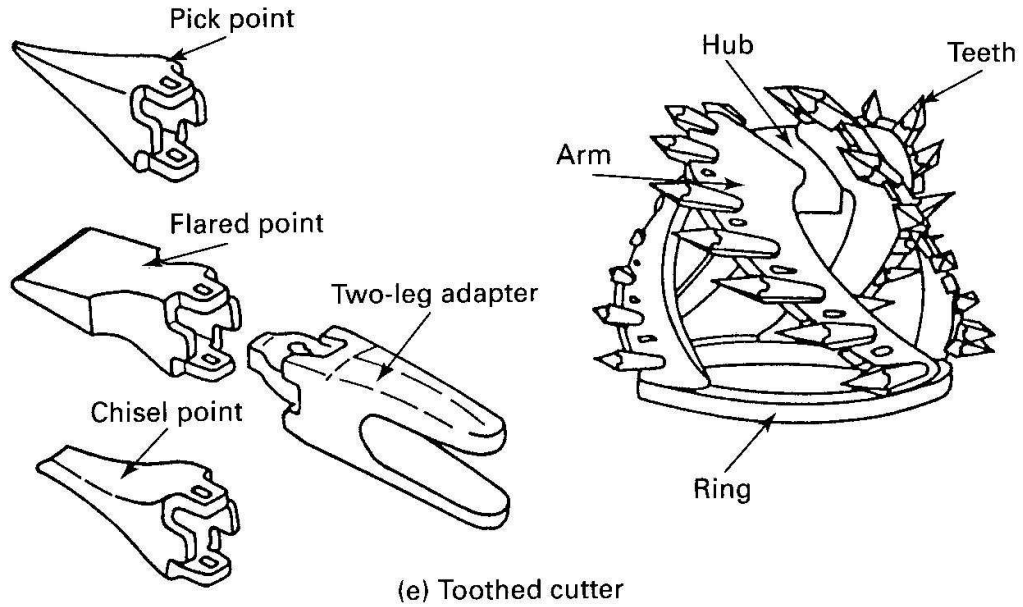


Figura 14.11 – Distintos tipos de dientes - IHC



Las imágenes desde arriba hacia abajo de la Figura 14.11 muestran:

- Dispositivo de ajuste del diente

- Diente en forma de punta
- Cíncel angosto
- Cíncel ancho
- Adaptador soldado
- Adaptador

*Figura 14.12 - Cortador incluyendo el sistema de dientes de la CSD 6516 C diseñado por IHC*



Dentro de temática el hecho de tener que cambiar los dientes de un cortador es la causa de tiempos muertos mas importante de las dragas de cortador. Un avance tecnológico lo produjo la firma Vosta Lmg (Ver [www.vostalmg.com](http://www.vostalmg.com)) al introducir al mercado en el año 2003 los dientes Serie T con un dispositivo de fijación que permite la remoción y reemplazo de los dientes de manera mucho más rápida, fácil y segura que con los otros sistemas de fijación (DPC October 2006 pp33-39)

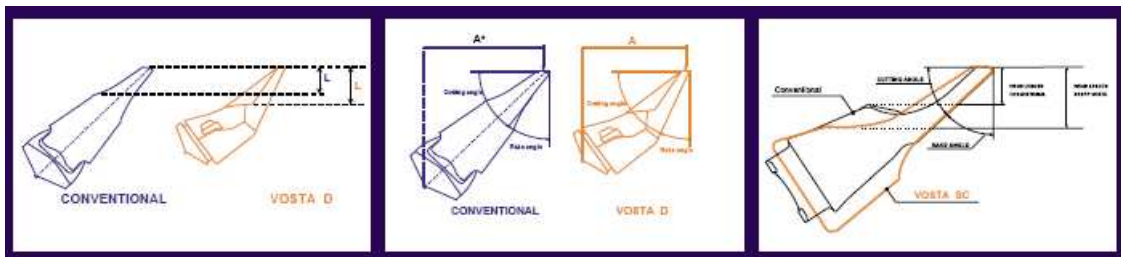
Figura 14.13 – Dientes Serie T8 instalados en la draga D'Artagnan



T8 cutter system just installed on d'Artagnan

En la Figura 14.14 se muestra una comparación de la forma de los dientes de la Serie T con dientes tradicionales

Figura 14.14 – Comparación forma de dientes



En la Tabla 14.1 se presenta el modelo de dientes de la Serie T que corresponde a cada rango de potencias en el cortador. Se indica asimismo el año de desarrollo del modelo y algunas dragas que han sido equipadas con estos dientes.

Tabla 14.1 – Rango de potencias en el cortador por tipo de dientes

Modelo	Potencia 1	Potencia 2	Instalado en	Empresa	Año
T1	300	900			2008
T2	700	1,500			2007
T4	1,100	3,000	Orion	Bos Kalis	2005
T6			Amazone	Dredging Intl	2003
T8	3,500	6,000	D'Artagnan	Dredging Intl	2005
T10	6,000	7,500			2006

### 14.1.3 Escalera

El cortador está montado en el extremo de una estructura metálica llamada escalera, la que también sostiene la tubería de succión. El motor que comanda el cortador puede estar montado inmediatamente atrás del cortador o sobre el pontón con un eje largo.

La escalera está montada en el pontón mediante articulaciones pesadas que le permiten realizar un movimiento en el plano vertical. El tubo de succión tiene una parte de manguera pesada reforzada que le da la flexibilidad necesaria para rotar. El conjunto de la escalera se eleva y se baja mediante un guinche controlado desde el puente de mando. En dragas pequeñas la escalera se puede controlar mediante pistones hidráulicos.

### 14.1.4 Bombas

Las bombas deben realizar la succión y la impulsión del material dragado. Puede haber una bomba o más de una en serie. La bomba puede estar ubicada en el pontón o en la escalera como bomba sumergida. En este caso permite aumentar la concentración de la mezcla o el dragado a mayores profundidades

Las bombas son muy sensibles al desgaste. En algunos casos se construyen con doble camisa donde la parte en contacto con el material dragado es reemplazable.

Este aspecto se tiene en cuenta también en las tuberías donde la parte exterior del tubo cumple funciones resistentes mientras el desgaste lo absorbe una capa fina de material resistente tipo Alladur 400 o Alladur 600. Una empresa especialista en tubos de doble camisa es Allard Europe (Ver [www.allard-europe.com](http://www.allard-europe.com)) Ver DPC October 2006 p37

### 14.1.5 Cables y quinchos de giro

La operación de dragado depende tanto del movimiento vertical de la escalera y de rotación del cortador como del desplazamiento lateral que realiza hacia ambos lados el pontón. Este movimiento lateral se puede desarrollar gracias a los quinchos que van soltando y cobrando cabo simultáneamente. La potencia de los quinchos determina el límite de la dureza de los materiales a dragar.

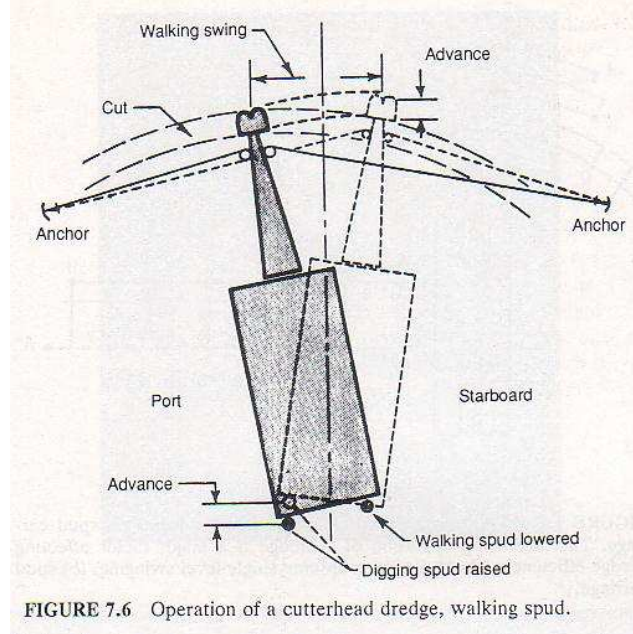
### 14.1.6 Pilones

La ubicación y control de la draga se realiza mediante una combinación de pilones (en inglés "spuds") y quinchos. Para poder realizar la operación de dragado el pontón debe mantenerse firme en su posición. Con la ayuda de los quinchos el cortador describe un arco de círculo con centro en la posición del pilón

La operación de avance de una draga de cortador implica que debe interrumpirse el proceso de dragado. Por lo tanto se justifica analizar como este intervalo de tiempo improductivo puede reducirse al máximo con los costos operativos mínimos. Como resultado de esta búsqueda se ha implementado un número de soluciones diferentes a lo largo del tiempo

Algunas condiciones generales que cumplen todos los sistemas son: que el sistema de avance sea ágil, que los pilones sean lo suficientemente robustos para soportar las fuerzas a las que son sometidos y que estén ubicados lo más lejos posible del cortador para dar el mayor frente de dragado posible.

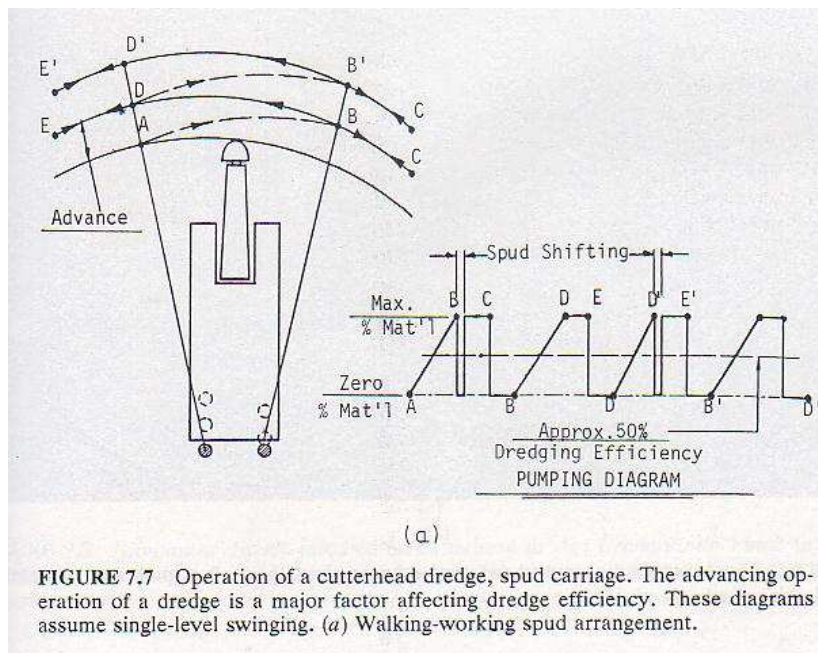
Figura 14.15 – Operación de una draga de cortador con pilones



Debe preverse que para el desplazamiento de la draga de un lugar a otro los pilones deben elevarse y acostarse sobre cubierta.

Hay varios sistemas para producir el avance de la draga con el movimiento alternado de los pilones que se describen a continuación. La combinación mas usual emplea dos pilones y dos guinches.

Figura 14.16 – Operación con pilones independientes



#### 14.1.6.1 Pilones independientes

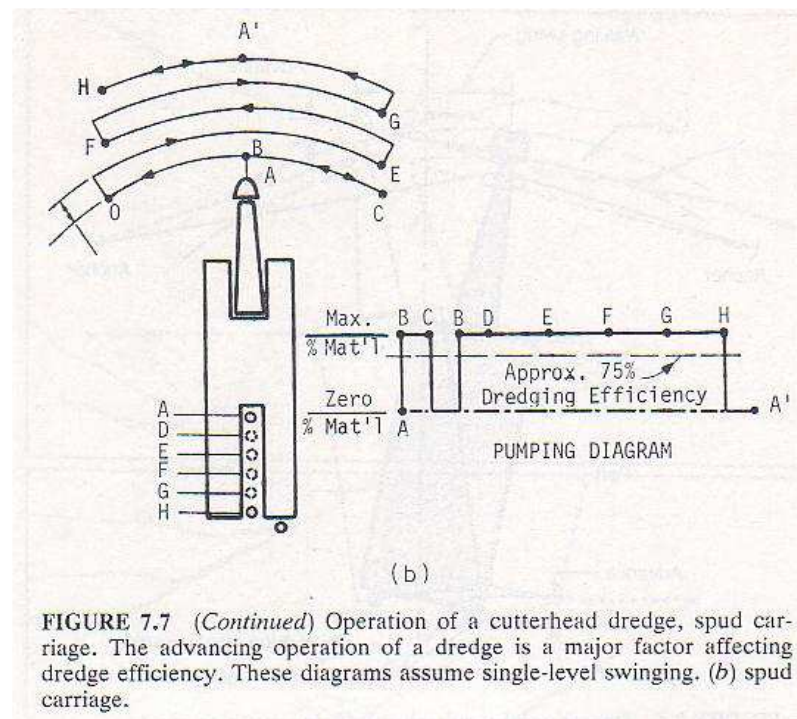
El sistema está compuesto por dos pilones independientes denominados auxiliar y de trabajo (Figura 14.16) Los pilones están montados a igual distancia del eje del pontón y separados la máxima distancia operativa posible.. Se hinca el pilón de trabajo en el eje del canal y se mantiene elevado el pilón auxiliar. Se realiza el movimiento de barrido lateral con el cortador hasta que se haya realizado el dragado hasta la profundidad deseada, incluso con varios barridos. Cuando es necesario realizar el avance y con la draga sobre un veril se levanta el pilón de trabajo y se hinca el pilón auxiliar haciendo retornar el cortador al eje del canal. Allí se hinca el pilón de trabajo, se levanta el auxiliar habiendo avanzado un paso y se reinicia la operación. Hay tiempos ociosos para permitir el dragado correcto ya que para avanzar hay que volver al centro del canal

#### 14.1.6.2 Pilón con carro de desplazamiento

De los diferentes sistemas que se han utilizado para mover la draga de cortador ninguno funciona tan satisfactoriamente como el carro de desplazamiento de pilones. (Figura 14.17) En la actualidad todas las dragas que se construyen de rango medio y alto lo tienen como equipamiento y también suelen verse en algunas dragas pequeñas.

Cualquier enfoque que implique utilizar embarcaciones auxiliares, por ejemplo, tiende a ser mas cara y tiene el riesgo de aumentar los tiempos de espera que cualquier procedimiento basado en operaciones que pueda realizar el capitán de la draga con equipos a bordo de la draga. Este es el caso, por ejemplo, de los dispositivos de movimiento de anclas, que pueden desplazar las anclas hacia adelante tan pronto como se ha superado el rango de utilización de las mismas.

Figura 14.17 – Operación con carro de desplazamiento



Es gracias a la utilización de los carros de desplazamiento de pilones que se pueden lograr grandes ahorros de tiempo. Con los carros de desplazamiento de pilones una draga adquiere la capacidad de desplazarse en forma independiente, paso a paso, avanzando en su pilón de trabajo ubicado en el carro de avance y auxiliado por el pilón auxiliar cada vez que el carro ha completado su recorrido. El carro de avance reduce en gran medida la necesidad de cambios de pilón lo que da un incremento de la producción del orden del 20 %

El sistema utiliza dos pilones: un pilón auxiliar en una posición fija y el pilón de trabajo en el carro lo que le permite avanzar a lo largo de una escotadura ubicada en el eje de la draga. El carro tiene que estar en condiciones de absorber todos los esfuerzos que le transmite el pontón. La combinación de fuerza y movilidad hacen que el sistema de carro sea mucho mas complicado que el sistema de pilones individuales. En términos de ahorro se puede decir que un sistema de carro produce incrementos de producción del orden del 20 al 25 % con incrementos de costo de la draga del orden del 15 %. Por este motivo las dragas de cortador grandes y medianas lo tienen todas igual que las dragas de cortador frontal que lo traen como equipamiento standard.

La operación de dragado comienza con la draga ubicada a medio canal, el pilón de trabajo en el carro en la posición mas avanzada y el pilón auxiliar levantado. Al final de un movimiento de barrido lateral completo la draga se desplaza hacia adelante empujando el carro hacia atrás con el cilindro hidráulico. Después de realizar esta operación varias veces el carro completa su carrera total por lo que se hinca el pilón auxiliar, se eleva el pilón de trabajo y se lleva el carro a la posición inicial . Con esto se reinicia el ciclo sin necesidad de ayuda auxiliar externa alguna.

Podemos mencionar instalado en la draga de cortador Mashhour de 22,795 kW de potencia total instalada. Tiene pilones de 51 m de longitud, 160 toneladas de peso cada uno y guinches para manejarlos de 350 kW. El carro puede desplazarse una longitud de 6 m

#### 14.1.6.3 Sistema de plataforma giratoria

Este sistema está compuesto por una plataforma giratoria que gira alrededor de un eje vertical ubicada en la popa del buque. La plataforma tiene un par de metros de diámetro. Los dos pilones están montados en forma excéntrica sobre la plataforma.

Durante la operación de dragado los dos pilones están hincados en el fondo y la draga pivotea con centro de giro en la plataforma giratoria. Para realizar la operación de avance de la draga se levanta un pilón, se gira la plataforma y se hinca el pilón en la nueva posición.

La distancia que puede avanzar la draga es la distancia entre pilones y depende del diámetro de la plataforma. La ventaja con respecto a pilones independientes es que el centro de giro de la plataforma se encuentra siempre en el eje del canal para cualquier posición del cortador lo que implica que no es necesario hacer movimientos de retorno sin dragar. Asimismo como hay un solo movimiento de elevación y bajada del pilón se pierde menos tiempo en el avance.

Entre los inconvenientes que presenta este sistema se tiene el hecho que es relativamente costoso, principalmente para dragas de grandes dimensiones. Por

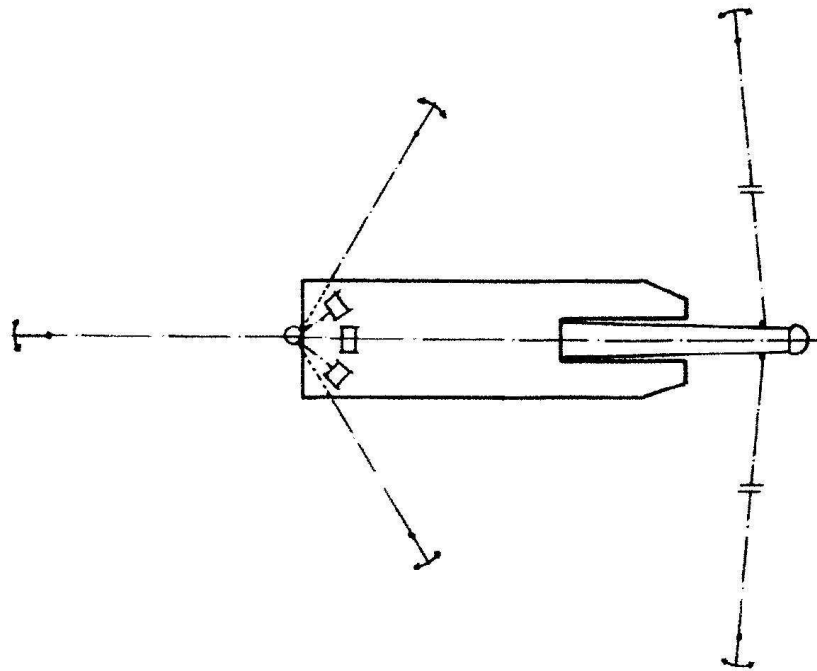
otra parte es un sistema mecánicamente complicado y los pilones no pueden colocarse en posición horizontal. Por estos aspectos además del desarrollo de otros sistemas, este sistema ha caído en desuso.

Es interesante mirar la maqueta de una draga de cortador que se encuentra en el Segundo Piso de la Facultad de Ingeniería que cuenta con un sistema de estas características.

#### 14.1.6.4 Christmas tree

Este sistema no es un sistema de pilones sino que es un sistema alternativo que permite realizar operaciones de dragado con una draga de cortador sin pilones. La principal ventaja es que permite operar en condiciones de oleaje relativamente importantes dada la flexibilidad del sistema de anclaje. En la Figura 14.18 se muestra la disposición del pontón con las dos anclas laterales para los cables de los guinches y las tres anclas de popa para mantener el pontón en posición. Cada ancla posterior tiene un guinche para su manejo.

*Figura 14.18 – Sistema Christmas tree*



#### 14.1.7 Transporte

La descarga de la draga se efectúa mediante una conexión flexible que conecta a una tubería flotante y luego a una tubería fija sobre tierra o en el fondo.

Algunas dragas grandes tienen un sistema que le permite realizar carga sobre barcazas.

#### 14.1.8 Propulsión

Las dragas trabajan en forma estacionaria pero hay condiciones en que es rentable hacer que las dragas de grandes dimensiones sean autopropulsadas.

#### 14.2 VENTAJAS

Las principales ventajas de esta draga son:

- la capacidad de dragar una variedad amplia de materiales incluidos materiales duros como rocas
- la capacidad de llevar el material dragado mediante bombeo por tuberías directamente al lugar de deposición
- la capacidad de trabajar en aguas de poca profundidad
- altos niveles de producción
- nivel de fondo terminado muy uniforme
- la capacidad de dragar un perfil prefijado, por ejemplo en canales

#### 14.3 DESVENTAJAS

Las desventajas son:

- es sensible a las condiciones de mar por estar la escalera vinculada con el fondo
- la distancia a la cual el material puede ser enviado económicamente
- dilución del material dragado
- profundidad límite de dragado dada por la escalera
- altos costos de movilización

#### 14.4 CLASIFICACIÓN

Las dragas de cortador se clasifican en función del diámetro de la tubería de descarga que puede estar entre 150 mm y 1100 mm o por la potencia total instalada que puede llegar hasta los 30.000 HP. Hay dragas que se alejan mucho de las características estándar. Ello sucede cuando la draga ha sido diseñada para un trabajo específico. Por ejemplo, las dragas diseñadas para dragar roca suelen tener hasta tres veces la potencia de una draga típica

Hay dos tipos o tamaños de dragar de cortador. Las dragas standard y las dragas grandes que se realizan a pedido y con condiciones de diseño suministradas por las empresas dragadoras.

##### 14.4.1 Dragas standard

Denominamos dragas standard aquellas que se fabrican en serie. Para consultar las características de dragas standard se puede consultar a los fabricantes.

En Europa son muy conocidos

- IHC ([www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com))  
Las dragas standard de IHC varían entre 300 HP y 3,600 HP de potencia total instalada como se muestra en la Tabla 14.2. En la Figura 14.19 se muestra una imagen de la draga Modelo IHC Beaver 300 C cuyas características se indican en la Tabla 14.1
- Damen ([www.damendredging.com](http://www.damendredging.com))

En EEUU son conocidos

- Ellicott ([www.dredge.com](http://www.dredge.com))
- IMS ([www.imsdredge.com](http://www.imsdredge.com))

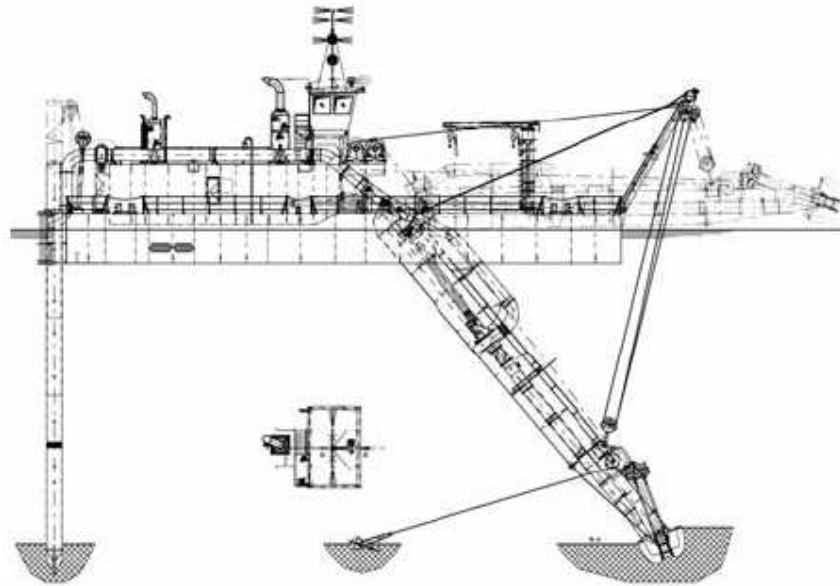
Figura 14.19 – Draga IHC Beaver 300 C



Tabla 14.2 – Características dragas de cortador standard

Características	Beaver 300 C	Beaver 1600 C	NG Beaver 4510	NG Beaver 6518 C
Eslora total, escalera levantada	15,75 m	33,20 m	27,80 m	47,20 m
Eslora sobre pontones	11,50 m	22,00 m	19,50 m	32,50 m
Manga	4,05 m	7,95 m	8,23 m	12,44 m
Puntal	1,30 m	2,46 m	2,44 m	2,97 m
Pontón principal	7,00 x 2,20 x 1,30 m	13,00 x 2,95 x 2,46 m		
Pontones laterales	10,75 x 0,90 x 1,125 m	20,00 x 2,44 x 2,44 m	19,50 x 2,44 x 2,44 m	32,50 x 3,72 x 2,97 m
Calado medio	0,88 m	1,50 m	1,60 m	2,05 m
Máxima profundidad de dragado	6,00 m	14,00	10,00 m	18,00 m
Diámetro interno de tubos de succión y de descarga	260 mm	550 mm / 500 mm	450 mm / 450 mm	650 mm/ 650 mm
Peso total	23 t	145 t	119 t	382 t
Potencia en la bomba	241 hp	1,254 hp	687 hp	2,137
Potencia en el cortador	40 hp	230 hp	150 hp	795 hp
Operación	1 operador	1 operador		
Potencia total			1,036 hp	3,672 hp

Figura 14.20 – Draga IHC Beaver 6518



#### 14.4.2 Dragas especiales

En la página web de IHC Holland se puede consultar un gran listado de dragas construidas especialmente a pedido de empresas dragadoras. Se incluye en los párrafos siguientes descripciones de dos dragas de cortador que figuran entre las mas grandes del mundo.

##### 14.4.2.1 Draga J.F.J de Nul

Esta draga es autopropulsada como lo son habitualmente las dragas de estas dimensiones. Esta draga está diseñada especialmente para dragar roca. Tiene una potencia total instalada de 27,240 kW de los cuales 6,000 kW están en el cortador y 15,800 kW en las bombas de dragado. El peso de la escalera es de 1,450 toneladas que es el peso necesario para hacer un dragado continuo en roca dura.

La draga puede operar en profundidades modestas de 6,5 m hasta profundidades importantes de 35 m. Para lograr esto la escalera dos sets de trunnions. La draga puede dragar arenas, arcillas y rocas.

El material dragado se puede bombear a tierra a través de tuberías y está equipada con un sistema de carga de barcasas.

Se tomaron medidas especiales durante la construcción para reducir los ruidos emitidos por la draga bajo agua lo que le permite trabajar en áreas sensibles ambientalmente para mamíferos marinos. La draga se construyo en los astilleros de IHC en Kinderdijk, Holanda y fue entregada en Diciembre 2003

Las características de la draga son:

Eslora total	141,0 m
Manga	27,8 m
Calado	5,5 m
Máxima profundidad de dragado	36,0 m
Diámetro tubería de succión	1,000 mm
Diámetro tubería de descarga	1,000 mm
Diámetro tubería de carga a barcasas	1,000 mm
Potencia total instalada	27,240 kW

Potencia en las bombas	2 x 6,000 kW
Potencia en el cortador	6,000 kW
Potencia bomba sumergida	3,800 kW
Propulsión	2 x 3,800 kW
Velocidad	12,5 nudos
Tripulación	36
Año de construcción	2003

Tabla 14.3 – Lista de dragas de cortador

	Eslera total	Eslera de cubierta	Manga	Calado	Profundidad de dragado	Diámetro tubo de descarga	Potencia en el cortador	Potencia Bomba sumergida	Potencia Bombas de succión	Propulsión	Velocidad	Potencia total Instalada de Motores diesel	Alojamiento	Año de Construcción
Nombre	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(mm)	kW	kW	kW	kW	nudos	kW	Pers.	
J.F.J. De Nul	141	121	27	5,5	35	1.000	6.000	3.800	2 x 6,000	2 x 3,800	11,5	27.240	60	2003
Lonardo Da Vinci	127	112	22	5,2	32	900	4.400	2.735	2 x 4,485	2 x 2,735	11	20.250	41	1986
Marco Polo	116	96	19	4,6	30	900	2.945	2.735	2 x 3,530	2 x 2,280	11	16.115	45	1979
Vesalius	93	70	17	3,5	25	850	1.325	1.100	2 x 2,260	--	--	9.270	--	1980
Kaerius	81	66	17	2,5	20	800	1.475	895	3.290	--	--	7.150	--	1981 / 1992
Ortelius	81	63	12	2,2	20	800	885	960	2.575	--	--	5.140	--	1965 / 1978
Mercator	81	62	12	2,2	20	800	885	590	2.575	--	--	4.890	--	1963 / 1976
Dirk Martens	58	41	10	1,8	18	750	370	--	1.680	--	--	3.380	--	1972
Hondius	58	45	11	1,7	16	650	370	--	2 x 920	--	--	2.625	--	1969

#### 14.4.2.2 Draga D'Artagnan

##### Draga de cortador D'Artagnan

En la revista Ports and Dredging Nro. E164 (2005) se da una descripción de la draga de cortador D'Artagnan y se la define, junto con la draga J.F.J.de Nul como una Mega draga de cortador, estableciendo así una nueva categoría de dragas. Se recuerda que los artículos de la revista pueden consultarse en el sitio de Internet de IHC ([www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com)).

La draga D'Artagnan fue entregada en Septiembre 2005. Una de las características del diseño de esta draga es la gran flexibilidad en términos de operación. El rango de profundidades a las cuales la draga es capaz de dragar varía entre 6m y 35 m. La máxima distancia a la cual puede descargar el material con las bombas propias de la draga es de alrededor de 10.000 m

La draga está equipada especialmente para dragar en forma eficiente diferentes tipos de suelos. Esto se logra utilizando diferentes cortadores y embocaduras siendo el cambio de uno a otro relativamente sencillo utilizando el utilaje propio de la draga diseñado especialmente para este fin.

Para poder tener fuerzas de corte elevadas se debe tener potentes guinches de giro lateral y una instalación que soporte el pilón pesada. Una fuerza de reacción del suelo elevada se logra a través del peso de la escalera que en este caso pesa mas de 1300 toneladas sin compartimientos estancos. Esto significa que el resto de la draga tiene que hacerse cargo de la flotabilidad y del trim. Es posible aumentar la fuerza de reacción del suelo agregando contrapesos pesados cerca del cabezal de corte.

Cuando una draga de cortador se encuentra con un mar de leva (swell) se producen fuerzas muy importantes sobre el pilón a través del carro de desplazamiento. A los efectos de mejorar el comportamiento frente al mar de leva se diseñó un sistema dinámico de vinculación entre el carro de desplazamiento y el pilón. El pilón pesa 200 toneladas.

La draga es autopropulsada. Un aspecto interesante de destacar es que comparada con la J.F.J. que también es autopropulsada navegan en diferentes direcciones. Por supuesto que la dirección hacia la cual navega la draga es un factor determinante en muchos aspectos del diseño. Esto significa que en la popa quedan los pilones o la escalera.

La draga está diseñada para operar con gran autonomía. Los siguientes aspectos son de destacar:

- Es autopropulsada lo que la independiza de terceros en lo que hace al desplazamiento entre lugares de trabajo
- Tiene dispositivos para manejar sus propias anclas
- Tiene una instalación de rebatimiento para cada pilón, para poner los pilones en posición de trabajo o de navegación
- Tiene áreas para reparaciones y mantenimiento
- Tiene una grúa en la cubierta para manejar pesos pesados capaz de recorrer toda la longitud del buque. Incluso el cortador puede ser cambiado fácilmente con el equipo propio de la draga. Un gancho especial se utiliza para esta operación.
- Tiene almacenes amplios y muchas partes de repuesto
- Tiene capacidad de alojar 43 personas a bordo

Una característica de estas Mega dragas es que tienen una capacidad de bombeo muy elevada con respecto a las dragas anteriores.  
Las principales características de la draga son:

Nombre	D`Artagnan
Tipo	Draga de succión por cortador autopropulsada
Año	2005
Propietario	SDI – Societe de Dragage International Subsidiario de DEME - Dredging, Environment and Maritime Engineering N.V. mas conocido como Dredging International
Constructor	IHC Holland Dredgers BV
Eslora total	123.8 m
Eslora entre pp	104.4 m
Manga	25.2 m
Puntal	8.2 m
Calado máximo	6.15 m
Calado diseño	5.5 m
Diámetro tubería de dragado	1000 mm
Profundidad de dragado	6 m / 35 m
Potencia total instalada	28.200 kw
Velocidad	12.5 nudos
Alojamiento	43 personas

La draga es amigable con el medio ambiente por tener reducida por diseño la lubricación al mínimo. Se intenta efectuar la lubricación mediante agua de muchos rodamientos del eje del cortador

#### 14.5 MÉTODO DE OPERACIÓN

La draga se ubica en el lugar donde va a realizar el dragado. Durante la operación de dragado el pilón de trabajo se clava en el fondo. Se baja la escalera y la parte inferior del cortador se mantiene a un nivel apenas por debajo del nivel a lograr y se desplaza en un arco de círculo con el pontón de la draga rotando alrededor del pilón de trabajo, cobrando de un guinche y soltando del guinche opuesto.

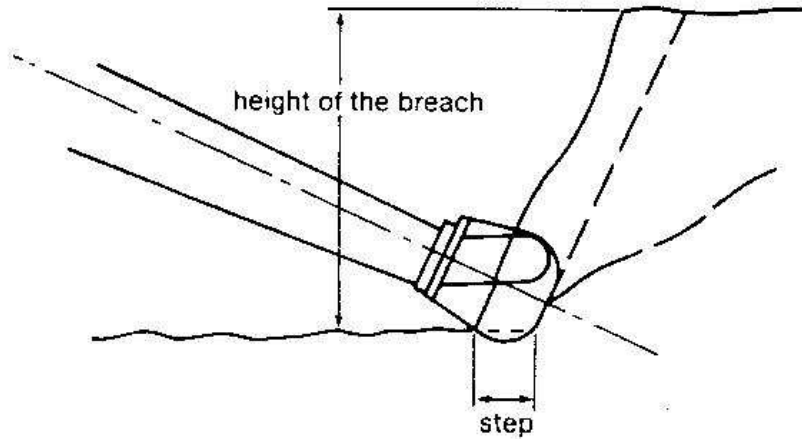
Cuando la profundidad a dragar es grande se programan varios cortes en el frente de dragado para llegar a la profundidad deseada. Se hace el primer corte en todo el frente: la velocidad transversal depende de las características del material, la profundidad de corte, la potencia de los guinches y las revoluciones del cortador. Se realizan cortes adicionales para completar la profundidad de diseño.

En materiales sueltos el espesor a dragar puede ser varias veces mayor al diámetro del cabezal. En arcillas duras o rocas la profundidad de corte es menor al diámetro del cabezal. Habitualmente es necesario una pasada final de limpieza. Completado esto se debe elevar el cabezal.

Luego la draga se avanza una distancia aproximadamente igual al largo del cabezal. Este avance se puede lograr caminando sobre pilones fijos o avanzando el carrito del pilón de trabajo.

Todos los sistemas de pilones trabajan sobre la base del mismo principio: un pilón se mueve mientras el otro está firmemente enterrado en el suelo.. El proceso se repite en cada ciclo de producción. A intervalos mas largos es necesario mover las anclas cuando quedan muy hacia popa. La línea de las anclas no debe exceder un ángulo de 40° con respecto a la línea de corte

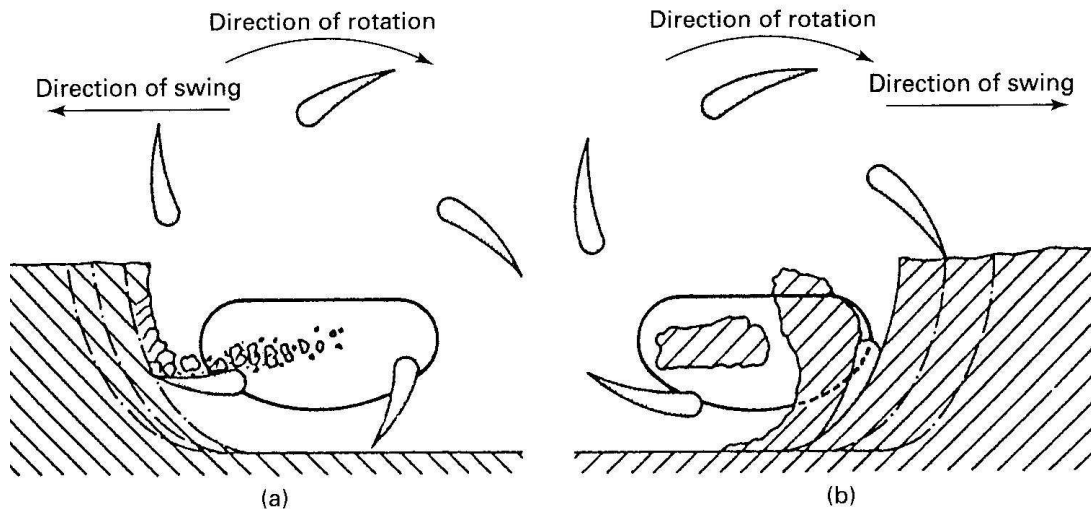
Figura 14.21 - Altura del corte y avance del pilón (step)



Altura del corte

- Arena :  $HB = [2 \text{ a } 3] \times \varnothing\text{cortador}$
- Arcilla :  $HB = [1 \text{ a } 1,5] \times \varnothing\text{cortador}$
- Roca :  $HB = [0,5 \text{ a } 1] \times \varnothing\text{cortador}$

Figura 14.22 - Ejemplos de la acción del cortador



(a) Desde abajo (undercutting)

(b) Desde arriba (overcutting)

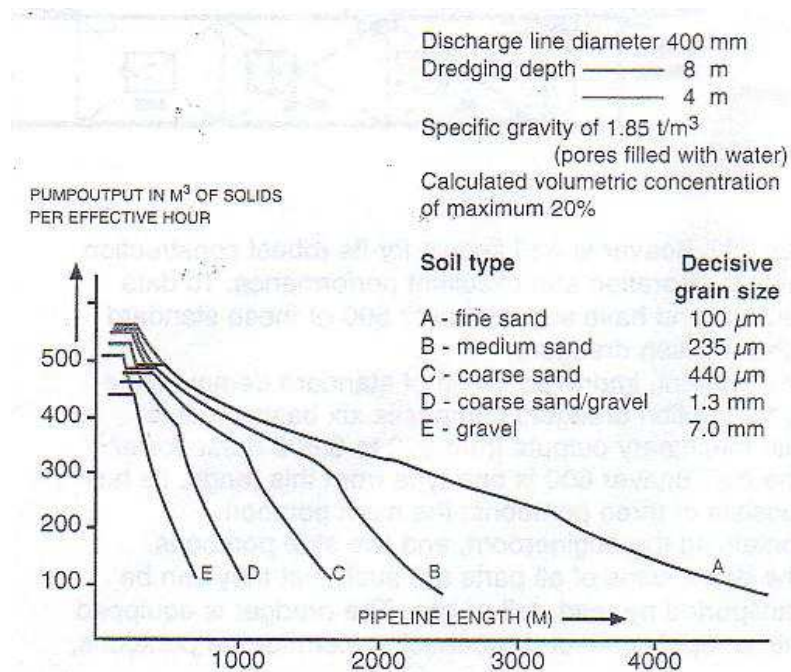
## 14.6 PRODUCCIÓN

### 14.6.2 Etapa de proyecto

En la etapa de proyecto de la obra de dragado o para realizar una oferta en una licitación es necesario determinar la producción de los equipos de dragado conocidas las características de la obra. Esta tarea, por su importancia, es siempre realizada por profesionales con experiencia en el tema. Las empresas dragadoras tienen un conocimiento detallado de los rendimientos de sus equipos, pero en general esta información no es difundida públicamente.

Para el caso de las dragas standard los fabricantes de dragas suelen proveer curvas con producciones esperadas en función de la distancia de bombeo y del tipo de material. En la Figura 14.23 se presentan las curvas de producción para una draga tipo IHC Beaver 600. En la Figura 14.24 se presentan las curvas para una draga tipo IHC Beaver 5014 donde se muestran los resultados de investigaciones recientes de transporte de mezclas en tuberías. En la figura se comparan las curvas sugeridas actualmente con otras anteriores y se muestra que se pueden lograr mejores rendimientos a los previstos anteriormente.

Figura 14. 23 – Producción draga IHC Beaver 600 C



Bray (1997) Cap9.6 pp281-286 presenta un método muy interesante que tiene en cuenta todas las variables principales para poder determinar la producción de un equipo. Las variables que considera necesarias conocer o estimar son:

- potencia de la bomba de dragado
- potencia del cortador
- longitud de la tubería de descarga
- profundidad media de dragado
- profundidad máxima de dragado
- espesor medio de la capa de material a dragar
- distancia media de avance entre movimiento de anclas
- ancho del corte

- distancia media de avance con el sistema de pilones
- tiempo necesario para mover las anclas. Está en el orden de los 20 minutos
- tiempo necesario para mover los pilones. Está en el orden de los 3 minutos
- características del material a dragar

Es importante destacar que la producción puede estar limitada por la potencia del cortador o por la potencia de la bomba. Por ello el cortador debe estar en condiciones de dragar todo el material que puede succionar la bomba y viceversa. En el caso de la bomba interviene la distancia de descarga que depende de la potencia de la bomba y de las características del suelo. Si la potencia de la bomba no es suficiente se puede optar entre elegir una draga de mayor potencia o intercalar una estación de rebombeo. La producción también puede estar limitada por la dureza del material a dragar que permita dragar solamente en una dirección del movimiento lateral con la pérdida de tiempo que implica volver el cortador.

Es importante optimizar al máximo los tiempos en los que no trabaja la draga. En el análisis de los tiempos muertos debe evaluarse el movimiento de la tubería de descarga a una nueva posición. Esto puede minimizarse teniendo instalada una segunda tubería. Asimismo el reemplazo de dientes o adaptadores puede efectuarse cuando es necesario interrumpir la operación de dragado por otros motivos.

Figura 14.24 – Curvas de rendimiento Draga IHC 5014

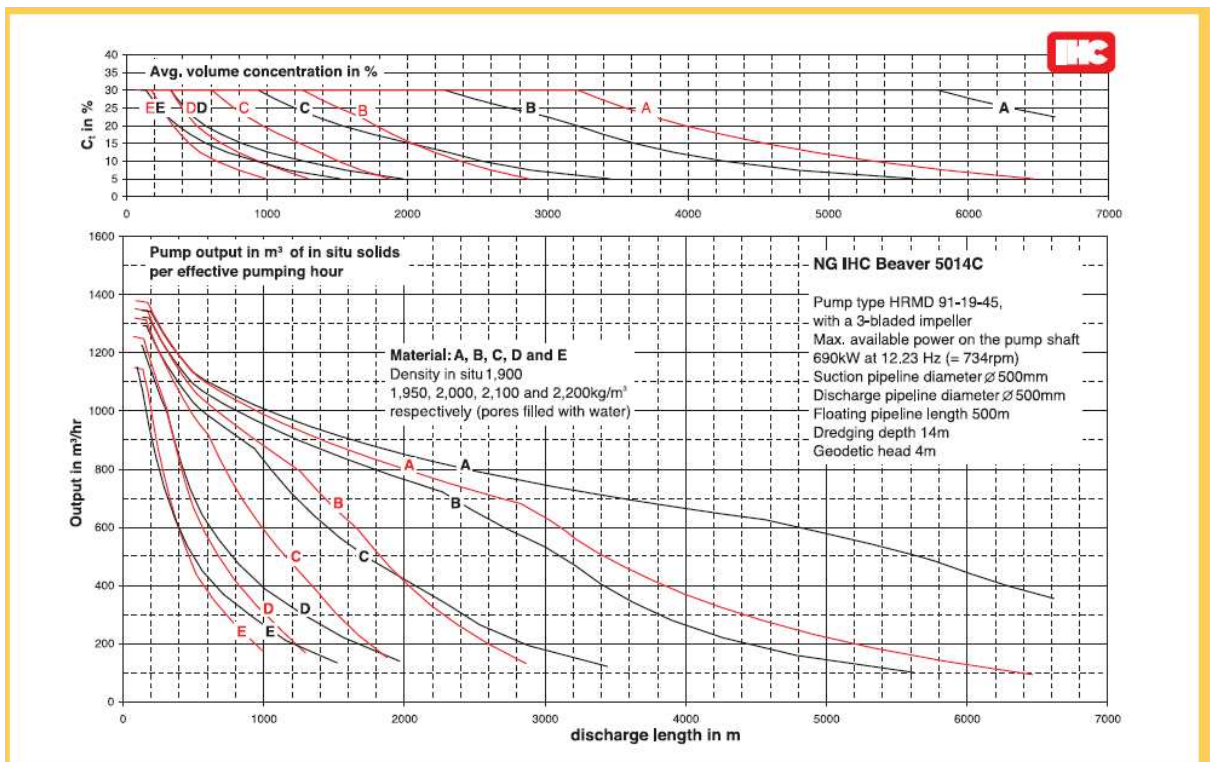


Figure 4: The output per effective pump hour calculated using the old (red lines) and new model (black lines)

En la Tabla 14.3 se presenta un ejemplo tomado de Herbich (2000) donde se muestran los resultados esperados para una draga dada teniendo en cuenta diferentes potencias en la bomba de succión y para diferentes tipos de material.

*Tabla 14.3 – Ejemplo de producción*

Diámetro tubería	30 pulgadas (762 mm)	
Potencia bomba	5000 HP	8000 HP
Potencia cortador	2000 HP	
Longitud de la tubería	4500 m	
Caudal sólido		
Limos	1500 m <sup>3</sup> /hora	3400 m <sup>3</sup> /hora
Roca blanda	150 m <sup>3</sup> /hora	1500 m <sup>3</sup> /hora

El USACE tiene un programa para determinar los costos de las dragas de cortador. Lo interesante de ese programa es el procedimiento para determinar la producción de la draga. El programa se denomina CSDCEP y se puede consultar en la página web del USACE.

#### 14.6.3 Etapa de obra

Durante la etapa de obra la determinación del dragado efectuado permite verificar el avance de obra y autorizar el pago del Contratista. Se pueden utilizar diferentes métodos. El método a elegir depende en muchas circunstancias del tipo de contrato bajo el que se realiza la obra.

#### 14.6.4 Comparación de relevamientos

La determinación del trabajo ejecutada se efectúa mediante la comparación de relevamientos ejecutados antes y después de efectuar el dragado

#### 14.6.5 Medición en tuberías

En la gran mayoría de los casos la descarga del material dragado se efectúa por tuberías. La medición en tuberías de caudal y concentración es una actividad muy usual.

#### 14.6.6 Medición en la zona de descarga

Para obras de recuperación de tierras o relleno de playas puede ser útil medir directamente los volúmenes aportados a la obra. En este caso se trabaja con relevamientos antes y después de la descarga con la facilidad que conllevan los relevamientos terrestres.

Para el caso de relleno de áreas que pueden sufrir compactación del suelo existente debe dejarse placas niveladas que puedan servir para medir los desplazamientos producidos por la carga del suelo.

#### 14.6.7 Por avance lineal

Una manera de medir producción de una draga de succión con cortador es medir la distancia lineal que se avanza habiendo realizado el dragado del perfil de proyecto. Así una medida de producción puede ser, por ejemplo, 50 m o 100 m de avance por día

#### 14.7 TIPO DE MATERIALES QUE DRAGA

La draga de cortador draga un amplio rango de materiales.

##### **Rocas**

La draga de cortador se utiliza para dragar roca en forma directa, particularmente cuando es necesario dragar volúmenes importantes de material. Algunas dragas están diseñadas especialmente para este propósito. La capacidad de dragar materiales rocosos depende del tamaño y solidez del equipo, especialmente el peso de la escalera y la potencia disponible en el cortador y en los guinches laterales. Las dragas de succión por cortador diseñadas para dragar roca pueden llegar a ser hasta 2,5 veces más pesadas que las dragas equivalentes para dragar materiales blandos. En 1997 las dragas más potentes para dragar roca tenían 6.000 HP de potencia en el cortador, una escalera que pesa 1000 toneladas y guinches laterales con capacidad de tirar alrededor de 150 toneladas

Las dragas de cortador pueden dragar rocas directamente solo en aguas calmas ya que impactos fuertes del cabezal pueden resultar en daños importantes para el mismo.

Cuando se dragan rocas abrasivas el desgaste del cabezal es alto y se requiere mucho tiempo para reemplazar los dientes y de última reparar el cabezal.

**Cantos rodados:** Se usan muy raramente. No se pueden dragar cantos rodados mayores de 300 mm

**Gravas:** Dragan con relativa facilidad. El desgaste puede ser muy importante dependiendo de la mineralogía y angularidad de las partículas

**Arenas:** Draga todo tipo de arenas. El desgaste de las tuberías puede ser un elemento de costo importante. Como el principal elemento es el corte y no la erosión se debe cumplir que: la velocidad de corte sea baja, el diámetro del cortador grande, el número de hojas alto y el rpm alto(para sacar tajadas finas)

**Limos:** Dragan bien limos y los pueden bombear a mucha distancia

**Arcillas:** Dragan todo tipo de arcillas. Para minimizar el bloqueo del cortador en arcillas firmes se usan cortadores especiales y capas finas de corte

**Suelos orgánicos:** draga bien

**Restos y materiales de demolición:** no es apta

De la página de IHC ([www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com)) se ha obtenido la Figura 14.25 donde se indican las condiciones de funcionamiento de una draga de succión con cortador en relación con las características del suelo y la profundidad de dragado Asimismo se indica el comportamiento de la draga frente a variables importantes como condiciones ambientales y otras.

Figura 14.25 – Aptitud de dragado

Cutter suction dredger

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												
Sandy Gravel												
Medium sand												
Fine or medium fine sand												
Extremely fine sand or silty sand												
Silt												

Non-consolidates cohesive soil												
		Dredging depth in M.										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Cemented sand												
Firm or stiff boulder or sandy clay												
Soft silty clay												
Form or stiff silty clay												

Cohesive or sticky clay	
-------------------------	--

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

Criterium equipment:	
<b>Soil condition</b>	Hard to soft material
	Cohesive material can block the cutter
	Max. diameter limited by cutter and/or pump
	Rock cutting with large types
<b>Seastate and weather</b>	Positioning cutterhead strongly influenced by waves
	Floating pipeline limited by waves and current
	Sensitive to strong current
<b>Site conditions</b>	Max. dredging depth ca. 30M, limited by reaction forces on ladder
	UWP makes pumpprocess independent from dredging depth
	Moderate to good selective and accuracy
<b>Logistics</b>	Hydraulic transport
	Suitable for long distances
	And/or wires can hinder shiptraffic
<b>Production processing</b>	Production depending on pump and cuttercapacity, pump distance and pipe diameter, large range of possibilities
<b>Other</b>	Very large range of capacities available

#### 14.8 FACTORES LÍMITES

Los factores límites que se indican a continuación corresponden por un lado a los equipos de menores dimensiones y por el otro a los equipos mas grandes.

Mínima profundidad de agua calado del pontón	0,75 m	Esta determinada por el
Máxima profundidad de agua longitud de la escalera	35 m	Está determinada por la
Máximo ancho de corte	175 m	
Máxima altura de ola	2.0 m	
Máximo swell	1.0 m	
Máxima corriente de través	2.0 nudos	
Máximo tamaño de partícula	300 mm	

Es importante verificar que el caudal de agua disponible permite la operación de las bombas de succión

#### 14.9 EQUIPAMIENTO AUXILIAR

Una vez instalada en el lugar de operación es una draga muy independiente. Entre el equipamiento auxiliar que se requiere se puede mencionar:

- Tubería flotante: se utiliza para vincular la draga con la tubería fija. Da flexibilidad al vínculo
- Tubería sumergida: va desde la tubería flotante hasta el comienzo de la tubería en tierra o hasta el pontón de distribución
- Tubería en tierra: va desde la tubería sumergida hasta el sitio de descarga
- Pontón de distribución: se utiliza para distribuir en forma uniforme el material en una zona de poca profundidad evitando la formación de islas
- Anclas

#### 14.10 CAMPOS DE APLICACIÓN

Este tipo de draga tiene un campo de aplicaciones muy amplio

#### 14.11 Dragado de materiales duros

Cuando está equipada con cabezales con dientes adecuados y tiene suficiente peso la escalera esta draga puede dragar materiales duros y compactos en zonas que no tengan excesiva agitación del oleaje.

#### 14.12 Rellenos

El hecho de tener un transporte por tuberías hace que este tipo de dragas sea ideal para realizar rellenos. Para esta función se utilizan dragas de todo tamaño, incluso las de menor dimensión. En el norte del conurbano bonaerense es frecuente ver dragas de estas características dragando áreas interiores de countries y utilizando el material dragado para relleno de lotes y la zona de préstamo como lago interior para actividades recreativas.

#### 14.13 Grandes volúmenes

Para materiales granulares finos como arena fina limosa: que se presenta en grandes volúmenes utilizar una draga potente de estas características puede ser muy eficiente.

#### 14.14 Dragado de trincheras para tuberías de gas al llegar a la costa

Un buen ejemplo es la utilización de la draga JFJ de Nul utilizada para dragar la trinchera para que el gasoducto pueda llegar a la costa en el proyecto Langeled, Easington, Inglaterra.

La trinchera tiene un ancho de 10 m y una profundidad de 2 m y se extiende hasta unos 20 Km desde la costa. La draga tuvo un avance de aproximadamente 1 Km por día dependiendo de las condiciones ambientales.

Fue necesario utilizar una draga de estas características por la naturaleza del suelo que consistía en arcillas extremadamente duras. Con 4,000 Kw de potencia en el cortador y con los dientes adecuados la trinchera se podía abrir en una sola pasada. Ver Figura 14.26

*Figura 14.26 – Cabezal empleado en Langeled*



**14.15 Perfilado de cauces**

En la Provincia de Buenos Aires se utilizaron dragas de estas características para dragar tramos del Río Salado. La draga permite realizar un perfil muy prolijo.

**14.16 Apertura de áreas**

Para realizar el dragado de un área portuaria interior puede ser muy eficiente venir dragando con una draga de cortador desde el lado agua. Es mucho mas eficiente que el movimiento de tierras mediante camiones.

**14.17 Minería de arroyos**

Esta draga es muy apta para dragar materiales en arroyos con destinos mineros

**14.18 CORTADOR CON RUEDA VERTICAL**

El cortador puede girar en plano x-y como los vistos hasta ahora o en el plano y-z. Estos cortadores están constituidos por una rueda vertical sobre la cual están ubicados cangilones sin fondo. Se pueden fijar dientes al borde del cangilón. El efecto combinado de rotación, gravedad y flujo de agua desplazan el material desde el cangilón a la cámara de succión.

Este tipo de cortador sirve para dragar un rango de materiales muy amplio incluyendo rocas blandas. En la página web de IHC puede consultarse el rango de materiales que draga

Presenta las siguientes ventajas en comparación con los cortadores tradicionales:

- tiene igual eficiencia de dragado en ambas direcciones de movimiento lateral
- el material que se cae del cortador es menor
- draga con una alta concentración de materiales
- tiene un menor requerimiento de potencia

Como desventajas se pueden mencionar:

- mayor peso
- mayor sofisticación mecánica
- requiere contar con pilones montados sobre carros desplazables
- el dragado se realiza con una profundidad mínima de 50 por ciento del diámetro de la rueda

IHC tiene una línea de dragas standard con cortadores de este tipo. La mas grande es la draga IHC Beaver 6518 W. En la Figura 14.20 se muestra una draga IHC 6518 pero con cortador tradicional.

*Figura 14.27 – Rueda cortador en el plano vertical*

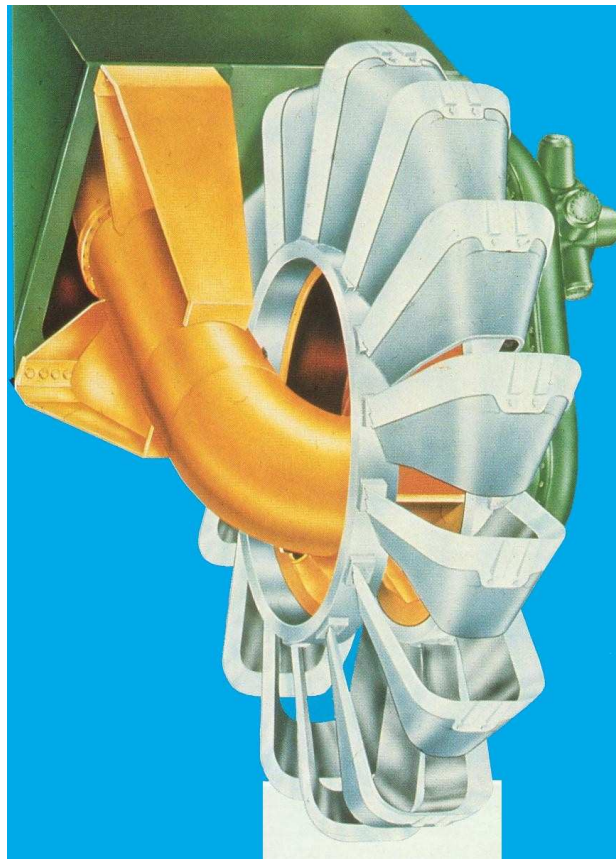
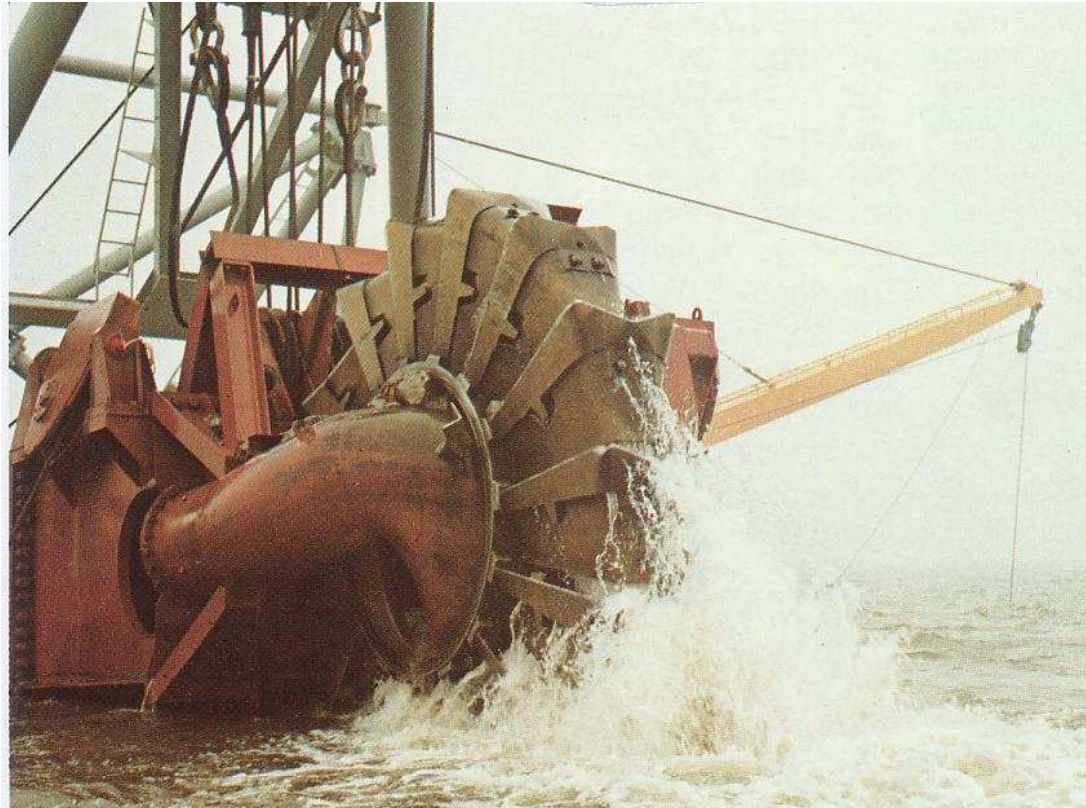


Figura 14.28 – Rueda cortador



En la página web de Vosta se puede ver un modelo de rueda vertical de doble rueda paralela con la cámara de succión central

#### 14.13 BIBLIOGRAFIA

Hay mucha bibliografía sobre dragas de succión con cortador que se puede consultar en Internet.

- 14.13.1 Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997) "Dredging, a handbook for engineers", Second edition, John Wiley and Sons pp182-199
- 14.13.2 Herbich, J.,(2000) "Handbook of dredging engineering" Second Edition, McGraw Hill par 4.17
- 14.13.3 Dredgers of the World – Edition 3 – October 2001 – OOOilfield Publications Inc. – [www.oilpubs.com](http://www.oilpubs.com)
- 14.13.4 Sitio Internet de Bert Visser ([www.dredgers.nl](http://www.dredgers.nl)) Muy bueno Presenta información muy actualizada y muy completa sobre dragas. Bert Visser trabaja para la revista DPC
- 14.13.5 Página web de IHC Holland [www.ihcholland.com](http://www.ihcholland.com) En este sitio se pueden consultar los artículos publicados en la revista Ports and Dredging
- 14.13.6 Página web de Damen [www.damendredging.com](http://www.damendredging.com)
- 14.13.7 Página web de Vosta [www.vostalmg.com](http://www.vostalmg.com)
- 14.13.8 Artículos de la revista "Dredging and Port Construction" citados en el texto. – [www.dpcmagazine.com](http://www.dpcmagazine.com)
- 14.13.9 Puertos del Estado, España, (2004) Segundo Curso General de Dragado