

ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERIA PORTUARIA

CATEDRA

INGENIERIA DE DRAGADO

PROFESOR TITULAR

ING. RAUL S. ESCALANTE

TEMA 6

DRAGA DE CANGILONES

Marzo 2017

TEMA 6
DRAGA DE CANGILONES

ÍNDICE

6	<u>DRAGA DE CANGILONES</u>
6.1	CONSIDERACIONES GENERALES
6.2	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS
6.3	VENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES
6.4	DESVENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES
6.5	MÉTODO DE OPERACIÓN
6.6	EL CICLO DE PRODUCCIÓN
6.6.1	<u>Velocidad transversal</u>
6.6.2	<u>Número de cortes</u>
6.6.3	<u>Avance sobre el frente para nuevos cortes</u>
6.6.4	Cambio de barcazas
6.6.5	<u>Movimiento de anclas</u>
6.6.6	<u>Producción diaria</u>
6.6.7	<u>Factor de inclinación</u>
6.7	BARCAZAS
6.7.1	<u>Alquiler de barcazas tipo split</u>
6.8	CICLO DE DRAGADO
6.9	FACTORES LÍMITES
6.10	EQUIPOS AUXILIARES
6.11	TIPOS DE MATERIALES QUE DRAGA
6.12	CAMPOS DE APLICACIÓN
6.12.1	<u>Ejemplo de dragado en el Puerto de Buenos Aires – Terminales Río de la Plata</u>
6.13	BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 6.1	Vista general draga de cangilones
Figura 6.2	Forma de avance
Figura 6.3	Profundidad de corte
Figura 6.4	Esquema de sujeción con la draga abarloada a muelle
Figura 6.5	Cangilones cargados
Figura 6.6	Descarga a barcaza
Figura 6.7	Prisma superior original, véase la marca de los eslabones
Figura 6.8	Prisma nuevo, antes de ser ensamblado
Figura 6.9	Vista de draga en dique seco
Figura 6.10	Barcazas tipo Split Puerto Buenos Aires
Figura 6.11	Vista de la barcaza con el casco abierto
Figura 6.12	Barcaza "Little Boy"
Figura 6.13	Bloque de grandes dimensiones
Figura 6.14	Bloque de hormigón dragado
Figura 6.15	Cangilones llenos de material

INDICE DE TABLAS

Tabla 6.1	Relación entre la velocidad del rosario y el tipo de suelo
Tabla 6.2	Factor de inclinación

- Tabla 6.3 Características principales barcaza 3,700 m³
Tabla 6.4 Capacidad de dragado
Tabla 6.5 Aptitud de dragado

6. DRAGA DE CANGILONES
6.1. CONSIDERACIONES GENERALES

En la redacción del presente capítulo de estos apuntes participó el Ingeniero Marcelo Peyregne que en ese momento se desempeñaba como Profesor Adjunto de la cátedra.

Una excelente referencia para el tema son los apuntes de las clases que dictaba en TUDelft el Prof. Ir. W. J. Vlasblom (2004) los que se encuentran disponibles en la página de IADC.

De Vincenzi (2014) presentó un trabajo en el Congreso de la AADIP referido al desempeño de dragas de este tipo en el Puerto de Buenos Aires que suministra información de interés, parte de la cual se reproduce

La draga de cangilones pertenece al grupo de las denominadas dragas mecánicas y comparte con ellas sus principales ventajas y desventajas. Este tipo de draga se utiliza desde hace mucho tiempo y es un equipo muy robusto que bien mantenido puede dar muchas satisfacciones.

El diseño básico de las dragas de cangilones ha permanecido inalterado por muchos años. La acción de dragado se realiza mediante un rosario continuo de cangilones los que levantan el material del fondo y lo elevan por encima del nivel de agua. Los cangilones quedan dados vuelta al pasar por el extremo superior del rosario y se descargan por gravedad sobre planos de descarga que conducen el material dragado a barcazas que se colocan al costado de la draga.

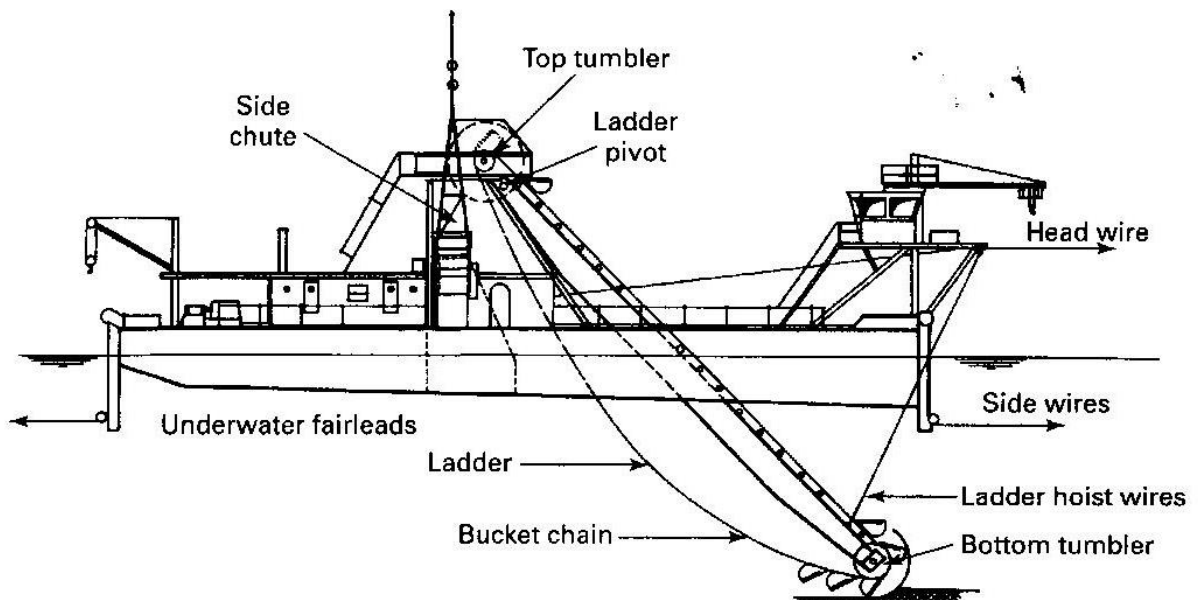


Figura 6.1 – Vista general draga de cangilones

El peso del rosario de cangilones está soportado por una escalera, también denominada escala, de acero. Esta escalera está montada en el medio de un largo pontón rectangular. El posicionamiento y movimiento del pontón se efectúa mediante un sistema de anclas y guinches

El guinche (también se denomina “malacate” o “chigre”) frontal es habitualmente el más potente y provee la reacción a la fuerza de dragado y se utiliza para hacer avanzar la draga contra el frente de corte. Los cuatro guinches transversales se utilizan para desplazar la draga transversalmente. El guinche trasero ayuda a mantener un equilibrio global balanceando otras fuerzas que pueden aparecer producidas por las variaciones en los niveles de agua o variaciones en las reacciones a la fuerza de dragado. En lugar de anclas y guinches la draga puede tener dos pilones.

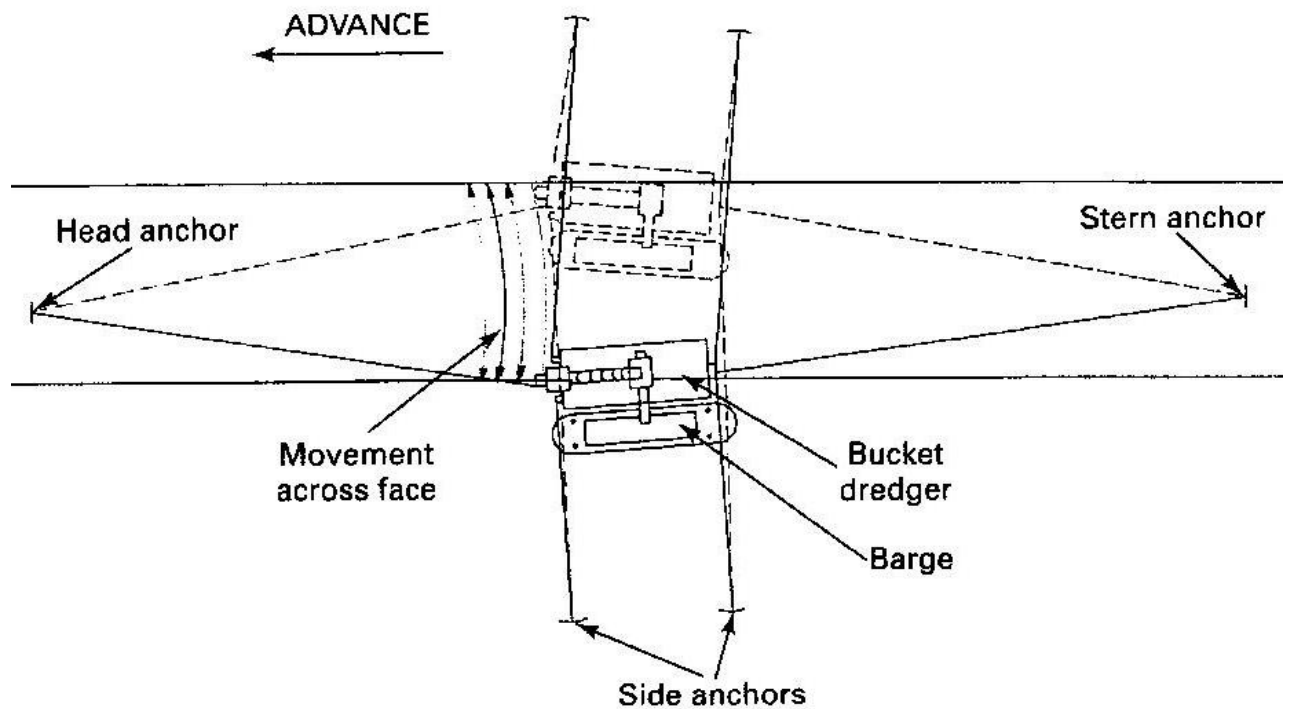


Figura 6.2 – Forma de avance

Por lo tanto, la draga de rosario consiste básicamente en una cadena sinfín de baldes o cangilones que se desplazan sobre una escalera inclinada, de gran rigidez, instalada sobre un pontón. Los cangilones se encuentran vinculados por pernos y eslabones, y en conjunto se desplazan sobre la escalera a través de elementos denominados rolos, fijos en ella.

Los cangilones son de hierro fundido con los bordes de ataque especialmente resistentes a la abrasión. No obstante, el mantenimiento general de la embarcación exige un periódico recrecimiento de los mismos, con el fin de mantener su forma original la cual responde al triple objetivo de facilitar el corte del terreno, su elevación y el posterior vertido a los ganguiles.

El rosario es guiado por dos cuerpos denominados “prismas” (Ver Figura 6.7) ubicados en los puntos extremos de la escala. El prisma alto es el que transfiere la energía al rosario, por ello es sometido a grandes esfuerzos que tienden a deformarlo y, al igual que los cangilones, es necesario recrecerlo con frecuencia. El prisma bajo suele tener una o dos caras más que el prisma alto, de ese modo se logra una mayor longitud de corte en la parte baja y un movimiento más fuerte del cangilón en la parte alta, favoreciendo el vertido.

El pontón tiene una amplia escotadura rectangular en su proa, por donde pasa la escalera. Sobre su cubierta, suelen levantarse dos casillajes: el central y el de proa. El primero sirve de soporte al prisma alto y todos sus mecanismos de accionamiento. El segundo sirve de soporte al cabrestante de elevación de la escalera y al de avance longitudinal. A su vez, aloja el puente de mando.

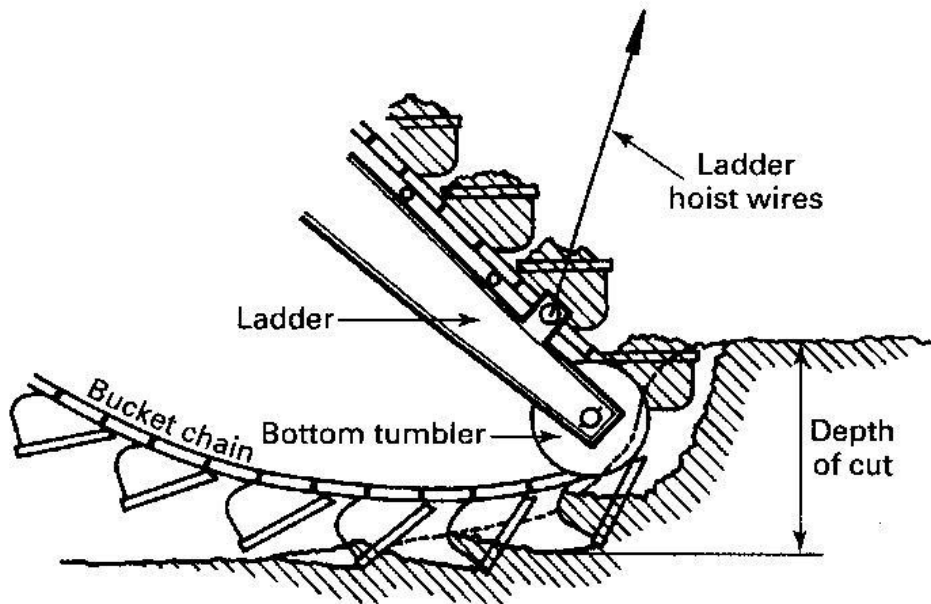


Figura 6.3 – Profundidad de corte

La extracción del suelo la efectúa a través del corte del terreno con los cangilones, una vez colocada la escalera a una determinada profundidad. Para vencer la resistencia al corte que el suelo ofrece, es necesario disponer de una fuerza que mantenga la embarcación contra el tajo. Esto se consigue mediante un cabrestante que acciona un cable denominado “avance”, fondeado por medio de un ancla a una distancia considerable por delante del pontón.

Para que el corte sea continuo, poniendo suelo al alcance de los cangilones, la draga debe desplazarse lateralmente. Para ello se dispone de cuatro cabrestantes que accionan otros tantos cables denominados “travesines” situados dos a cada banda, en proa y en popa. Los travesines suelen fondearse, al igual que el cable de avance, por medio de anclas. En el caso que la draga trabaje abarloada a un muelle, los travesines de la banda próxima pueden sujetarse a las bitas del mismo, tal cual sucede en el dragado en el interior de las dársenas de Puerto Buenos Aires como se aprecia en la Figura 6.4.

El movimiento lateral de la draga o “borneo” se consigue cobrando dos travesines de una banda y simultáneamente soltando los travesines de la banda contraria. Esto permite recorrer todo el ancho de la franja a dragar, donde una vez alcanzado el límite, es necesario actuar sobre el cabrestante de avance para mover la draga en sentido longitudinal y reiniciar el ciclo en sentido inverso. El ancho de la franja de dragado viene impuesto por las distancias a las que se pueden fondear los travesines y el cable de avance. De no existir otras restricciones, normalmente se trabaja en franjas de entre 60 y 100 metros.

Las dragas de rosario de cangilones no son aptas para trabajar expuestas a condiciones hidrometeorológicas adversas. Se encomienda al cable de avance mantener la draga en posición y próxima al tajo a remover. Sin embargo, en lugares con amplitud de marea considerable y por ende fuertes corrientes que invierten su sentido cíclicamente, las dragas cuentan con un sexto cable en la popa denominado "retenida de popa". En el Puerto Buenos Aires, este cable no se utiliza dado que el fenómeno descrito no genera corrientes que lo ameriten.

Las dragas de rosario no tienen propulsión propia y su movimiento se realiza exclusivamente por medio de cables, los cuales representan una interferencia a la navegación en áreas navegables confinadas.

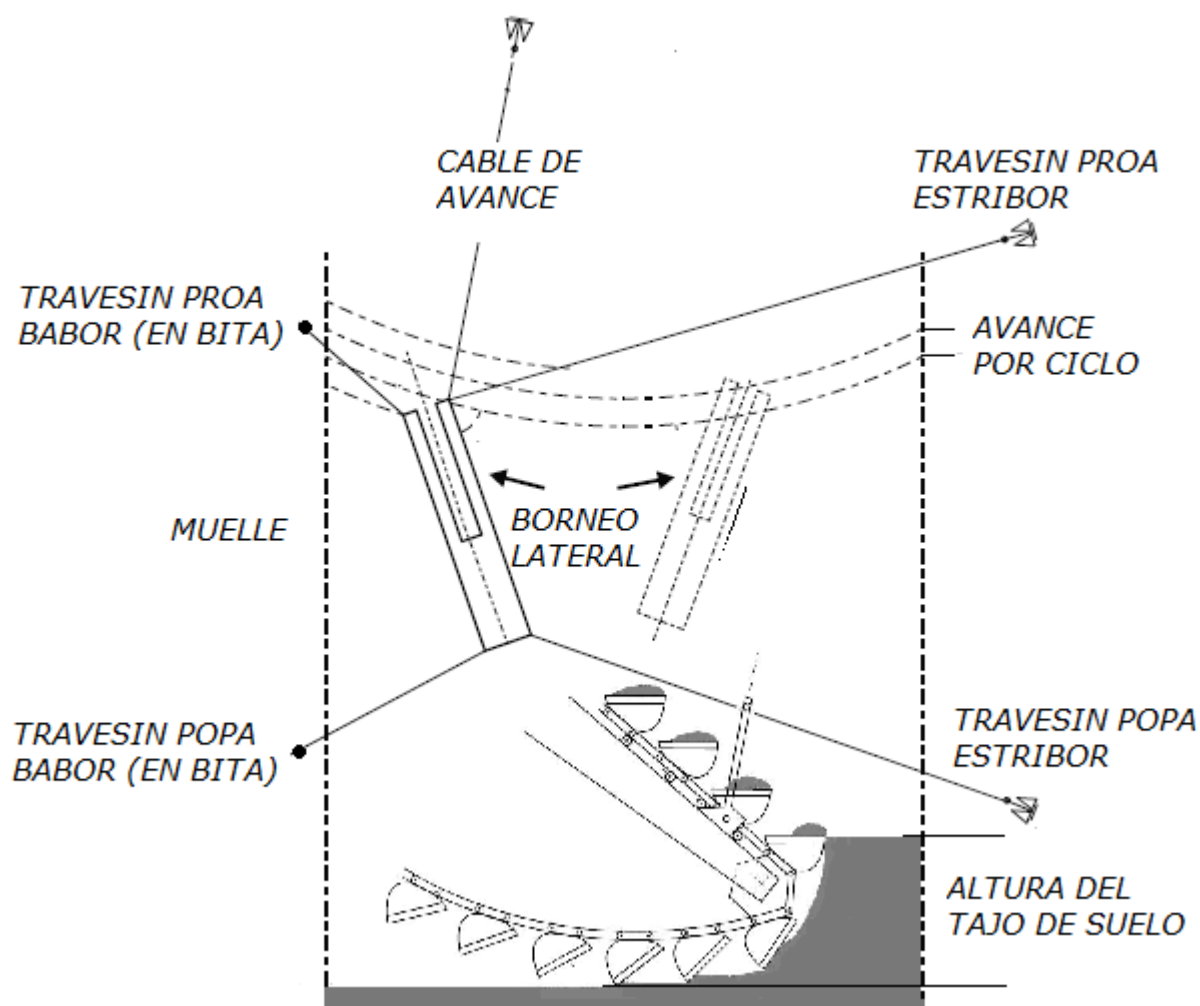


Figura 6.4 – Esquema de sujeción con la draga abarloada a muelle

La fuerza de rotura del suelo que aplica el cangilón en el fondo a través del labio de corte o eventualmente dientes puede ser muy importante.

Esta fuerza depende del tamaño y masa de la draga, la forma y capacidad del cangilón, y la potencia y características del sistema de arrastre.

Cuando se utiliza para dragar materiales duros como arcillas consolidadas o rocas blandas el rosario se modifica y se colocan cangilones más pequeños y se reduce la velocidad de la cadena.

En los casos en que se draga roca se puede reemplazar un cangilón cada tres por un sistema de dientes (ripper line)

Las dragas de cangilones se clasifican en función de la capacidad de cada cangilón que puede variar entre 150 y 1200 litros.



Figura 6.5 – Cangilones cargados

Bray (1998) menciona que en los últimos 30 años el número de dragas de cangilones pequeños a disminuido a un tercio, mientras que las de cangilones por encima de los 800 litros se mantiene. Esto probablemente se debe al hecho que las dragas de cangilones grandes se utilizan en los casos en que hay volúmenes importantes de suelos duros, lo que pueden hacer a precios más baratos que las dragas tipo retroexcavadora.

La velocidad del rosario puede llegar a 30 cangilones por minuto.



Figura 6.6 – Descarga a barcaza

6.2 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Se pueden mencionar los siguientes aspectos constructivos:

- Escotadura: puede ser abierta (más común) o cerrada (preferible cuando la draga debe navegar)
- Escalera: viga de sección variable, de igual resistencia a la flexión
- Prisma superior e inferior: su giro produce el movimiento del rosario. El inferior, por razones de resonancia, tiene al menos una cara más que el superior. A mayor número de caras, menor desgaste, pero también exige cangilones más pequeños. Configuración habitual (no excluyente): prisma pentagonal superior y hexagonal inferior.



Figura 6.7 – Prisma superior original, véase la marca de los eslabones



Figura 6.8 – Prisma nuevo, antes de ser ensamblado

- Rosario: puede ser abierto (hay un eslabón intermedio entre baldes) o cerrado (un balde por eslabón). El primero permite usar baldes de mayor capacidad. El segundo (más empleado en dragas japonesas), requiere baldes más pequeños, pero permite mayor uniformidad en el esfuerzo a que está sometido el rosario en el proceso de dragado. El rendimiento es similar porque la disminución de capacidad de los baldes se sustituye con el mayor número de éstos.
- La zona de corte de los baldes suele reforzarse con aporte de material duro. En ocasiones es recambiable. Algunos tienen dientes en caso del dragado de suelos de alta compacidad.
- Los cangilones se encuentran vinculados a los eslabones. Estos, al desplazarse sobre las caras del prisma giratorio, producen el movimiento de la escalera.
- Los cangilones apoyan en su desplazamiento sucesivamente sobre rodillos móviles (roletes) vinculados a la escalera. Estos deben engrasarse de manera permanente. Los rolos sufren un fuerte desgaste producto del contacto con el balde, del mismo modo que los eslabones al desplazarse sobre las caras del prisma. Esto requiere la ejecución de tareas de mantenimiento que deben programarse adecuadamente.

6.3 VENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES

La draga de cangilones presenta una serie de ventajas

- Tiene la ventaja de tener un proceso de dragado continuo, lo que es una excepción entre las dragas que utilizan baldes o cangilones para dragar.
- La dilución del material no es muy significativa y por lo tanto se pueden alcanzar cargas altas en las barcasas sin mucho vuelco (overspilling)
- Cuando se dragan limos muy blandos (barros) el vuelco puede ser significativo
- La precisión del dragado es buena porque el borde de corte de los cangilones sucesivos pasan a la misma profundidad mientras la escalera se mantenga en la misma posición con respecto al pontón. Se pueden lograr precisiones del orden de los 10 cm.
- Al ser un dragado continuo se puede obtener un nivel bastante uniforme del fondo.

- El proceso de dragado no es demasiado sensible a la presencia de restos de diferente tipo o pequeños cantos rodados. Interrumpen el dragado la presencia de cables o cadenas.
- El hecho de que la construcción de la draga sea pesada asociado a sistema elástico de amarre permite continuar con la operación de dragado de materiales blandos en la presencia de olas moderadas.

6.4 DESVENTAJAS DE LA DRAGA DE CANGILONES

La draga de cangilones presenta una serie de desventajas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- El campo de anclas que puede perturbar la navegación
- La dependencia de la carga en barcasas que reduce las posibilidades de realizar rellenos
- Baja eficiencia en los casos que se requiere dragar espesores pequeños de material
- Niveles de ruido que son superiores a los de otras dragas. Debido al movimiento mecánico de grandes cangilones de metal sobre marcos metálicos la draga de cangilones es el peor tipo de equipo con respecto al ruido. Se pueden esperar niveles de ruido de 115 dB en las proximidades de la draga. Niveles aceptables (50 a 70 dB) se pueden tener recién a algunos cientos de metros de distancia.
- En materiales cohesivos pegajosos los cangilones pueden tener problemas al vaciarse
- La draga no es apta para trabajar en aguas con muy poca profundidad. La catenaria del rosario por debajo de la escalera resulta muy pronunciada y se tiende a realizar sobredragados mayores a los necesarios.
- La construcción de la draga es pesada y la dotación de personal alta. En consecuencia, se tienen altos costos de capital y costos operativos
- La draga es habitualmente remolcada por remolcadores. Si la distancia es larga o las condiciones de mar medianas a severas la draga debe desmantelarse para su traslado. Como consecuencia los costos de movilización son altos.
- Si bien en ocasiones resulta apta para el dragado de fondos sucios, como ocurre en el interior de puertos, la presencia de restos como cables, anclas y trozos de chapa puede trabar el rosario y exigir la remoción con oxicorte u otros métodos de estas obstrucciones

6.5 MÉTODO DE OPERACIÓN

El sistema de fondeo mediante anclas juega un papel muy importante tanto en el posicionamiento de la draga en la posición de corte como durante la excavación con los cangilones

La draga opera desplazándose paralelamente a su línea de crujía, filando los travesines de una banda y cobrando las de la opuesta. En ese movimiento, que se realiza a una velocidad regulada, los cangilones van extrayendo el material del lecho de manera continua.

Una vez concluida una pasada (que puede ser en ambos sentidos para hacer un dragado de limpieza) o más de una (si el frente de ataque requiere realizar más de un corte), la draga se posiciona en su eje de trabajo y cobra el cable del ancla de avance, con lo cual adelanta hasta la nueva sección de corte.

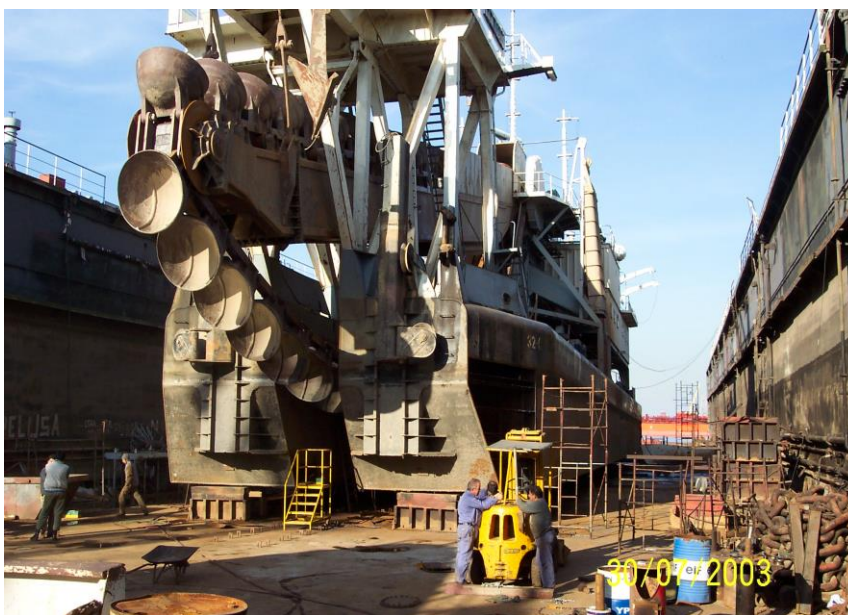


Figura 6.9 – Vista de draga en dique seco

El frente óptimo, si bien depende del tipo de material, suele estar en el orden de los 2 ó 3 metros. En el caso de materiales blandos y poco cohesivos, por ejemplo, sedimentos recientes como los que se encuentran en el Río de la Plata, conviene trabajar, si el frente de ataque no es excesivo, a la mayor profundidad posible, ya que se derrumba la parte superior y el excedente se remueve con un dragado de limpieza.

Al avanzar, el travesín no puede quedar detrás de la perpendicular al eje de crujía de la draga, ya que pierde agarre. Cuando se da la situación límite, deben relocalizarse las anclas utilizando un pontón con guinche u otra embarcación equivalente

Como se mencionó anteriormente, la draga oscila entre las anclas de proa (Ver Figuras 6.2 y 6.3 o también Figura 6-6 de Vlasblom). El cable de avance tiene una longitud de 1 a 2 veces la capacidad del cangilón en litros. Esto significa que para las dragas de gran tamaño puede ser de 1 a 2 km de longitud. Es claro que, con estas grandes longitudes, se deben tomar medidas para prevenir que se reduzca el radio de giro por arrastrar el cable de proa por el fondo. Cuando el cable está sobre el espejo de agua se lo coloca sobre uno o más pontones o flotadores.

En el dragado a pie de muelle, el campo de anclas sobre la banda de los muelles se reemplaza por una corredera generalmente instalada entre bolardos. El cable del travesín se vincula a una polea que se desliza sobre la corredera. La retenida de popa se suele colocar sólo cuando existen corrientes fuertes en dirección del avance

6.6 CICLO DE PRODUCCIÓN

6.6.1 Velocidad transversal

La velocidad transversal durante el corte está gobernada por:

- las características del material
- la profundidad de corte
- la cantidad que se mueve para adelante
- la velocidad del rosario

El tiempo para atravesar el frente del corte se obtiene aproximadamente dividiendo la longitud del frente (m) por la velocidad del guinche (m/min)

6.6.2 Número de cortes

El número de cortes para llegar a la profundidad deseada depende del espesor del manto a dragar y la profundidad de cada corte. La profundidad de cada corte depende de las características del material y de las características de la draga que se está utilizando. A veces se necesita un corte final de limpieza. El número de cortes se obtiene dividiendo la profundidad a dragar (incluyendo el sobredragado) por la profundidad del corte sumando uno, si se considera que un corte de limpieza es necesario.

6.6.3 Avance sobre el frente para nuevos cortes

El tiempo requerido para esta operación depende del material a dragar y de la altura del frente. Si por algún motivo debe levantarse la escalera este avance puede tomar algunos minutos. En caso contrario es una operación rápida. Otra cosa es establecer un nuevo frente lo que lleva bastante mas tiempo.

6.6.4 Cambio de barcazas

Cuando se opera con una barcaza por banda normalmente no hay pérdida de producción. Si el trabajo permite operar con barcazas en una sola banda de la draga como sucede cuando se está dragando el frente de muelle se necesitan entre 5 y 15 minutos para realizar el desatraque y atraque. Esto debe tenerse en cuenta al calcular la producción de la draga.

6.6.5 Movimiento de anclas

Este aspecto es muy dependiente de la idoneidad de la tripulación. Una buena tripulación en condiciones favorables debería ser capaz de limitar la interrupción de las operaciones solamente para los casos en que hay realizar movimientos del anclaje frontal. Para este caso pueden llegar a requerirse entre 15 y 30 minutos. Puede llegar a requerirse de 10 a 20 minutos adicionales para cada movimiento de anclas adicional. Cuando el espesor de material a ser removido es pequeño, el tiempo utilizado en movimiento de anclas va a ser importante y en casos extremos puede exceder el tiempo productivo.

6.6.6 Producción diaria

La producción va a estar dada por la siguiente relación:

Producción (m³/h) = [(capacidad del cangilón (m³) x coeficiente de llenado de cada cangilón)] x velocidad del rosario (en cangilones por minuto) x 60 min/h x rendimiento

La velocidad del rosario en función del tipo de material se puede obtener de la Tabla 6.1

La influencia del esponjamiento del material puede introducirse en esta expresión, pero resulta más adecuado contemplarla en la capacidad de almacenamiento de la chata barrera donde se descarga el material (ver par. 6.7 Ciclo de dragado)

La producción diaria se obtiene multiplicando la producción horaria por el número de horas de trabajo netas. De acá surge, aunque parezca obvio, que una forma muy directa de aumentar la producción es aumentar el número de horas de trabajo.

La producción de la draga de cangilones es mucho menor que la de la draga de cortador y que la de la draga de succión por arrastre. En condiciones normales se pueden obtener niveles de producción entre 50 y 110 m³/hora (Bray 2008)

Tipo de suelo	Velocidad (cangilones/minuto)
Material muy blando (weak)	25 a 28
Material blando	18 a 22
Material duro (stiff)	15 a 18
Material muy duro (stiff)	12 a 15
Roca partida	8 a 12
Roca blanda	3 a 5

Tabla 6.1 Relación entre la velocidad del rosario y el tipo de suelo

6.6.7 Factor de inclinación

El factor de inclinación tiene en cuenta la reducción de la capacidad efectiva del cangilón cuando la escalera está siendo utilizada con un ángulo que causa un vuelco del material por la parte de atrás del cangilón. El ángulo óptimo es aproximadamente 45°. Se expresa en función de la relación profundidad de dragado actual (d_a) vs profundidad de dragado normal (d_n)

d_a/d_n	Factor
0,2	0,46
0,4	0,58
0,6	0,69
0,8	0,84
1,0	1,00
1,2	0,84

Tabla 6.2 - Factor de inclinación

6.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS DRAGAS 31-C Y 32-C

En la Tabla 6.3 se puede apreciar las características de las dragas 31-C y 32-C que durante muchos años se han utilizado en las tareas de dragado del interior del Puerto de Buenos Aires

	Unidad	Draga 32-C	Draga 37-C
BOTADURA		1980	1980
LUGAR DE CONSTRUCCION		Astillero Mestrina Bs. As. Argentina	Ast. Españoles S.A. Cadiz. España
TONELAJE DE PORTE BRUTO		1.150	1.450
BANDERA		Argentina	Argentina
PUERTO DE MATRICULA		Buenos Aires	Buenos Aires
Nº DE MATRICULA		2661-F	2624-F
ESLORA	M	50,00	54,80
MANGA	M	11,50	13,55
PUNTAL	M	3,80	3,75
POTENCIA MOTOR DEL ROSARIO	HP	625	600
REV. MOTOR DEL ROSARIO	RPM	1500	750
Nº CANGILONES		53	53
INFERIORES (VACIOS)		31	31
SUPERIORES (LLENOS)		22	22
VOLUMEN DEL CANGILÓN	M3	0,60	0,85
PESO CANGILÓN VACIO	KG	1300	1850
PESO CANGILÓN LLENO	KG	2100	2950
Nº ESLABONES		212	212
INFERIORES		124	124
SUPERIORES		88	88
PESO ESLABON	KG	150	200
Nº PERNO+CHAVETA		53	53
INFERIORES		124	124
SUPERIORES		88	88
PESO PERNO+CHAVETA	KG	40	50
PESO TRAMO SUPERIOR DEL ROSARIO LLENO	KG	62.920	86.900
ALTURA PRIMA SUPERIOR	M	21	25
DISTANCIA ENTRE CANGILONES	M	2,1	2,5
VELOCIDAD DEL ROSARIO	CAN/MIN	20	18
VELOCIDAD DE BORNEO	M/MIN	10	10
AVANCE POR CICLO	M	1,0	1,0
ANGULO DE LA ESCALA	GRD	45,0	40,0
COEFICIENTE DE ESCALA		1,0	0,9
COEFICIENTE DE LLENADO		0,9	0,9
COEFICIENTE DE VACIADO		1,0	1,0

Tabla 6.3 – Características de las dragas 31-C y 32-C

6.8 BARCAZAS

Se denomina barcazas a las embarcaciones de apoyo que se utilizan para recibir el material de dragado por parte de la draga y se ocupan de transportarlo hasta el lugar de descarga. Se utiliza el término “barcaza” pero también se pueden utilizar los términos “gánguil”, “chata”, “chata barrera”, “barcaza tipo split” o “barcaza de casco partido”

Las barcazas tienen capacidades de transporte medida en m³ muy variable encontrando barcazas desde 400 m³ de capacidad hasta 4.000 m³.

Los gánguiles que se utilizan en el Puerto de Buenos Aires son embarcaciones de 65 m de eslora, 12.5 m de manga, 3.5 m de puntal, 2.75 m de calado, una cántara de 675 m³ y que navegan a una velocidad promedio de 14 km/h.

Las barcazas que se utilizan para el transporte del material pueden ser del tipo de casco abierto, denominadas tipo “Split” como las que se muestran en la Figura 6.10



Figura 6.10 – Barcazas tipo Split Puerto Buenos Aires

Como ejemplo de barcazas de fondo partido de grandes dimensiones puede mencionarse las 5 barcazas construidas por JDN denominadas **L'Aigle**, **La Boudeuse**, **L'Etoile**, **Le Guerrier** y **Le Sphinx**. En la Figura 6.11 se muestra una de las barcazas con el casco partido abierto



Figura 6.11 – Vista de la barcaza con el casco partido abierto

Estas barcazas son autopropulsadas y se piensa utilizarlas para el transporte de material dragado por la draga de cortador J.F.J. De Nul, y tienen una capacidad de

3 700 m³ cada una. Estas barcazas fueron construidas en el astillero Tianjin Xinhe Shipyard de China.

En la Tabla 6.3 se indica las principales características de estas barcazas

<i>Principal Particulars</i>			
Hopper Capacity	3,700 m ³	Propulsion Power	2 x 1,850 kW
Deadweight	6,310 ton	Bowthruster Power	550 kW
Length Overall	99.5 m	Speed	13.0 kn
Breadth	19.4 m	Accommodation	10
Draught Loaded	5.85 m	Built In	2005 - 2006 (Le Guerrier and Le Sphinx under construction 2007)

Tabla 6.3 – Características principales barcaza 3,700 m³

6.8.1 Alquiler de barcazas tipo Split

En el mercado internacional se pueden alquilar este tipo de barcazas. Por ejemplo, con la empresa “Macon Charter”, P.O.Box 240, 4460 AE Goes, The Netherlands, tel. +31.(0)113-613100, fax. +31.(0)113-614190, info@shipyarddedonge.nl, www.shipyarddedonge.nl,

Se ofrecen barcazas como la “Little Boy” que tiene las siguientes características – Ver Figura 6.12

Características generales barcaza “Little Boy”

Dimensiones: 72.00 x 16.50 x 5.50 m.

Capacidad de cántara: 2100 m³

Peso específico: 1,8 ton/m³

Clasificación: Bureau Veritas Coastal

Bandera: Holandesa

Máxima altura de ola: 3 m.

Bowthruster: 400 kW

Guinches de amarre: 2 x 15 tons

Esta barcaza puede ser empujada por un remolcador por popa. Tiene un bow thruster de 400 kW lo que permite una maniobra muy fácil de la barcaza



Figura 6.12 – Barcaza “Little Boy”

6.9 CICLO DE DRAGADO

El ciclo de dragado está compuesto por todas las operaciones necesarias para poder mantener la operación de dragado en forma continua. Nos interesa fundamentalmente determinar la duración total del ciclo de dragado. En el caso de la draga de cangilones que tiene una operación continua el ciclo de dragado depende del ciclo de las chatas barreras que se encargan de la disposición del material.

Aplicaremos como caso de estudio datos correspondientes al dragado del interior del Puerto de Buenos Aires. Adoptamos los siguientes datos para la draga:

- Velocidad del rosario: V_R [c/min] 22 c/min
- Capacidad del cangilón C [m³] 0,80
- Coeficiente de llenado de cangilón: c_{ll} 0.70
- Coeficiente de Rendimiento: r 0.85 (tiempos muertos, paso de buques, etc.)

$$P = C * c_{ll} * V_R * 60 \frac{\text{min}}{h} * r$$

$$P = 0.80 \frac{m^3}{c} * 0.70 * 22 \frac{c}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{h} * 0.85$$

$$P \cong 600 \frac{m^3}{h}$$

Quiere saberse cuántos gánguiles son como mínimo necesarios para no interrumpir la operación de la draga.

Para el cálculo se va a considerar los gánguiles que se utilizan en el Puerto de Buenos Aires que como se indicó más arriba tienen una capacidad de cántara de 675 m³ y que navegan a una velocidad promedio de 14 km/h.

La distancia de descarga se encuentra a unos 20 km de la zona de operación.
En función de estos datos calculamos:

- Velocidad de navegación del Ganguil: V_g [km/h] 14 km/h
- Distancia de la zona de descarga: d [km] 20 km
- Tiempo de navegación del Ganguil: t_g [h]

$$t_g = 2 * \frac{d}{V_g}$$

$$t_g = 2 * \frac{20km}{14 \frac{km}{h}}$$

$$t_g = 2h,50min$$

El tiempo de maniobra (amarre y desamarre de la chata a la draga) es del orden de 10 minutos y el de descarga en la zona de refulado se adopta en 5 min.

- Tiempo de maniobra: t_m [h] 0.17 h (10 min)
- Tiempo de descarga en refulado: t_d [h] 0.08 h (5 min)
- Tiempo total de transporte: t_T [h]

$$t_T = t_g + t_m + t_d$$

$$t_T = 2h,50min + 10min + 5min$$

$$t_T = 3h,05min$$

En el cálculo de la producción horaria del gánguil debe contemplarse el esponjamiento del material. Valores correspondientes a los limos que se dragan en el Puerto de Buenos Aires están en el orden de 1.20.

- Capacidad de cántara del ganguil: C_G [m³] 675 m³
- Coeficiente de esponjamiento: δ 1.20
- Producción horaria del gánguil: H [m³/h]

$$H = \frac{C_G * 1}{\delta * t_T}$$

$$H = \frac{C_G * 1}{\delta * t_T}$$

$$H = \frac{675m^3}{1.20} * \frac{1}{3h,05min}$$

$$H \cong 180 \frac{m^3}{h}$$

Considerando el efecto de esponjamiento del material, se calcula el tiempo en que la draga puede completar el gánguil:

- Tiempo para llenado de ganguil: L [h]

$$L = \frac{C_G * 1}{\delta * P}$$

$$L = \frac{675m^3}{1.20} * \frac{1}{600 \frac{m^3}{h}}$$

$$L \cong 55 \text{ min}$$

Se calcula entonces el ciclo completo de la chata barrera

- o Ciclo completo de la chata barrera: Ci [h]

$$Ci = t_r + L$$

$$Ci = 3h,05 \text{ min} + 55 \text{ min}$$

$$Ci = 4h$$

El número mínimo de chatas a emplear se calcula haciendo el cociente entre la producción P de la draga de cangilones y la producción horaria H del gánguil. Para el caso del Puerto de Buenos Aires, donde sólo puede operar una chata por banda por la presencia de muelles, la producción de la draga debe afectarse por un coeficiente que contemple la interrupción del dragado durante el tiempo de amarre y desamarre respecto del tiempo de llenado. Para los valores del ejemplo, ese coeficiente es de aproximadamente 0.85

$$N = \frac{P}{H.c_e}$$

$$N = \frac{600 \frac{m^3}{h}}{180 \frac{m^3}{h} * 0.85}$$

$$N = 4$$

Al número obtenido por el cálculo se le debe adicionar una barcaza que es la necesaria para mantener la continuidad del proceso. La práctica indica que, si la zona de descarga está muy alejada del puerto, conviene tener un gánguil de reserva. Es preferible que éste se encuentre circunstancialmente inactivo a que lo esté la draga.

Con respecto a este aspecto Vlasblom (2004) menciona que puede suceder que el factor limitante sea la provisión de gánguiles. Esta situación puede producirse por una serie de factores entre los que se puede mencionar:

- Aspectos meteorológicos y condiciones de oleaje
- Interferencias causadas por la navegación de buques
- Pasaje a través de puentes y esclusas, en el caso que los hubiere
- Velocidades diferentes entre los gánguiles
- Tamaños diferentes de los gánguiles
- Demoras en la descarga

Claramente, en el caso de una draga de cangilones existe siempre la posibilidad que no haya un gánguil disponible para la carga en algún momento. Los aspectos mencionados precedentemente pueden ser razonablemente estimados en lo que hace a sus valores medios y desviaciones estándar lo que es suficiente para los cálculos en trabajos de poca magnitud e importancia. Sin embargo, para trabajos

de mayor envergadura se recomienda realizar una simulación tipo Monte Carlo para determinar la probabilidad de demoras por falta de gánguiles.

6.10 FACTORES LÍMITES

Las dragas de cangilones pueden operar dentro de las condiciones límites que se especifican a continuación:

Mínima profundidad de agua: La profundidad mínima está limitada por la catenaria que forma el rosario de cangilones. Se estima que la mínima profundidad de agua será del orden de los 5 m

Máxima profundidad de dragado: La profundidad máxima estará determinada por el largo de la escalera y la inclinación que alcance. La profundidad máxima estará en el orden de los 35 m

Máximo ancho de corte (una sola pasada): Estará determinado por el giro y el sistema de anclajes, se estima en el orden de los 150 m

Altura máxima de ola: Dado que la draga está fijada a un sistema elástico de amarres, permite trabajar en presencia de oleaje moderado. Las alturas máximas se estiman del orden de los 1.5 m

Swell máximo: Bajo el mismo criterio, puede definirse un valor de 1 m para el máximo swell.

Corriente de través máxima: Considerando el sistema de fijación elástico mencionado, y el importante peso de la draga, puede estimarse el valor en 2 nudos

Espesor de hielo máximo: 100 mm

Máximo tamaño de piedra: 1500 mm

Fuerza de compresión máxima (roca sana): para el dragado de rocas, pueden colocarse cangilones más pequeños, más pesados y reducir la velocidad del rosario. La máxima fuerza de compresión puede estimarse en 10 MPa.

6.11 EQUIPOS AUXILIARES

Para realizar normalmente la operación de dragado la draga de cangilones requiere de los siguientes equipos auxiliares:

- Se pueden utilizar diferentes cangilones para diferentes materiales. Pueden ser de diferentes tamaños. La draga puede llegar a tener dos tamaños diferentes de cangilones.
- Se utiliza un pontón especial para soportar el cable frontal por encima del nivel del agua.
- Se utilizan distintos tipos de ancla según el tipo de suelo.
- El número, capacidad y tipo de las barcasas se elige en función de los requerimientos del trabajo
- Se utiliza un remolcador para efectuar los movimientos de la draga de un lugar a otro
- Como en todo trabajo de dragado es necesario contar con relevamientos actualizados de las zonas dragadas y de las zonas a dragar por lo que es

necesario contar con una embarcación para efectuar los relevamientos batimétricos.

6.12 MATERIALES QUE DRAGA

La draga de cangilones tiene la capacidad de dragar un amplio rango de materiales como se muestra en la Tabla 6.4

Rocas: En los casos en que se draga roca se puede reemplazar un cangilón cada tres por un sistema de dientes. Cuando se utiliza para dragar materiales duros como arcillas consolidadas o rocas blandas el rosario se modifica y se colocan cangilones más pequeños y más pesados y se reduce la velocidad de la cadena

Cantos rodados: Son adecuadas para materiales compuestos de dimensiones reducidas. Los cantos rodados grandes son empujados a un costado o se traban en la escalera

Gravas: Se dragan con relativa facilidad. El desgaste puede ser muy alto dependiendo de la mineralogía y angularidad de las gravas

Arenas: Dragada bien todo tipo de arenas

Limos: Cuando se dragan limos muy blandos se vuelca mucho material desde los cangilones cuando se realiza la elevación

Arcillas: Las arcillas pegajosas producen problemas al descargar el cangilón.

Debris o basura portuaria: La presencia de cables o cadenas en el fondo interrumpen el dragado.

Tipo de material	Capacidad de dragado
Roca sedimentaria blanda	R
Roca partida	B
Cantos rodados grandes	R
Cantos rodados medianos	B
Gravas	B
Gravas arenosas	B
Arenas	B
Limos	R
Arenas cementadas	B
Arenas arcillosas firmes	B
Arcillas limosas blandas	B
Arcillas limosas firmes	R
Arcillas cohesivas o pegajosas	R
Suelos orgánicos	B
Debris	M

M = Mala

R = Regular

B = Buena

Tabla 6.4 – Capacidad de dragado

La Tabla 6.5 obtenida de la página de IHC muestra la capacidad de la draga de cangilones de dragar distintos tipos de materiales en función del tipo de material y la profundidad de dragado. Asimismo, muestra la aplicabilidad de la draga en función de otros parámetros tales como las condiciones meteorológicas y la logística.

**Classification of soils and rocks
Bucket ladder 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:	
Soil condition	Large number of soil types incl. soft rock
	Sticky clay gives problems with unloading bucket
	Fines can be washed out of the bucket
	Large boulders possible
Seastate and weather	Strongly influenced by waves
	Sensitive for strong current
Site conditions	Nominal dredging depth to 25M. to 50M built for mining projects
	Good selectivity and accuracy
Logistics	Transport by barges or floating belt conveyor; latter can hinder ship traffic
	Wires can do the same
Production processing	Production depending on bucket volume and chain speed
	Material relatively "dry" and flow continuous
	Suitable to feed treatment plant
Other	New type of chain causes less noise and less energy

Tabla 6.5 – Aptitud de dragado

6.11 CAMPOS DE APLICACION

Zonas interiores de puertos: La draga de cangilones se utiliza principalmente para el dragado de las zonas interiores de puertos o zonas aledañas. Su sistema de fijación y anclajes, y la precisión en el dragado (uniformidad) hacen que esta draga sea apta para este tipo de trabajos.

Explotaciones mineras: Es apta para trabajos de minería (extracción de áridos, destapes, etc.). Es una aplicación muy utilizada para este tipo de dragas. Su forma de operación y la poca dilución del material hacen efectiva la tarea. Para estos casos, la profundidad de dragado puede ser extendida hasta los 50 m.

Proyectos con poca profundidad inicial: Las dragas de cangilones pueden utilizarse con ciertas ventajas cuando la profundidad inicial es muy pequeña para permitir el

ingreso de dragas de succión por arrastre y la distancia de refulado es demasiado grande para permitir el transporte por tuberías.

Proyectos con poco espesor de dragado: El dragado en zonas de donde el espesor total de dragado es pequeño no es ciertamente el punto más fuerte de las dragas de cangilones.

Proyectos ambientales: Los proyectos ambientales requieren que el material se drague con la densidad in situ por lo que la draga de cangilones es una buena candidata para este tipo de tareas.

Dragados de precisión (accurate dredging): La draga de cangilones se utiliza frecuentemente en proyectos de dragado que tienen como requisito fundamental la precisión del dragado tales como el corte final o la pasada de limpieza de trincheras para el tendido de tuberías.

6.12.1 Ejemplo de dragado en el Puerto de Buenos Aires – Terminales Río de la Plata

En el marco de la obra de rectificación del frente del 3er Espigón, llevada a cabo por Terminales Río de la Plata S.A. con el apoyo de la Administración General de Puertos S.E., en Junio 2011 la Draga 37-C realizó las tareas de profundización y remoción de escombros, provenientes de la demolición del antiguo contorno del muelle ejecutada a través de explosivos.

Dicha demolición generó restos de gran tamaño provenientes del muro de gravedad y su interior de hormigón pobre, que se dispersaron sobre el lecho.

Si bien las tareas remiten carácter excepcional, se exponen algunas fotografías que ponen de manifiesto el amplio campo de aplicación de la draga y el ímpetu de su tripulación.



Figura 6.13 – Bloque de grandes dimensiones



Figura 6.14 – Bloque de hormigón dragado



Figura 6.15 – Cangilones llenos de material

6.13 BIBLIOGRAFÍA

Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., (1997) “Dredging, a handbook for engineers”, Second edition, John Wiley and Sons – Chapter 7 pp155-239

Bray, R.N., (1998) “A Review of the past and a look to the future”, Terra et Aqua Issue Nr. 70 March 98

Bray, R.N., (2008) “Environmental aspects of dredging” - Taylor and Francis - Chapter 6, pp 140-142

De Vincenzi, M. (2014) “Desempeño de las dragas de Rosario de cangilones en el Puerto de Buenos Aires y perspectivas para el futuro” VIII Congreso de Ingeniería Portuaria – AADIP – 2014

Dredgers of the World, Oil Publications Limited

En esta publicación que se reedita periódicamente se da información de las dragas de cangilones que existen en actividad en el mundo con sus características constructivas y empresa dragadora a la que pertenece

Vlasblom, W. J. (2004) “Designing Dredging Equipment” Chapter 6 – The bucket dredger – 25 pp – TUDelft . Los capítulos del Prof. Ir. Vlasblom pueden descargarse de la página de IADC

www.ihcholland.com En esta página se puede consultar una tabla donde se indican las condiciones de funcionamiento de una draga de cangilones 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.