

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

DISEÑO E INGENIERÍA DE DRAGA DE PRODUCCIÓN NACIONAL PARA EL LITORAL

BIAVA, Juan Ignacio – LU: 1080622

Ingeniería Electromecánica

Tutor:

Gatti, Juan Bautista - Termoin S.A.

Co-Tutor:

Zambrano, Daniel - UADE

Colaborador/es:

Cambria, Gustavo - UADE

2019



UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Resumen

El desarrollo de estas plataformas y su implementación, surge como tema de gran importancia en nuestro país, dadas las características y amplitud del litoral argentino, donde el transporte de sedimentos es constante. Las dragas de sedimento son fundamentales para la manutención de las vías navegables y puertos, vitales para el comercio y la práctica deportiva.

El propósito de este trabajo es investigar y entregar todos los aspectos técnicos de diseño e implementación, con el fin de ser una guía en el desarrollo de una plataforma de trabajo de naturaleza similar al de maquinaria utilizada en grandes proyectos alrededor del mundo.

Abstract

The development of platforms and implementation, arises as a subject of great importance in our country, given the characteristics and breadth of the Argentine coastline, where the transport of sediments is constant. Sediment dredges are essential for the maintenance of waterways and ports, vital for trade and sports practice.

The purpose of this work is to investigate and deliver all the technical aspects of design and implementation, in order to be a guide in the development of a work platform similar to the machinery used in large projects around the world.

Contenidos

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	6
2.1. HISTORIA.....	6
2.2. IMPLEMENTACIÓN EN LA ARGENTINA	8
2.3. TIPOS DE DRAGAS.....	10
2.3.1. <i>Dragas Mecánicas</i>	11
2.3.2. <i>Draga de Rosario de Cangilones (Bucket Ladder Dredge)</i>	11
2.3.3. <i>Draga Cuchara de Almeja (Grab or Clamshell Dredge)</i>	15
2.3.4. <i>Draga de Retroexcavadora (BHD)</i>	18
2.3.5. <i>Draga de Pala Frontal (Dipper)</i>	20
2.3.6. <i>Dragas Hidráulicas</i>	20
2.3.7. <i>Draga de Succión Estacionaria (Suction Dredge)</i>	21
2.3.8. <i>Draga Dustpan</i>	22
2.3.10. <i>Draga de Succión por Arrastre (TSHD)</i>	24
2.3.11. <i>Draga de Succión con Cortador (CSD)</i>	27
2.3.12. <i>Hidrodinámicas</i>	30
3. DESCRIPCIÓN	31
3.1. INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	31
3.2. <i>Relevamientos Batimétricos</i>	31
3.3. <i>Restos Náufragos</i>	32
3.4. <i>Obstrucciones</i>	32
3.5. <i>Basura Portuaria</i>	32

3.6.	<i>Equipos necesarios</i>	32
3.7.	<i>Datos Hidrodinámicos</i>	33
3.8.	<i>Datos Meteorológicos</i>	33
3.9.	<i>Aspecto reglamentario y legal</i>	33
3.10.	INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS.....	34
3.11.	ASPECTOS AMBIENTALES.....	36
3.11.1.	<i>Usos beneficiosos de los materiales dragados</i>	40
4.	DESARROLLO	41
4.1.	SISTEMA DE BOMBEO	42
4.2.	CABEZAL CORTADOR	44
4.3.	TUBERÍAS DE DESCARGA	44
4.4.	SISTEMA HIDRÁULICO.....	45
4.5.	CHIGRE DE AVANCE.....	51
4.6.	VÁLVULAS.....	53
4.7.	ELECCIÓN DE LA MOTORIZACIÓN.....	54
4.8.	DISEÑO DE LA BARCAZA	55
4.9.	MEDICIÓN DEL VOLUMEN DRAGADO DE SÓLIDOS	55
4.10.	PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA FABRICACIÓN	56
4.11.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES	58
5.	BIBLIOGRAFÍA	59

1. Introducción

El presente trabajo tiene por fin la integración de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera, generando el diseño e implementación de una draga de succión de cortador horizontal, demostrando la ingeniería y el perfeccionamiento que se puede lograr en este tipo de tecnologías.

El dragado de los ríos y las vías navegables ha sido siempre un punto clave en zonas costeras, puertos de aguas seguras, canales, zonas de elevado tránsito marítimo, como también es buscado en operaciones de elevación de las cotas en tierras próximas a la costa o la creación de nuevos terrenos. Sin estos trabajos hoy no se podría hablar de obras de gran importancia como resulta la construcción del Canal de Suez o la isla palmera en los Emiratos Árabes, pero aún más importante resulta de importancia para el desarrollo humano y económico, dado que mucha de la infraestructura sobre la cual se desarrolla la economía mundial se ha hecho posible seguramente gracias al dragado. Un ejemplo característico son los cableados que interconectan tanto de energía como información, los cuales viajan enterrados en el suelo marino para su protección, y es necesario dragar una trinchera para luego colocar estos cableados en ellas. En ciertos casos se busca como finalidad, liberar secciones portuarias o ríos de materiales contaminantes, usualmente hallados en cuencas de mucha actividad industrial, los cuales pueden ser removidos para evitar de afectar al medio ambiente circundante.

La economía mundial descansa sobre las bases del comercio, en el cual interviene directamente la rentabilidad, lo que conlleva a que buques de mayor tamaño empiecen a ser tendencia. En estos términos, los puertos alrededor del mundo se están expandiendo y requieren de un constante mantenimiento en sus accesos, y asimismo las cuencas ribereñas. También la industria de la construcción depende fuertemente de los suministros de arena y arcilla, donde también se pueden incluirse los trabajos de recuperación de tierras y protección costera, los cuales toman un rol central en tiempos donde las tormentas y el nivel de los mares se están incrementando. Existe demanda de obras de dragado en escala mayor como también para tareas de mantenimiento, y el dragado vive en todos lados, siendo un mundo de oportunidades.

2. Antecedentes

2.1. Historia

Desde los comienzos de la civilización, personas, commodities, equipamiento y materiales han sido transportados por agua, alrededor del mundo. Esta capacidad de transporte en vías navegables interiores y oceánicas, era y aún es, exclusivamente dependiente de la profundidad. Dado el fenómeno natural de la sedimentación, el cual siempre amenaza la profundidad de navegación de los ríos y los deltas, las personas se enfocaron en librar la batalla, durante mucho tiempo a mano, de retirar el limo y la arena de los lechos.

Durante el siglo XV el comercio marítimo cobró mucha importancia, mientras los puertos se volvieron más importantes y los barcos aumentaron sus tamaños, los métodos de dragado fueron asimismo evolucionando.

Alrededor de 1575, los molinos de barro entraron en escena, principalmente usados en puertos, consistían en una cadena, la cual rotaba un molino construido de tablas de madera, para excavar en el lodo. En un comienzo eran propulsados por hombres o caballos, para luego abrirle paso a la máquina a vapor, la cual se impuso promediando el siglo XIX. La draga propulsada a vapor del tipo rosario de cangilones, superó en productividad, pero esos primeros ejemplos no eran muy confiables. Para aquellos tiempos, fueron utilizadas en la construcción del Canal de Suez, logrando uno de los mayores hitos de la ingeniería mundial.



Ilustración 1: Canal de Suez, Egipto

No fue hasta 1857 que se construyó en los Estados Unidos una draga de succión llamada “General Moultrie”, la cual estaba equipada con una única cañería de succión de 47 centímetros de diámetro, que movía el sedimento mediante una bomba centrífuga situada en cubierta, fue puesta a trabajar en el río Charleston hasta su hundimiento al año siguiente.

Durante los años se fue evolucionando en el desarrollo de estos equipos, en grandes obras alrededor del mundo, así también, dragas de succión diseñadas por el ingeniero francés Henri-Emile Bazin fueron utilizadas a la par de las dragas de cangilones en el Canal de Suez. A partir de este punto y hacia principios del 1900, las dragas de succión se volvieron mucho más populares, evolucionando hacia las dragas de succión con un cabezal rotante para dispersar sedimentos más compactos que previamente eran muy difíciles de trabajar.

La empresa Ellicott Dredges en Estados Unidos, que por el 1827 era reconocida en la época por sus “Mud Machines”, utilizadas para el dragado de su propia terminal portuaria, las cuales fueron las primeras dragas impulsadas a vapor del país, y utilizadas en el dragado luego del puerto de Baltimore. Prontamente, esta misma empresa sería la responsable de las dragas de succión que fueron utilizadas en la construcción del Canal de Panamá y siguen en operación al día de hoy. La primera entregada fue de 900 HP y 20 pulgadas de diámetro en su cañería de succión, y en 1941 comenzó las operaciones “Mindi” de 10.000 HP, la cual también fue utilizada en la ampliación del Canal de Panamá finalizada en 2017.



Ilustración 2: "Mindi" en operaciones durante la ampliación del canal

Sin duda la manutención y el constante trabajo brindado por estas máquinas, impulsó muchos avances en la civilización, facilitando el intercambio comercial de bienes y materias primas en gran escala, siendo un eslabón clave en la globalización.

A medida que la industria creció, hoy en día para manutención de puertos de porte, se utilizan dragas de succión de arrastre, las cuales son capaces de almacenar el sedimento para descargarlo lejos de las vías navegables, y operar sin la necesidad de interrumpir el tránsito diario de este tipo de instalaciones.



Ilustración 3: Puerto de Rotterdam, ampliaciones en el año 2000

2.2. Implementación en la Argentina

Dada la geografía del país, se han presentado en varias oportunidades las necesidades de cambiar las vías o aumentar las profundidades permitiendo el arribo de embarcaciones de mayor porte, como también aportando a la seguridad de la navegación. Actualmente, se contrata mediante licitación, el dragado de los ríos, como el mantenimiento de puertos, a empresas extranjeras con equipamiento de vanguardia que actualmente el Estado no posee, siendo estas contratistas de origen chino, holandés o belga.

No siempre se utilizó este tipo de prácticas, siendo centralizado en su momento, en el Ministerio de Obras Públicas, al servicio de la Secretaria de Intereses Marítimos. El más reciente se trata del “Plan Argentina”, el cual constaba de una serie de dragas y otros artefactos planificados durante los años 1976-1981. Este plan brindaba al país de cuatro dragas del tipo

rosario de cangilones de 800 m³/h con una profundidad de dragado de 21,3 metros, dos dragas de succión del tipo dustpan autopropulsadas de 2500 m³/h con una profundidad de dragado de 14,6 metros, y una draga de succión con cortador de 6400 m³/h con con una profundidad de dragado de 21,3 metros. Además, se dispuso de un dique flotante, una estación flotante, una grúa flotante de 10 toneladas, y tres dragas auxiliares de 17 toneladas.

Durante muchos años las dragas “Río Negro” del tipo rosario de cangilones (obtenida en este plan) junto a la “Tucumán” fabricada en el país fueron las encargadas del mantenimiento y obras de ampliación del Puerto de Buenos Aires hasta años muy recientes. Actualmente las dragas “Corrientes” del tipo dustpan, y “Chaco” del tipo rosario de cangilones se encuentran en estado de abandono en el Puerto de Rosario, donde brindaron servicio, como también en el litoral.



Ilustración 4: Draga "Chaco" junto a sus gánguiles en T.P.Rosario.

2.3. Tipos de Dragas

En el curso de la historia se desarrollaron distintos tipos de dragas, con limitaciones, productividades, y propósitos distintos, pero muchas veces se las puede utilizar para trabajar en conjunto. El factor principal a la hora de la distinción es el tipo de lecho marino o fluvial que deseamos extraer, teniendo en cuenta la dureza y composición, como también el volumen que se requiere extraer. No solamente el dragado comprende la extracción del lecho hacia la superficie, ya que resulta asimismo necesario el transporte y vertido de estos sedimentos en otra ubicación para lo cual se equipan a los buques con distintos tipos de cántaras o depósitos.

Se pueden distinguir distintos tipos de dragas de acuerdo con su principio de funcionamiento, en el que se dividen en mecánicas o hidráulicas, logrando luego en algunos casos, una combinación de estos métodos. También existen otros métodos de naturaleza más primitiva, que requieren de un remolcador para arrastrar sobre el lecho un artefacto que logra una superficie más homogénea en casos de lecho arenoso o donde se acumula limo.

Se puede crear la siguiente clasificación:

- Dragas Mecánicas
 - Rosario de Cangilones
 - Cuchara de Almeja
 - Pala
 - Frontal
 - Retroexcavadora
- Hidráulicas
 - Succión Simple Estacionaria
 - Dustpan
- Combinadas
 - Succión por Arrastre
 - Succión con Cortador
- Hidrodinámicas

2.3.1. Dragas Mecánicas

Esta denominación se aplica a las cuales utilizan o aplican equipos o medios exclusivamente mecánicos para la excavación y extracción de material. Su utilización es recomendada para trabajos en zonas confinadas, pudiendo lidiar con materiales sueltos y pesados fácilmente, aunque son utilizadas bajo todo tipo de suelos. Su rendimiento suele ser menor al de las dragas hidráulicas en zonas fangosas, ya que el trabajo es discontinuo y suele tener una terminación menos uniforme del lecho, pero se destacan en que la dilución del material no es muy significativa y por lo tanto se pueden alcanzar cargas altas en las barcasas sin mucho vuelco.

2.3.2. Draga de Rosario de Cangilones (Bucket Ladder Dredge)



Ilustración 5: Draga de Rosario de Cangilones con brazo de succión adicional

La draga de rosario de cangilones consiste en un rosario sin fin de cubetas o cangilones que se desplazan sobre una plataforma inclinada de gran rigidez denominada escala o escalera, la cual soporta el peso de los cangilones cargados, instalada sobre un pontón. Las cubetas se encuentran vinculadas por pernos y eslabones que se desplazan en conjunto sobre los rolos fijos a la estructura, las cuales se encargan de retirar el material del fondo, subirlo por sobre el nivel del agua y al llegar cargadas de material a la parte superior de la escalera, quedan invertidas descargando el material por gravedad en planos de descarga que lo guían hacia barcasas abarloadas a los laterales de la draga. Esta forma de dragado logra una buena precisión ya que

el borde de los cangilones sucesivos pasa a una misma profundidad mientras se mantiene la posición de la escalera con respecto al pontón, beneficiándose también de ser un proceso de dragado continuo. No resulta ser susceptible a materiales de distinto tipo u encontrarse con canto rodado, pero puede ser perjudicada al encontrarse con cables o cadenas. Este tipo de dragas fue utilizado en el Puerto de Buenos Aires por muchos años.

Dada la poca dilución del material y su forma de operación este tipo de dragas es muy utilizada en minería, siendo el vehículo de la obtención de minerales preciosos. Durante muchos años se han utilizado dragas de gran tamaño en la “fiebre del oro”, y aún hoy se utilizan en ciertos lugares del mundo.

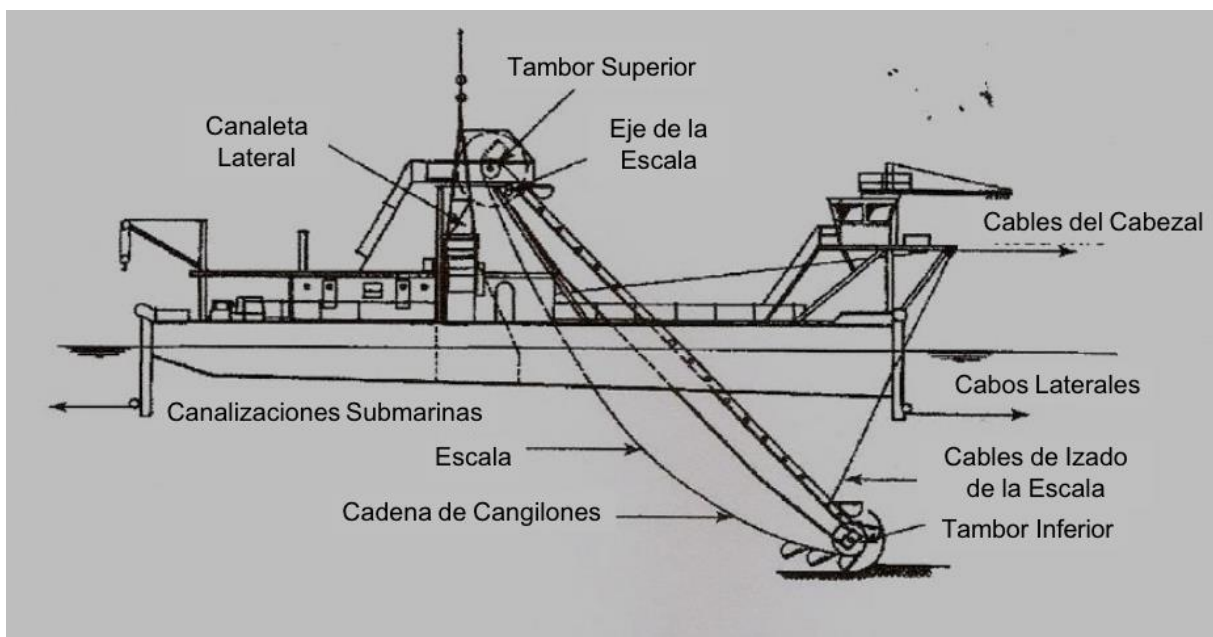


Ilustración 6: Esquema lateral de draga de cangilones

Los cangilones se elaboran en hierro fundido, con bordes de ataque diseñados especialmente para el terreno al cual van a ser sometidos y con gran resistencia a la abrasión, existe el caso especial que de haber mucha roca a dragar se intercambie uno de cada 3 cangilones por un sistema de dientes. Existen desde los 120 a los 1200 litros de capacidad, aunque se reconoce que en los últimos años sólo se mantienen trabajando las de mayores a 800 litros. Dentro del mantenimiento del barco, se encuentran en primera orden, ya que resulta

fundamental para el corte del suelo y su elevación. Esta “cadena” de cangilones es movida por dos primas a los extremos de la estructura guía, siendo el superior el cual realiza el esfuerzo, y usualmente es de menor diámetro provocando un movimiento fuerte que favorece el vertido del material, el inferior al ser más amplio mejora la longitud del corte. El pontón o embarcación tiene una escotadura rectangular para permitir descender la estructura guía de los cangilones, y también dos casillajes o estructuras, utilizadas para contener el prisma alto y su sistema impulsor, y la otra maneja la altura de la guía, modificando la profundidad de dragado.

Esta draga opera a través del corte del terreno con los cangilones, los cuales son bajados a la profundidad deseada. Lo importante es vencer la resistencia que le ofrece el terreno a los cangilones, por lo que es necesario una fijación que se logra mediante un chigre que acciona un cable que se denomina “avance”, fondeado mediante un ancla a una distancia prudente por delante del pontón. Para continuar con el corte, la draga debe desplazarse lateralmente, poniendo material al alcance de los cangilones de forma constante.

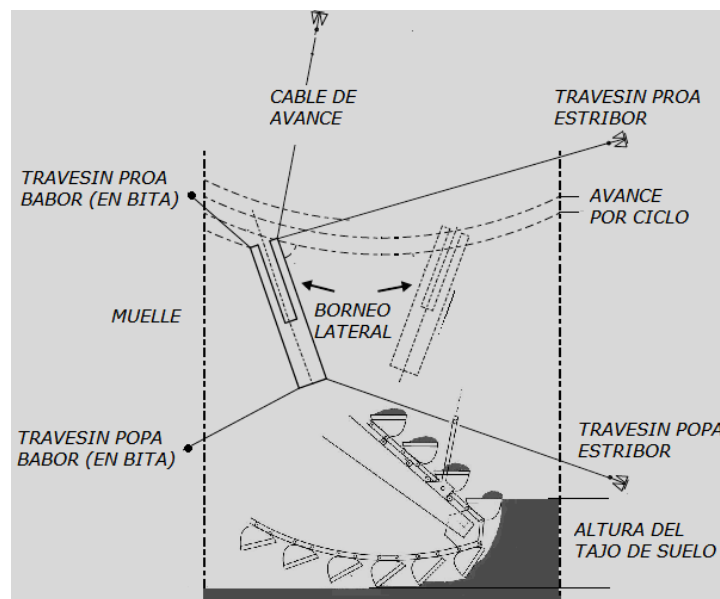


Ilustración 7: Esquema de amarre

Para lograr el movimiento lateral se dispone de cuatro chigres que accionan cables denominados “travesines”, situados dos por banda a proa y popa, estos al igual que el “avance”, se suelen fondear por medio de anclas. Este movimiento lateral o “borneo” se consigue cobrando los travesines de una banda y simultáneamente soltando los de la banda opuesta.

Puede suceder que se trabaje abarloada a un muelle, y en este caso se puede amarrar los travesines a las bitas de este, siendo esta la forma en la cual trabajaban las dragas dentro de las dársenas del Puerto de Buenos Aires.

El ancho de la franja sobre la que se trabaja es de normalmente determinada por la distancia a la cual se pueden fondear los travesines y el avance, de no existir una restricción se opera en franjas de 60 a 100 metros.

Este tipo de dragas no está preparado para trabajar bajo condiciones hidrometeorológicas adversas. En el caso que sea necesario se puede fondear otro cable llamado “retenida de popa”, usado más que nada en zonas donde la marea genera corrientes cíclicas que pueden dificultar la maniobra de esta. Este sistema de anclado y maniobra puede generar inconvenientes a la navegación de otras embarcaciones, por lo que debe ser meticulosamente planificado el momento de utilización de las mismas en áreas concurridas.

No queda de lado en este tipo de dragas mencionar que no suelen construirse siendo capaces de almacenar en sí el sedimento recolectado, por lo que dependen de varios gánguiles durante su operación. El gánguil es una embarcación especial para cargar material a granel en su cántara, con la posibilidad de abrir este compartimiento para descargar su contenido cuando sea deseado.



Ilustración 8: Gánguil descargando material

A este tipo de embarcaciones, igual que a otras, las cuales reciben el material dragado se las llama barcazas, miden su capacidad de traslado en metros cúbicos, y existen desde los 400 a los 4000 m³.

2.3.3. Draga Cuchara de Almeja (Grab or Clamshell Dredge)



Ilustración 9: Draga de cuchara de almejas "GD-1601", Hong Kong

Estas dragas constan de una grúa que moviliza una cuchara de valvas, la cual es la encargada de realizar la excavación. Dicha grúa se puede situar en un pontón, o montarse en un gánguil, tratándose en este caso de una draga autopropulsada. Suelen ser utilizadas en trabajos localizados y de poco volumen, con profundidades de trabajo de entre 1 y 40 metros para trabajos comunes. La terminación que dejan estas dragas en el suelo es muy irregular, en muchos casos obligando a dragar mayor volumen para evitar puntos altos, siendo el mayor inconveniente de este sistema la pérdida de material que se produce en el izado de la cuchara, mayormente si se está operando sobre un material fino.

Se suelen platear sobre pontones rectangulares o con extremos semicirculares, donde su sistema de amarre puede variar, siendo mediante cables de manera similar a la draga de cangilones, o también mediante puntales o “spuds”. Estos puntales se enclavan en el lecho, y ayudan a la estabilidad del pontón cuando se encuentra en operación. Puede darse el caso en el

que se utilizan más de una grúa por pontón, se benefician del poco calado de los pontones para lograr trabajos en áreas de poca profundidad, asimismo en trabajos localizados de mantenimiento en ciertas instalaciones marítimas donde se encuentra con mucha basura y desechos portuarios, resultan ser un recurso óptimo.

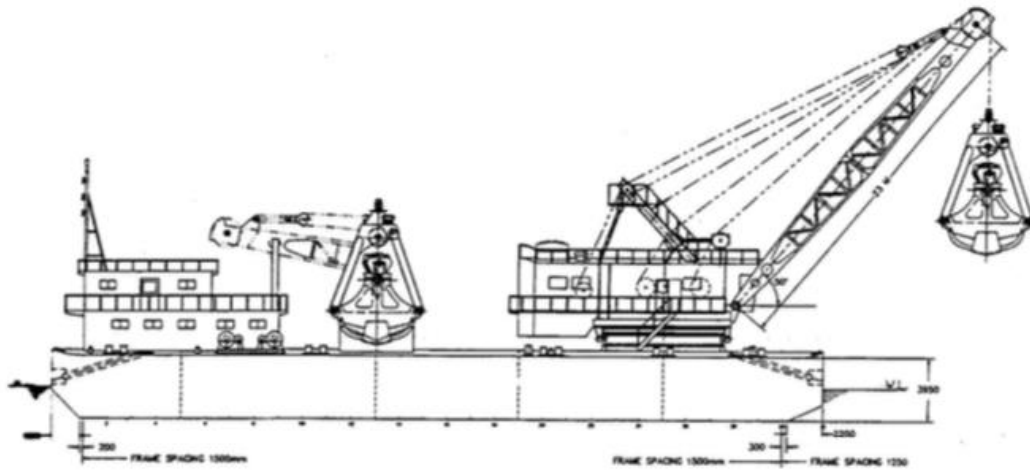


Ilustración 10: Vista en corte de GD-1601

Se opera descendiendo la cuchara abierta hasta el suelo con la suficiente inercia como para lograr penetrar en el terreno, para luego cerrar las cucharas y elevar la carga mientras va girando la grúa, para luego descargar la carga en la cántara del gánguil. Es fundamental tener en cuenta la resistencia del terreno a dragar para permitir la operación de las cucharas, como también es posible el cambio de éstas teniendo en cuenta las características el terreno a dragar. Se utilizan cucharas de dos valvas con bordes planos en los casos de arcillas blandas y fangos, para arenas, arcillas o gravas, se forman bordes solapados con pequeños dientes y en el caso de piedra previamente quebrada o espaciada se utilizan cucharas más pesadas con menor capacidad de carga. Para el caso extremo de rocas, escolleras u otros elementos especiales, se usan cucharas de varios brazos o pinzas. El tamaño de las cucharas puede llegar a albergar hasta 200 m³ de material, como es el caso de la draga “Tosho”, la cual es la de mayor tamaño en este tipo.

Existen operaciones especiales en la cual se ensambla una cuchara especial en conjunto con un ROV (Remote Operated Vehicle), utilizado en la industria del petróleo, donde se encuentra la presencia de icebergs y es necesario proteger las perforaciones por debajo del lecho marino (alrededor de 9 metros). Mediante este dispositivo se logran “Glory Holes” a

profundidades rondando los 120 metros bajo el nivel del mar, quitando material para depositarlo en las proximidades de la excavación.

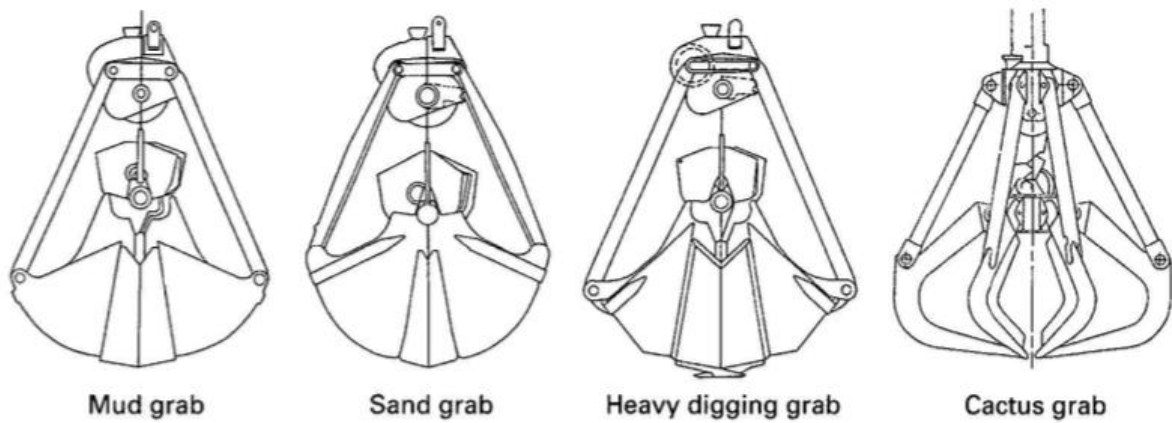


Ilustración 11: Distintos tipos de cucharas

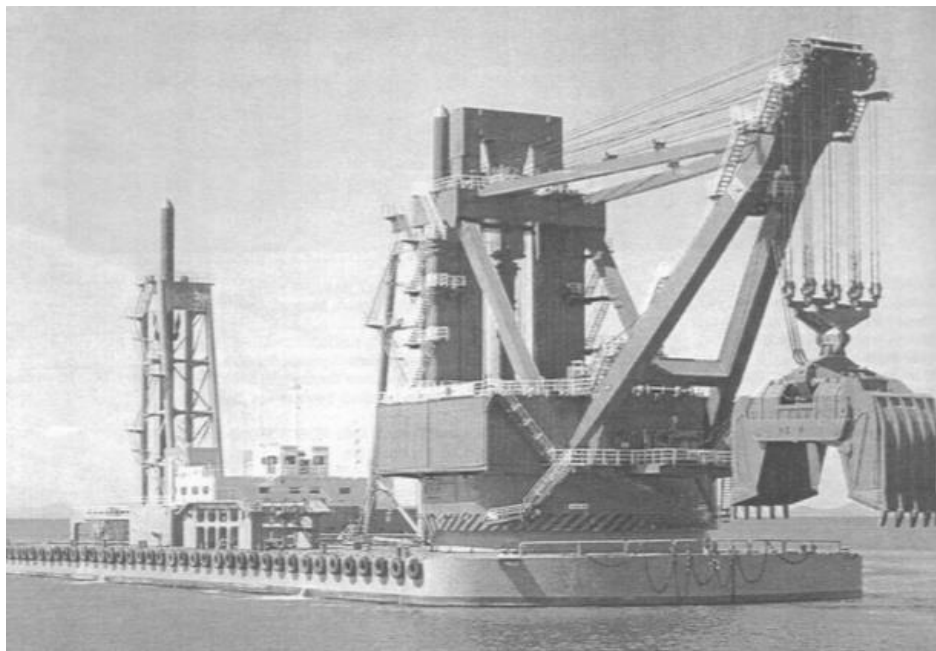


Ilustración 12: Imagen de la draga "Tosho", a observar el tamaño de su cuchara y pilón de amarre

2.3.4. Draga de Retroexcavadora (BHD)



Ilustración 13: Draga tipo retroexcavadora, ilustración de trabajo (BJN Dredges)

Es un equipo desarrollado a partir de la retroexcavadora terrestre, que se encuentra en constante aumento en número de ejemplares, trayendo aparejada las ventajas y desventajas de esta. Se fija de forma segura en un pedestal sobre un pontón o barcaza, de manera de resistir las fuerzas durante la excavación. Suele contar con tres pilones para fijar la posición y poder elevar ligeramente la plataforma del nivel de agua. Existen marcas que proveen estos equipos a la par de sus equipos terrestres, por lo que se benefician de la disponibilidad de repuestos y partes. En inglés se la denomina “backhoe dredge”, lo que implica las siglas BHD.

Se las puede encontrar de variados tamaños, siendo los elementos más relevantes, la profundidad posible de dragado, y la capacidad de la pala, que se puede encontrar entre 1 y 20 metros cúbicos, aunque existen ejemplos de hasta 40 m³. También el tamaño del balde estará condicionado por las características del material a dragar y su profundidad, utilizándose palas de menor tamaño en materiales más duros a más profundidad.

Este tipo de dragas tiene la ventaja de trabajar sobre cualquier tipo de material, aunque este contenga cantos rodados y elementos de descarte, tiene un control preciso de la profundidad si el operador es experimentado o posee un sistema de monitoreo y un ciclo más veloz comparado con la draga de cucharas. Debe poder trabajar con olas de alrededor de metro y

medio, y con corrientes al través de 3 nudos. Son ideales para trabajos de limpieza en zonas portuarias debido a los desperdicios que se encuentran.

Sus principales problemas nacen que cuentan con un equipo compacto y expuesto a las condiciones ambientales marinas que deterioran con velocidad el sistema hidráulico, incluyéndose la cavitación provocada por las partículas de aire y humedad que, al poseer tanques pequeños y una humedad ambiente elevada, no logra escapar dañando las bombas y los pistones. La alta temperatura de aceite, superando los 60 – 70 grados centígrados disminuye la vida útil del aceite y todos los componentes del sistema, pero debido al reducido tamaño de la instalación y los shocks que se producen durante el dragado, los radiadores de aceite de ven afectados.



Ilustración 14: Draga "Big Boss" descargando material en barcaza

2.3.5. Draga de Pala Frontal (Dipper)



Ilustración 15: Draga de pala frontal en operación

Son derivadas directamente de los equipos utilizados en minería, siendo más antiguas que las palas retroexcavadoras, aunque compartiendo muchas de sus bondades y defectos, constando como diferencia principal la orientación de la pala y el diseño del brazo que la sostiene. Pueden ser accionadas por cables, o hidráulicamente como en ejemplos más modernos, siendo las primeras las capaces de dragar a mayor profundidad, pero a mayores costos de mantenimiento e instalación.

2.3.6. Dragas Hidráulicas

Como principal característica se encuentra en estas dragas una bomba de succión, que mediante distintos equipos disgrega el terreno, para luego sea absorbido por la corriente generada por la anterior, su principal diferencia con las dragas mecánicas se encuentra en el proceso de dragado continuo, y en contraparte, esto obliga a diluir el sedimento obteniendo menor densidad en el volumen desplazado. Resultan el método más útil cuando se tratan de terrenos formados por sedimentos sueltos, arenas, arcillas blandas o gravas.

2.3.7. Draga de Succión Estacionaria (Suction Dredge)



Ilustración 16: Draga de succión autopropulsada con cántara

Son las dragas de succión más antiguas, actuando simplemente por la corriente generada por la bomba principal y son usadas para la recolección de materiales de construcción, tanto arenas como arcillas. Se mantienen estacionarias mientras están en operación, hasta que llenan su cántara, para luego descargar el material para su utilización. Luego de operar deja la zona dragada con la forma de un cono invertido por lo que no se usa para el mantenimiento de canales. Puede también conectarse la impulsión de la bomba a cañerías de descarga, para lograr rellenos en playas o terrenos donde se encuentra arena próxima. Son muy utilizadas en el litoral argentino, el cual es un gran proveedor de materiales del tipo sedimentarios.

2.3.8. Draga Dustpan

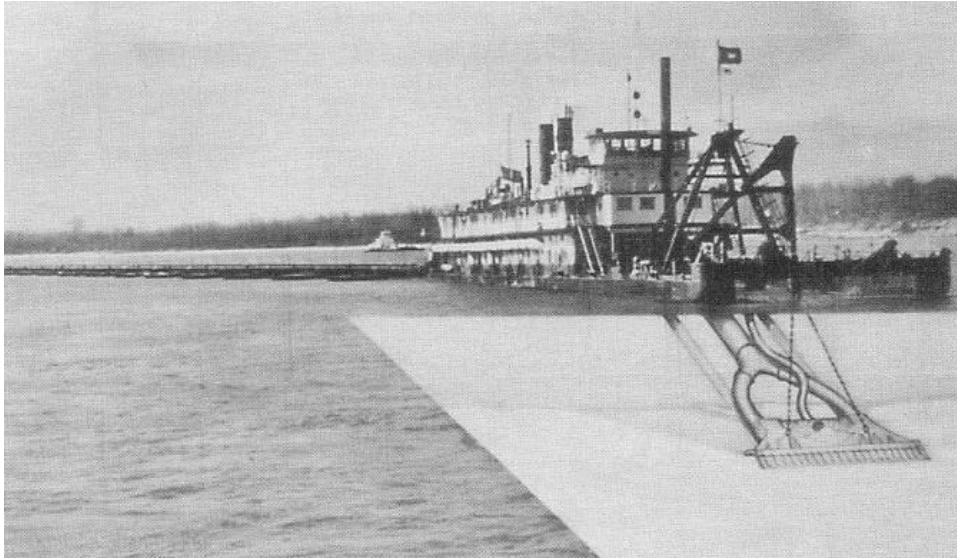


Ilustración 17: Draga Dustpan, esquema de trabajo

Se basa en el concepto de la draga de succión estacionaria, con funcionamiento similar al de una aspiradora, y de ahí su nombre. Muy utilizada en los Estados Unidos para el dragado del río Mississippi, para la remoción de limos y suelos granulares finos. Fue también utilizada en Argentina para el dragado del Paraná inferior y medio, aunque hoy ha perdido su utilidad frente a dragas más modernas. Planteada sobre un pontón, posee un cabezal del ancho de este, que incorpora toberas para difundir corrientes de agua de gran velocidad que ayudan a fluidificar el material, pero no equipa elementos mecánicos de corte. Dicho cabezal es elevado por unos chigres, y la draga al no tener propulsión propia se maneja con chigres y anclas en la zona a dragar. Realiza la aspiración mediante bombas, y descarga el material mediante cañerías flotantes hasta una distancia de 300 metros, fuera del canal de navegación o en zonas donde la corriente tiene la capacidad de transporte suficiente. Es capaz de dragar 1,5 a 20 metros de profundidad, con la posibilidad de trabajar sobre áreas muy grandes removiendo espesores pequeños, y trabajar en el cauce del río con corrientes de hasta 3 nudos, pero no al través. Podrá usarse para recolectar materiales de construcción y para el relleno de albardones.

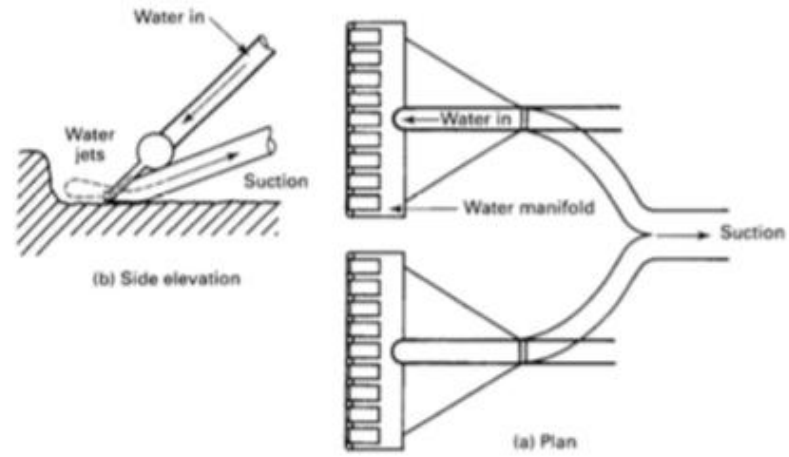


Ilustración 18: Cabezal de succión

2.3.10. Draga de Succión por Arrastre (TSHD)

TSHD EQUIPMENT

- 1 Draghead
- 2 Suction pipe
- 3 Gantry
- 4 Swell compensator
- 5 Onboard pump
- 6 Submerged pump
- 7 Onboard hose
- 8 Dredge valve
- 9 Onboard pipeline
- 10 Bottom door
- 11 Overflow
- 12 Bow coupling
- 13 Floating hose

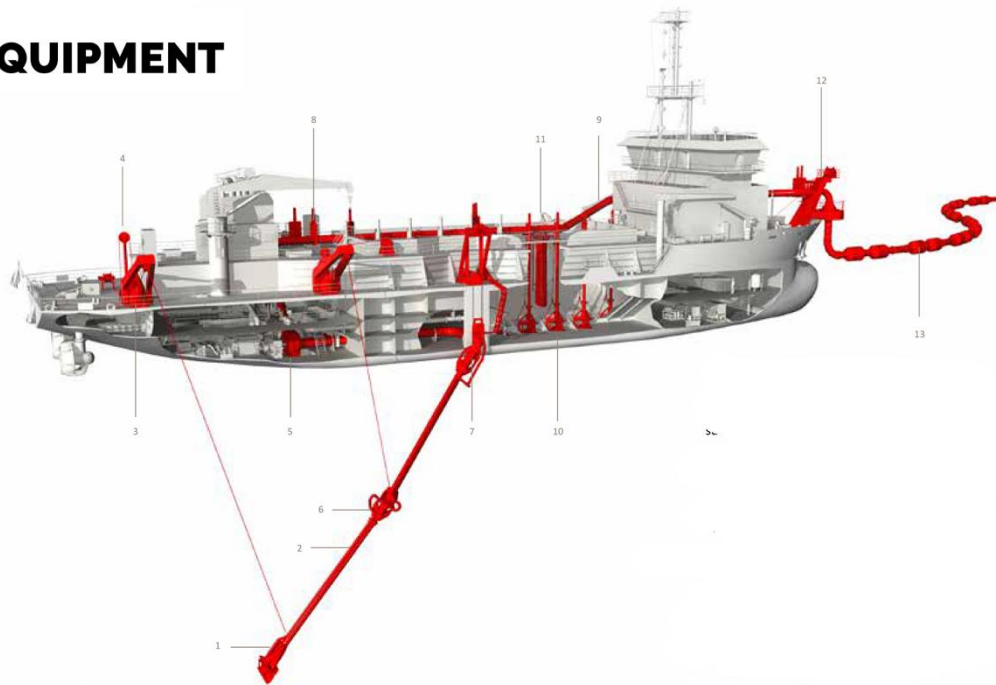


Ilustración 19: Draga de succión por arrastre

Las dragas de succión por arrastre o “TSHD” por sus siglas en inglés, son las dragas más populares en la actualidad dadas sus bondades y multiplicidad de usos. Es un barco con capacidad de navegar en mar abierto, que almacena el material dragado en sí, ya que posee cántara y es capaz de transportar el material hasta donde se desee ser descargado. Realiza sus operaciones mientras se desplaza como un barco normal mediante sus dos hélices, con una hélice a proa para mejorar su maniobrabilidad. Es un barco mucho más costoso que sus contrapartes mercantes, debido a que navega descargado la mitad del tiempo, y se debe tener en consideración que también debe poder navegar en aguas de poca profundidad para realizar sus tareas, lo que sumado a sus equipos de a bordo implica muchos desafíos para la ingeniería naval.

Entre el equipamiento principal de estos barcos se puede encontrar el cabezal de dragado, los tubos de aspiración, las bombas de dragado, la cántara con sus compuertas de descarga y un sistema de posicionamiento dinámico y seguimiento del cabezal. Estos elementos interactúan entre sí por lo que se encuentran calculados para trabajar el uno con el otro

eficientemente y poder llenar la cántara en alrededor de una hora para mantener el ciclo de trabajo.



Ilustración 20: Modelo de antigua draga de succión por arrastre propiedad del M.O.P.

La máxima profundidad a la que pueden dragar estos equipos esta dado por la altura de vacío que genera la bomba, siendo posible profundidades de 35 metros con bombas instaladas dentro del casco y hasta profundidades superiores a los 80 metros montando la bomba en el tubo de aspiración, logrando una mayor producción de manera económica. Los tubos de aspiración pueden ser únicos o dobles, y su diámetro esta relacionado a la potencia de las bombas, estos vinculan al cabezal de dragado con la draga. Los cabezales se encuentran en distintos diseños que varían en profundidad de dragado, velocidad, y por supuesto pensando en el material sobre el cual se va a trabajar, habiendo opciones con dientes para romper suelos duros, o corrientes de agua para disgregar el material. Se recomienda tener precaución en zonas de corriente ya que el movimiento debe ser de avance para no dañar el equipo, teniendo velocidades de entre 1 y 5 nudos. Con el uso de cabezales especiales con dientes escariadores se puede retirar roca y materiales duros.

Una de las consideraciones que se tiene que tener en cuenta en estos buques de alta mar es la de mantener el contacto del cabezal con el fondo en condiciones de oleaje, por lo que se diseñaron compensadores que actúan mediante un pistón hidráulico, sobre el cable que sostiene el tubo de succión.

Como este tipo de dragas se usa para la generación de rellenos hidráulicos, como islas artificiales, se empezaron a ver dragas de alrededor de 17000 m³ de capacidad en su cántara (clase Jumbo) por la gran demanda de material de estas obras, aunque hoy existen ejemplos de 46000 m³. Pudiendo obtener material a mayor distancia del lugar a depositarlo, con una mayor economía.

La descarga de material en estas dragas se da mediante compuertas en el fondo en las que se tiene que evaluar que no sobresalgan de la superficie de fondo del buque dado la posible baja profundidad de la zona de descarga, se utiliza también al igual que en otros tipos de dragas el sistema de tuberías flotantes, o existe la opción de descargarlo de manera similar a una manguera de bombero por unas toberas a proa de la embarcación que en inglés se denomina “rainbowing”, utilizado en rellenos hidráulicos (land reclamation).

Para destacar ventajas de estos diseños, se destacan de manera segura, efectiva y económica en aguas abiertas, pudiendo desplazarse por sí a la zona de trabajo y sin depender de embarcaciones auxiliares durante el trabajo, como tampoco impide la navegación por períodos prolongados en zonas muy congestionadas. Se utiliza en la apertura y mantenimiento de nuevos canales de navegación, en la creación de playas y rellenos hidráulicos, excavación de trincheras para tuberías submarinas y el tapado de las mismas, hundimiento de pecios para garantizar la mínima profundidad (dragando alrededor del mismo), generando las fozas llamadas “Glory Holes” para la industria del petróleo, también pudiendo operar en condiciones de oleaje marino inferior a los 8 metros de altura.

No es ideal para áreas confinadas y de profundidades menores a los 4 metros, con mucha basura portuaria, y puede ser obstruida por arcillas cohesivas, la mayoría tiene una capacidad máxima de profundidad alrededor de los 50 metros.



Ilustración 21: TSHD descargando material mediante "rainbowing" para un relleno hidráulico

2.3.11. Draga de Succión con Cortador (CSD)

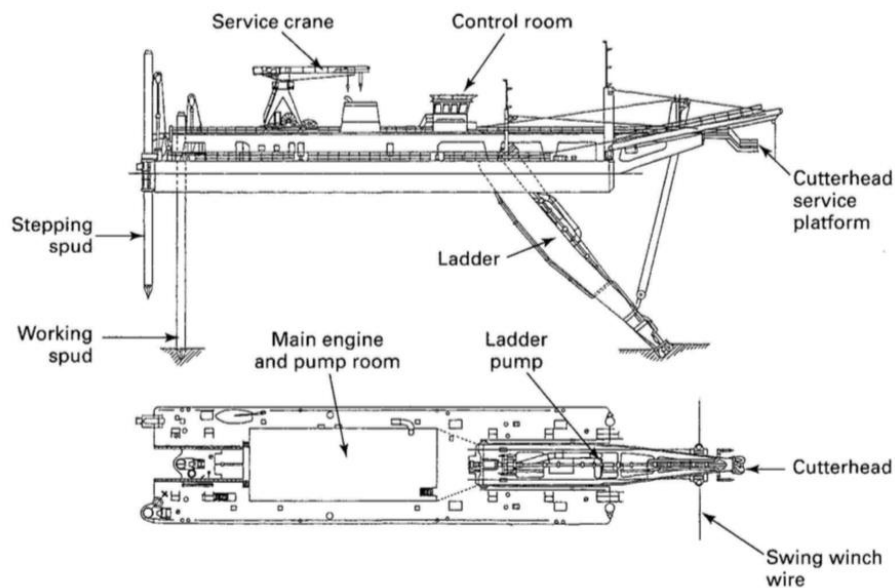


Ilustración 22: Draga de succión con cortador - Elementos Principales

Las dragas de succión son en concepto una evolución de las dragas de succión estacionarias, incorporando un cabezal de corte mecánico, para lograr las ventajas de las dragas mecánicas y las hidráulicas. Es una de las más populares por su multiplicidad de usos, habiéndose construido de numerosos tamaños. Se basa sobre un pontón, y puede o no, tener propulsión propia dependiendo esto de su tamaño, que en ese caso el casco tomará forma de

barco. Sobre el casco de esta draga recaerán sus habilidades de trabajo, determinando el ancho máximo y mínimo, como también la profundidad mínima del área a dragar. Se desplaza y ancla mediante puntales o “spuds”, pudiendo maniobrar adicionalmente con cables y anclas de una manera similar a la draga de cangilones.

El cortador es una pieza de vital importancia en este tipo de dragas, siendo una herramienta en forma de corona, situada al comienzo del conducto de succión, y sostenida por la escalera. Existe también la posibilidad que este cortador se coloque de forma horizontal, el cual toma forma cilíndrica, lo que produce que la draga se desplace longitudinalmente. Se la elabora específicamente para el terreno a disgregar, pudiendo agregar dientes intercambiables en el caso de terrenos duros o muy compactos, suele mantener la relación diámetro de 3 a 4 veces el de la tubería de succión y una altura de 2 a 3 veces el mismo. Tienen velocidad de rotación variable, de 10 a 80 rpm.

Para poder operar la draga debe mantenerse firme en su posición, por lo que se mueve en forma circular a partir del pilón de anclaje, y teniendo que detener su trabajo cuando se produce el avance, por lo que existen varios métodos para disminuir este tiempo. Se pueden encontrar de forma común la opción de dos pilones y dos chigres, que opera dando “pasos” utilizando un pilón y luego el otro, situados a la máxima distancia posible entre ellos y el cortador. Otra forma es la instalación de uno de estos pilones en un carro con avance, siendo la solución más utilizada hoy debido a elevar 20 % la producción con respecto al método anterior.

En el caso del cortador horizontal, que poseen dragas de menor tamaño, se desplazan de forma longitudinal logrando un perfil uniforme, siendo las más utilizadas a pequeña escala, en estanques de decantación, limpieza de efluentes, pequeños puertos y procesos industriales, como en la minería.

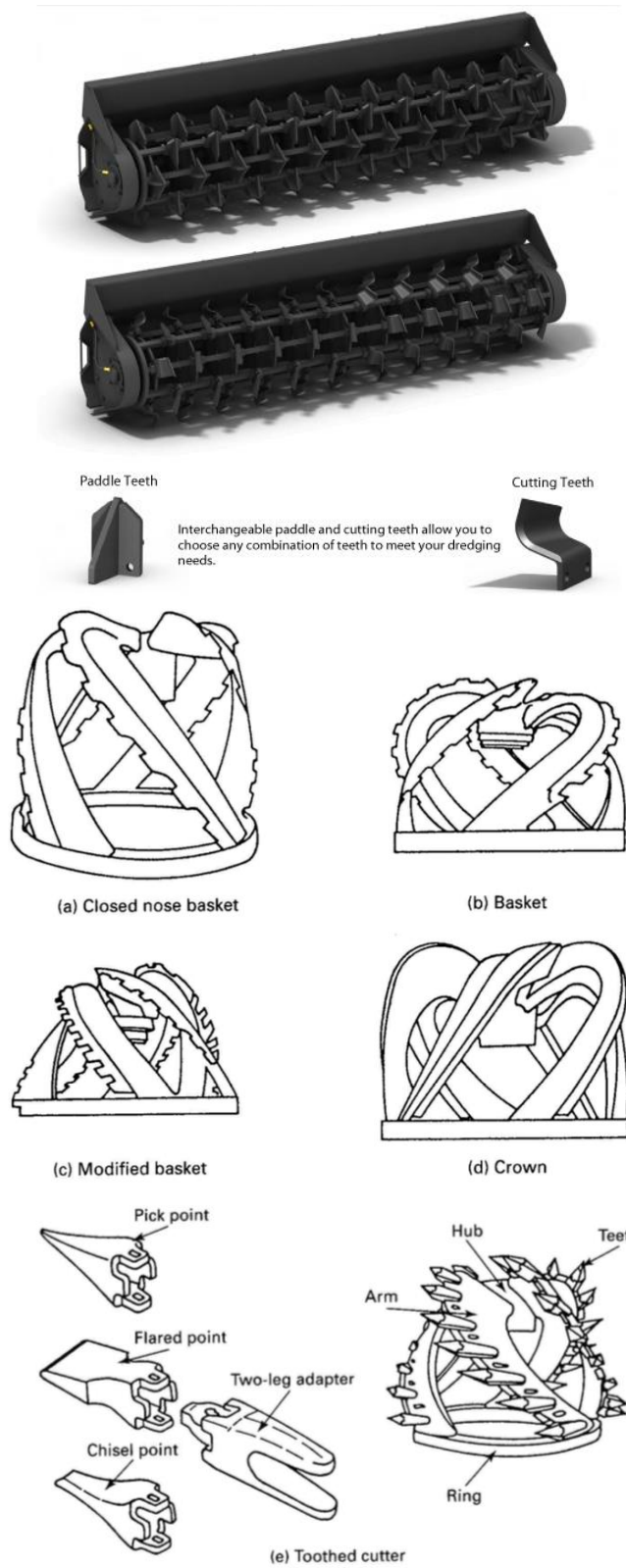


Ilustración 23: Ejemplos de cortadores

Las bombas y conductos, al igual que en las otras dragas son elementos de desgaste, los que se construyen con doble camisa para poder reemplazar la parte de contacto con el material dragado.

Estas dragas transportan el material mediante tuberías flotantes, hacia su descarga final. Siendo de elevada productividad, con gran precisión, pudiendo trabajar en aguas poco profundas, dragando un canal con el perfil prefijado deseado. Teniendo como inconveniente ser más sensible a las condiciones del mar, sus elevados costos de movilización, una profundidad límite dada por la escalera y una distancia máxima a la cual se puede enviar el material dragado económicamente. Entre sus aplicaciones se encuentran, el dragado de materiales duros, rellenos hidráulicos, remoción de grandes volúmenes de materiales granulares, dragado de trincheras para tuberías, perfilado de cauces, apertura de áreas, y la minería de arroyos.

2.3.12. Hidrodinámicas



Ilustración 24: Draga de inyección de agua por TMS, Holanda

Se utilizan fuertes chorros de agua a presión para re-suspender sedimentos y que las propias corrientes naturales realicen el transporte. Es útil en puertos y vías navegables como método de mantenimiento, siendo dependiente de la remoción de materiales finos, en zonas donde se suelen acumular con mayor frecuencia. Es ayudado por zonas con pendientes hacia mayores profundidades y por los efectos hidrodinámicos naturales. Utilizado para nivelar áreas luego de una campaña de dragado.

3. Descripción

3.1. Investigaciones de campo

Previo a cada proyecto o licitación, se lleva a cabo el desarrollo de investigaciones y estudios, llamados “Field Investigations”, las cuales son condición necesaria debido a estar ligadas directamente a la presentación de ofertas o la firma de contratos. Resultan claves para describir las características y dificultades del trabajo a realizar, lo cual tiene influencia directa en la selección del tipo de equipo a utilizar, el cronograma y los costos finales de obra. El contratista en esta etapa es el responsable de los datos necesarios para su propia presupuestación del trabajo.

Los datos por recabar constan principalmente de: relevamientos batimétricos, datos hidrodinámicos, investigaciones geológicas y geotécnicas, transporte de sedimentos, datos meteorológicos y limitaciones ambientales, aunque también pueden tenerse en cuenta las obstrucciones (obras o instalaciones bajo el agua), arqueología submarina, y las típicas limitaciones legales y operativas. En ciertos casos es posible requerir de habilitaciones o permisos por parte de un ente competente.

3.2. Relevamientos Batimétricos

Los relevamientos batimétricos se realizan de forma continua durante todas las etapas del proyecto, e inclusive posteriormente al mismo para realizar un seguimiento al proceso de sedimentación en las áreas dragadas. Resulta vital contar con profesionales, procedimientos y equipo moderno para el procesamiento de los datos de forma confiable, con el objetivo de determinar el volumen a dragar mediante la comparación del estado natural del lecho y el perfil deseado, y así mismo, verificar si se encuentra el volumen disponible para la descarga del sedimento en las zonas planeadas para ello. Como también es necesario garantizar las profundidades adecuadas a lo largo del recorrido entre el lugar dragado y la descarga, y en caso de rellenos en áreas costeras se utilizan los resultados de los relevamientos como base para conocer el volumen necesario para lograr la cota de coronamiento proyectada.

3.3. Restos Náufragos

Ante la presencia de restos náufragos, se deben evaluar las tareas subsecuentes a ejecutar, lo cual puede estar relacionado con incumbencias arqueológicas, su detección puede darse con magnetómetros o estudios geofísicos y geotécnicos, los cuales podrán ser corroborados mediante el buceo. Es un tema que ha tomado mayor importancia en el último tiempo junto con los aspectos de impacto ambiental, debido a que los proyectos abarcan desde aviones de la Segunda Guerra Mundial a fragmentos de piedra trabajados en la Edad Paleolítica. En ciertos casos se pueden encontrar lo que se denomina en inglés UXO (Unexploded Ordinance), correspondiendo a bombas lanzadas en un momento y no han detonado, por lo que se deben tratar con sumo cuidado, no es un material usual en nuestro país, pero se tienen registros de haber sido encontrado, y es para considerar en numerosas zonas de Europa.

3.4. Obstrucciones

La importancia de las instalaciones como cualquier tipo de cableado submarino, oleoducto, gasoducto, que limiten las operaciones. Lo que sucede es de conocer el sector por el que se encuentran, pero no su profundidad, por lo que requieren un estudio exclusivo.

3.5. Basura Portuaria

Estos restos como anclas, cadenas, cables o redes condicionan los equipos de dragado, por lo que se necesita cuantificar y evaluar su posibilidad de extracción.

3.6. Equipos necesarios

Los relevamientos batimétricos se realizan mediante ecosondas de una sola frecuencia dependiendo del tipo de terreno, siendo de 210 KHz para suelos de arena y 30 KHz para suelos barrosos. Para detectar elementos sobre el fondo se utilizan además equipos multihaz o de barrido lateral, que se los llama Side Scan Sonar. Otro equipo se denomina LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), que se basa en la reflexión de la luz, mediante un láser óptico aerotransportado, que puede ser usado en aguas poco profundas y claras, permitiendo relevar grandes superficies en forma rápida, aunque no es factible en aguas de elevada turbidez.

Para el análisis posterior de los datos, es necesario de un Modelo Digital de Terreno (DTM), el cual toma los puntos relevados y hace pasar una superficie sobre ellos, con lo cual se logra cartografía muy precisa de manera continua.

3.7. Datos Hidrodinámicos

Los datos hidrodinámicos son necesarios para las obras de dragado en cuestiones de diseño, determinando las posibilidades de funcionamiento de las dragas y sus equipos de apoyo, teniendo en cuenta, los niveles de agua en el caso de una zona marítima afectada por las mareas o un río dependiendo del ciclo hidrológico, determinando las profundidades mínimas y máximas a las cuales va a estar sometido el trabajo, lo que siendo conocido de forma continua reduce la cantidad de sondajes necesarios. Las corrientes son otro factor de importancia, a la par del oleaje, los cuales influyen de forma diferente en cada tipo de draga, afectando su elección y estimando el tiempo que va a demorar la obra en casos bajo los cuales no se puede operar.

3.8. Datos Meteorológicos

Esta información es recabada en Argentina por el Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio Meteorológico de la Armada, y en las instalaciones aeroportuarias, las cual, es procesada de acuerdo con el interés del proyecto. El viento, la lluvia y la niebla, pueden obligar a interrumpir las operaciones, o demorarlas, dificultando o imposibilitando la maniobra de las embarcaciones.

3.9. Aspecto reglamentario y legal

Estos aspectos están ligados directamente a las jurisdicciones en la cual se realiza el proyecto, en el país está en vigencia la ley de cabotaje, en la cual el artículo 6 establece la preferencia para los buques de bandera argentina para realizar tareas de dragado, por lo que se debe pedir excepción, la cual es consensuada por los armadores nacionales. Una vez obtenido el “waiver”, se realiza la importación temporaria de los equipos, trámite que depende de la aduana, el cual debe ser realizado cada vez que la draga comienza una obra, por más que el equipo se encuentre en el país, por lo que la draga debe salir del país y recalar en un puerto extranjero para luego volver a ingresar con las dificultades y el costo de esta maniobra.

Es la Prefectura Naval Argentina quien debe emitir las ordenanzas correspondientes en casos de obras de dragado que puedan afectar la navegación, siendo el caso típico, una draga estacionaria trabajando en canales navegables donde deben establecerse ventanas de tiempo.

Otra normativa es establecida por el decreto 1010, el cual propone la obligación de tripular las embarcaciones extranjeras que navegan aguas argentinas luego de los 30 días, con tripulación local. En el caso de las dragas donde el personal es muy especializado y el cumplimiento resultaría impráctico, impidiendo el desarrollo del proyecto, y el incumplimiento de estas normativas genera una discusión con el gremio correspondiente. Este decreto fue reemplazado en 2017 por la Ley de Marina Mercante, aunque las normativas sobre la tripulación siguen vigentes de la misma manera.

3.10. Investigaciones Geológicas y Geotécnicas

Las investigaciones geológicas y geotécnicas resultan de mayor costo y efecto sobre el resultado desde el punto de vista financiero de la obra, principalmente encontrado en la selección del equipo a utilizar con sus rendimientos asociados. El objeto de la investigación consta de conocer las propiedades del lecho, teniendo en cuenta los procesos de excavación, elevación, transporte y disposición. Esto comprende el conocimiento del volumen y distribución de los distintos materiales existentes en el lecho, el espesor de las capas a dragar, con la estratigrafía de los materiales, se establecen las pendientes de los taludes adyacentes al canal o área dragada, y de acuerdo con la granulometría se evalúan los eventuales efectos ambientales.

Resulta importante remarcar que la información geológica corresponde a la forma de distribución y volúmenes, con las características de los materiales, y la información geotécnica corresponde a las propiedades mecánicas de los mismos. En comparación con una obra de ingeniería civil se encuentra una relación directa entre el tipo de suelo y el costo, la superficie suele tener mayor extensión, y se encuentra a veces en ambientes de difícil trabajo por lo que requiere técnicas particulares, en motivo también no busca encontrar la capacidad portante sino su dragabilidad.

Entre la información a recabar durante los estudios se puede mencionar algún estudio previo, estudios llevados a cabo por un organismo como puede ser el Servicio de Hidrografía

Naval, cartas geológicas en poder de la Secretaría de Minería o un ente provincial, perforaciones aledañas por obras viales, canteras, o perforaciones para la investigación petrolera.

Dentro del área geotécnica, encontramos distintos métodos, los cuales se pueden describir como superficiales en el caso de las dragas tipo Van Veen (similar a una pala de cucharas), o coring de caída libre, extrayendo sedimento de limos o arenas. El coring de caída libre consta de una tubería de acero de 62 mm de diámetro interior encamisado con un tubo de PVC de 1,5 mm de pared, el cual posee en su parte superior una válvula de retención, la cual deja salir el agua, impidiendo su reingreso para contener en su interior la muestra de material, este equipo es lastrado de acuerdo con la densidad de los suelos a muestrear. Estos estudios requieren del análisis posterior de la muestra en laboratorio.

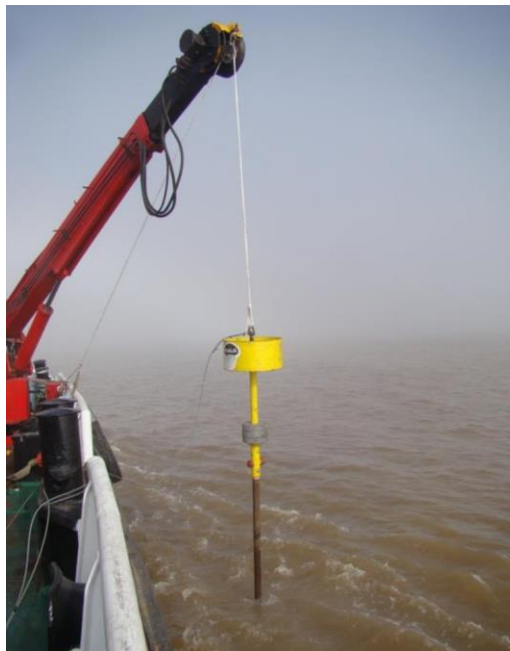


Ilustración 25: Recuperación de Coring de Caída Libre

De otro modo también se encuentran los estudios sísmicos por reflexión y por refracción. Los primeros manifiestan distintas frecuencias desde los 0,5 a los 20 KHz en distintos dispositivos llamados, sparkers, boomers, pingers donde las frecuencias están fijas en un valor, como excepción se encuentran los equipos con sistemas chirp, los cuales operan alrededor de una frecuencia central, barrida electrónicamente entre los 3 y 20 KHz, siendo el equipo de mejor resolución, con la capacidad de dar una mejor clasificación a los materiales

del subsuelo, aunque no es el equipo con mayor penetración. Estos tipos de sensores se equipan a un vehículo submarino. La superioridad del equipo tipo “chirp” está dada por las limitaciones de los pulsos del tipo “ping” largo que posee menor resolución y el “ping” corto de menor energía y alcance. Este método posee las limitaciones dadas por los sedimentos dispersos en el agua que atenúan la señal de manera significativa, como también las burbujas de gas atrapadas en el sedimento por el caso de la descomposición de materia orgánica, en aguas poco profundas se produce un eco el cual distorsiona la información y en el caso de sedimentos ubicados debajo de capas endurecidas denominados “cap rock” no pueden ser determinados.

El otro método de estudio es la refracción sísmica, el cual se basa en la transmisión de señales sísmicas de alta potencia y baja frecuencia a través del subsuelo al efecto de conocer su velocidad. En el caso de las condiciones marinas estos estudios son mas costosos y complejos de ejecutar.

Existen otros métodos como el vibrocoring, las perforaciones, el dragado piloto, ensayos de penetración con conos (CPT), Graviprobe, test de penetración standard (SPT), inyección de agua a presión, y torvane, los cuales no abordaremos en este proyecto.

3.11. Aspectos Ambientales

La problemática que ha tomado más importancia en el último tiempo involucra la preservación del medio ambiente. Siendo tema de debate en Congresos y Conferencias dedicados al tema durante los años modernos, dado que en ciertos casos es muy útil para remediar problemáticas ambientales pasadas, sin embargo, el mismo hecho de reubicar el material es un impacto medioambiental en sí.

Esto puede ser encarado de diversos ángulos, siendo los más importantes:

- El efecto de las dragas utilizadas sobre sedimentos no contaminados.
- La modificación ingenieril y no ecologista del medio.
- Remoción de sedimentos contaminados de áreas y cauces industriales o portuarios.
- Aportes de material dragado sobre los anteriores para tornarlos inocuos.
- Determinación de la calidad de los sedimentos a dragar.

Una de las formas de dispersión de los contaminantes relacionados al dragado se da durante la remoción y disposición de los sedimentos, en donde la turbidez del agua aumenta. La turbidez es la medida de reducción de transparencia del agua, lo que provoca la dispersión y absorción de la luz, impidiendo la transmisión de la misma en línea recta hacia el lecho. Esta materia en suspensión, arcilla, lodo y materia orgánica, como puede ser plancton y diversos microorganismos, se conocen como total de sólidos en suspensión, o concentración de sólidos en suspensión. Cuanto mayor sean estos valores, también lo será la opacidad y la turbidez del agua. Cabe resaltar que estas son expresiones de un mismo fenómeno, pero no tienen el mismo significado, siendo la concentración medida en mg/l, tanto de sólidos orgánicos como inorgánicos y la turbidez aplica a las propiedades ópticas del agua, siendo afectada por la forma y tamaño de las partículas, su color, y los espectros de absorción.

Usualmente los niveles de sedimentos en suspensión no son mayores en las obras de dragado a aquellos que son causados por la navegación comercial, pesquera, o las generadas por tormentas de magnitud. Estudiaremos el caso sobre los sitios en donde se dispondrá el material dragado, lo cual es determinado previamente al inicio del proyecto.

Se puede disponer del material en aguas abiertas, siendo la forma más tradicional de disposición de los sedimentos, en una zona alejada del emplazamiento dragado y asegurando que el material depositado, no ha de volver por formas naturales al lugar de donde fue removido. Como ventaja se puede notar la economía del método, siendo utilizado en la mayoría de las obras.

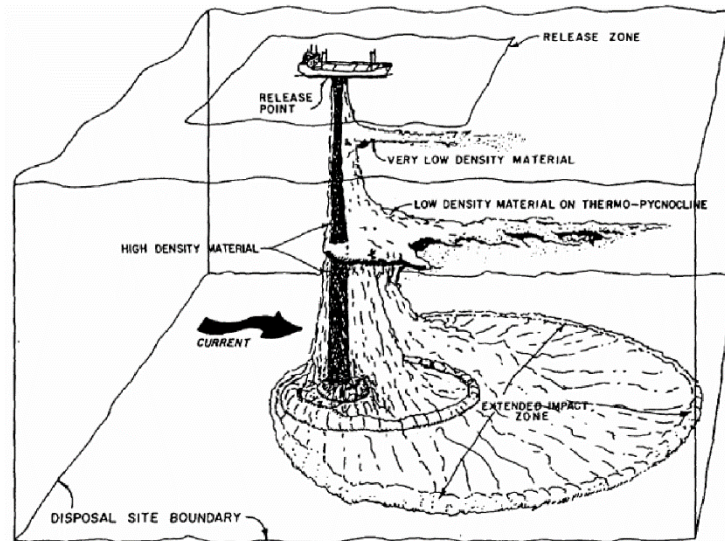


Ilustración 26: Ejemplo de disposición en aguas abiertas

De la imagen se pueden notar las plumas de dispersión que se generan dando disposición de esta manera, no siendo la ideal para materiales contaminados, por el impacto que puede causar en el medio receptor. Esto deviene de la diferencia de densidad de los sedimentos, los cuales decantan, y debido a las corrientes, los más finos y livianos son trasladados más lejos del lugar de disposición. En algunos países este método se encuentra muy regulado, y sólo es aplicado en materiales limpios, con altas velocidades de sedimentación, generando por ende baja turbidez.

En otros casos se utiliza la cobertura o “capping”, para disponer de material contaminado en aguas abiertas, tapándolo con una capa de material limpio con el motivo de aislarlo. Se basa en estudios que indican que el mantenimiento de los sedimentos contaminados en condiciones anóxicas favorece a la inmovilización química. Puede darse in-situ, como en el emplazamiento seleccionado, disponiendo directamente el material limpio (arenas o gravas), o utilizando un difusor sumergido para disminuir la dispersión de las partículas finas, viéndose en algunos casos el uso de geotextiles. Esto tiene como objetivo el aislamiento físico de los contaminantes, previniendo su re-suspensión y transporte.

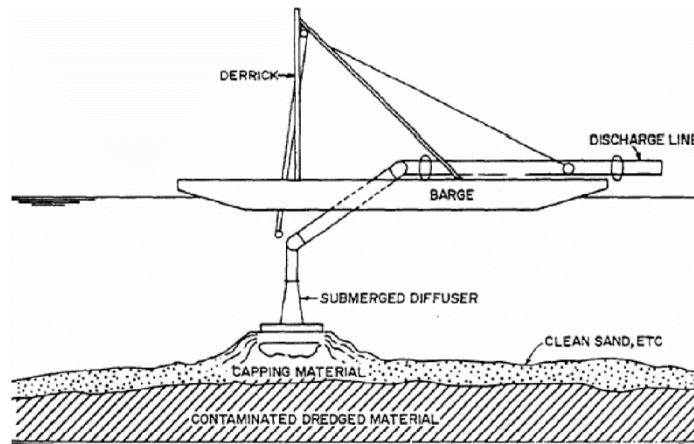


Ilustración 27: Ejemplo de cobertura sin dispersión

Estos sitios de disposición deben ser evaluados en forma especial, con respecto a las condiciones de oleaje y corrientes que provoquen una baja erosión, con profundidades de agua adecuadas, siendo cercanos al sitio de dragado, donde no pueda ser zona de obras futuras y evitando perturbar el hábitat acuático. Para esta misma solución han de construirse fosas, o terraplenes, logrando una disposición acuática confinada.

Entre otros métodos esta la disposición costera confinada y la disposición tierra adentro, los cuales se conforman de terraplenes de contención, que retienen los sólidos del material dragado. Los primeros se encuentran parcialmente sumergidos en aguas superficiales adyacentes, donde las potenciales vías de contaminación pueden darse en precipitaciones que provoquen rebalses, o filtraciones por efectos de la marea en los terraplenes, como también la volatilización y emanación de olores.

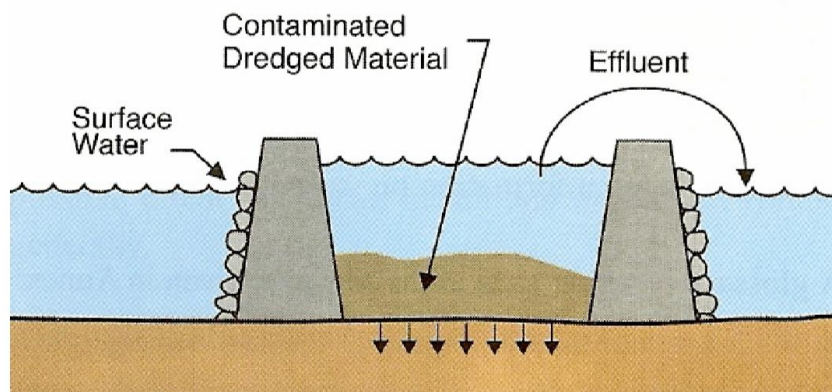


Ilustración 28: Disposición costera confinada

En los recintos tierra adentro, el terraplén contiene los sólidos mientras permite la liberación de los efluentes por medio de una descarga, pudiendo ser tratado posteriormente. Proporcionan una gran eficiencia en la retención de sólidos, y conllevan a la facilidad de monitorear el estado del sitio, con la contra de su impacto visual y la necesidad de aislamiento necesario para evitar que los materiales contaminados no impacten sobre el nuevo ambiente.

3.11.1. Usos beneficiosos de los materiales dragados

Esto engloba al concepto de que todo sedimento removido es tomado como un recurso útil, y no un residuo de la operación, siendo su aprovechamiento muy beneficioso en diversas áreas, las cuales se pueden tomar como ingenieriles, productivas y de mejora ambiental.

Dentro de las ingenieriles podemos encontrar rellenos de tierras o playas, contrarrestando los efectos de la erosión por las corrientes o el viento, acompañado también de protecciones costeras, y el recapado. Productivamente, se utilizan los sedimentos como material de construcción, también para formar piletas de acuicultura, y en otros casos para el mejoramiento de la capa superficial agrícola. En las mejoras ambientales, se destacan la creación de humedales y hábitats en tierra firme.

4. Desarrollo

Como ya se ha detallado anteriormente en este trabajo, un proyecto de dragado no es sólo una obra que comienza el día que la máquina llega al lugar de trabajo, sino que, para lograr ese comienzo, ya se ha realizado un arduo estudio que llevó a determinaciones fundamentales. Entre ellas vamos a destacar la selección del equipamiento, lo cual en este trabajo se ha decidido por una draga de succión con cortador horizontal por las siguientes razones:

1. En el litoral argentino, los materiales que se encuentran a dragar son las gravas, limos, arenas, cantos rodados pequeños, correspondiendo a suelos no-cohesivos, y en casos más extremos, arcilla consolidada.
2. En ciertos casos, como el dragado de marinas o canales, la terminación en el lecho de una draga de este tipo es homogénea, resultando beneficioso.
3. Los niveles de producción de una draga de este tipo son excelentes respecto a su potencia instalada, por ser un proceso continuo.
4. No requiere embarcaciones del tipo gánguiles u otra barcaza en donde depositar el material dragado, aunque en casos específicos puede ser de utilidad.
5. Requiere un bajo nivel de personal durante la operación.
6. Bajo costo de operación.

Esta maquinaria va a proveerse de energía mediante un motor diésel, debido a la multiplicidad de entornos a los cuales se la podrá someter. Existen ejemplos de máquinas que poseen conexión eléctrica trifásica, siendo útiles en operaciones repetitivas sobre entornos reducidos como puede ser una marina o amarradero.

Se planteará sobre una barcaza de acero de calibre 10, que contará con seguridad para trabajar, sin propulsión propia, lo cual puede ser adicionado en una reforma posterior. Los movimientos durante el trabajo, se realizarán mediante un cable central, el cual permitirá los desplazamientos de forma lineal, siendo éste posicionado según la línea deseada a dragar.

4.1. Sistema de Bombeo

En este desarrollo se optó por la instalación de un sistema provisto por la empresa Damen, de origen holandés, con el objetivo de contar con un equipamiento probado y con rigurosos estándares de calidad. Principalmente se evitan problemas correspondientes a la transferencia de potencia desde el motor hidráulico a la bomba centrífuga, asimismo como la confiabilidad y durabilidad de la bomba bajo condiciones de trabajo. Por lo que se deja de lado el estudio de los rendimientos a obtener con el equipo y sus requerimientos técnicos.

Se seleccionó el equipo de 200 milímetros de diámetro de tuberías en la entrada y salidas de la bomba centrífuga (8" x 8"), con un máximo tamaño de sólidos de 125 milímetros (5"). Este equipo es capaz de bombear 800 m³/hora de agua y sedimentos, con una presión máxima de 5 bar. La bomba girará a unos 1200 rpm, tomando una potencia de 120 kW en su eje, en su máxima performance. El rendimiento alcanza el 77%, con una partícula menor a 0.05 mm, lo cual es muy bueno para este segmento. En el anexo se podrán encontrar las especificaciones.

A continuación, evaluaremos las prestaciones del mismo a partir de sus gráficos, provistos por el fabricante para diversos tipos de materiales dragados. Cabe tener en cuenta el tamaño de la partícula a dragar, dado que éstas decantan en la cañería antes de ser expulsadas y empeoran el rendimiento del sistema, impactando en la producción.

Las siguientes curvas con una concentración máxima de sedimentos del 30% corresponden a:

- A. Arena fina (0,11 mm - 1900 kg/m³)
- B. Arena grano medio (0,23 mm - 1950 kg/m³)
- C. Arena grano grueso (0,37 mm - 2000 kg/m³)
- D. Arena grano grueso y grava (1,17 mm - 2100 kg/m³)
- E. Grava (2,37 mm - 2100 kg/m³)

Siendo realizadas estas pruebas a presión atmosférica, 15 ° C, con una densidad de agua de 1000 kg/m³.

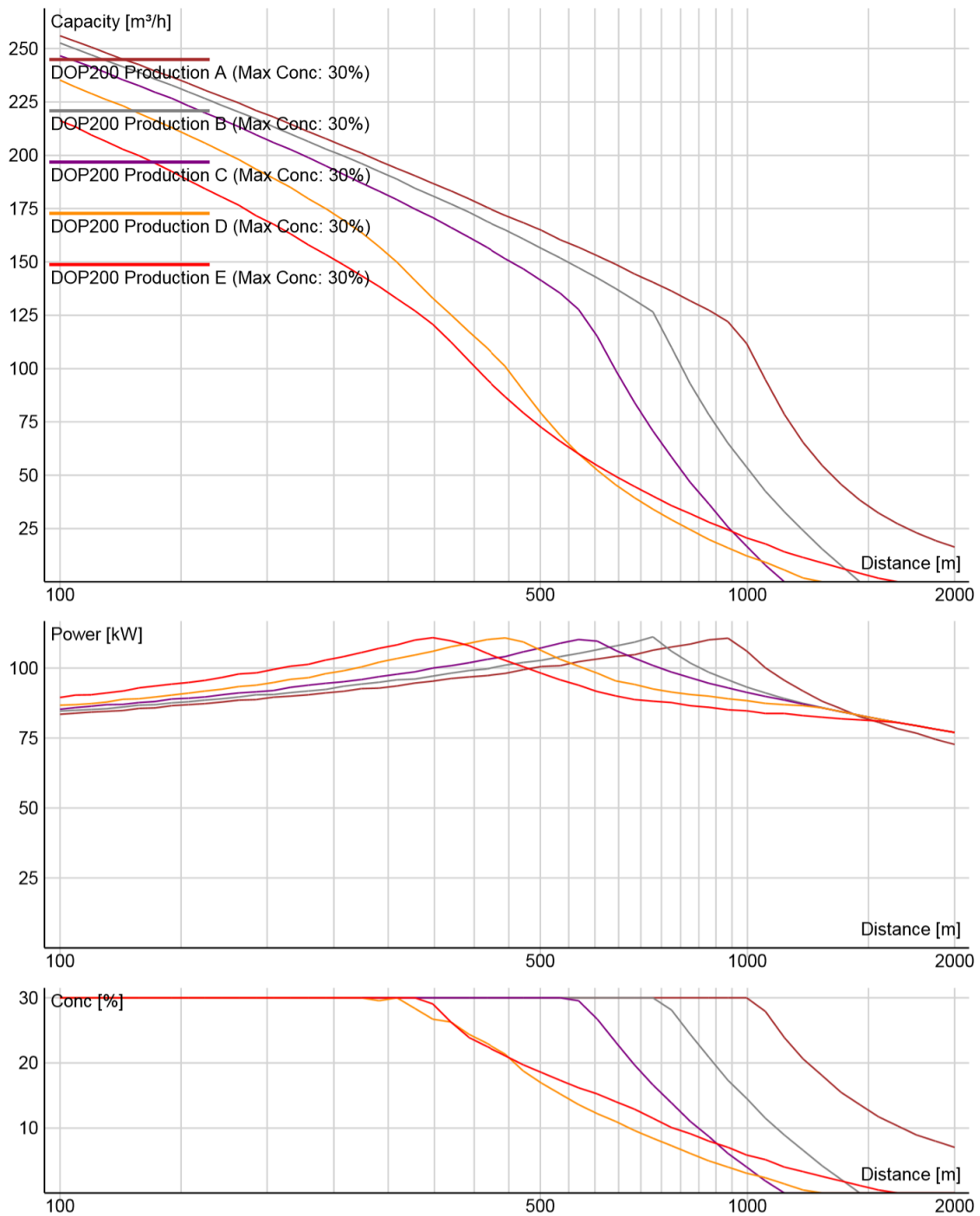


Ilustración 29: Curvas de Producción en función de la distancia de descarga

Para los casos de trabajo posibles en el litoral, este equipo es más que eficiente y recomendado, ya que en pocas oportunidades se tendrán descargas superiores a los 1000 metros y en su mayoría no excediendo los 500 metros.

4.2. Cabezal Cortador

El sistema provisto por Damen cuenta con la posibilidad de trabajar con un cortador especial desarrollado por la marca, siendo utilizado en este desarrollo. Esto también ayuda a la obtención de repuestos, asegurando la capacidad de trabajo constante del equipo.



Ilustración 30: Cabezal de corte Horizontal de la marca Damen

4.3. Tuberías de descarga

Como antes hemos tratado, este tipo de dragas transporta el material en conjunto con el líquido. Esto se da por medio de tuberías de elastómero o acero, las cuales son unidas por medio de bridas y puestas en flotación al nivel del agua por dispositivos adecuados a la tarea. Dichos segmentos suelen ser de 10 metros y en este desarrollo particular tienen un diámetro interno de 8 pulgadas, acordando con la norma DN200. Las bridas cumplen con el estándar ASME B16.5 de la clase 150 para diámetro 8" construidas en acero, quienes en conjunto con la cañería soportan una presión interna de 10 bar. Pueden encontrarse de diversos diámetros, correlacionado con la capacidad de bombeo del circuito del que forman parte y con variadas características como también flotación propia.

Estas tuberías son fundamentales para llevar el material hacia donde se lo quiere descargar, pudiendo ser en una zona correntosa que desplace los sedimentos, una zona costera que se planea rellenar como también tierra adentro para utilizar ese material en una obra civil. Como no han de ser un elemento de elevada complejidad, pueden ser fabricados en el país siguiendo los estándares previamente expuestos.

4.4. Sistema Hidráulico

Al haber investigado en el tema, se puede encontrar dragas de pequeño porte de funcionamiento puramente eléctrico, teniendo ventajas en simplicidad y mantenimiento, por lo que suelen ser usadas en limpiezas de piletas de decantación para efluentes, de residuos de la minería o la industria del petróleo, donde el lugar de trabajo es confinado y repetitivo. En el caso del desarrollo planteado, se busca la multiplicidad de usos y su transportabilidad, por lo que no se ha optado por este tipo, siendo propulsada por una central hidráulica que toma su potencia de un motor diésel. Todos los cálculos venideros tratarán de lograr un régimen de trabajo estable a 1500 rpm del motor, y en máximos requerimientos a 1800 rpm, buscando la mayor durabilidad y eficiencia. El sistema hidráulico se dividirá en dos circuitos separados completamente, el primero proveerá de potencia a la bomba principal, la cual transporta el material dragado, y el segundo circuito es el encargado de las maniobras de izado y bajada de la escalera para ubicar el cortador en posición, proveyendo también de movimiento al mismo, y de los movimientos longitudinales tanto de trabajo como de posicionamiento de la barcaza, mediante el chigre a tal propósito en cubierta.

El circuito primario es alimentado por una bomba de pistones axiales y caudal fijo, la cual está pensada para un circuito abierto que tendrá una presión máxima de 250 bar. Tomará la potencia del motor diésel, con un acople mecánico sobre un eje estriado DIN 5480 con una brida ISO 3019-2. Se ha seleccionado el modelo A4FO de Bosch-Rexroth, con un

Size	NG		22	28	71	125	180	250/H ¹⁾	500/H ¹⁾
Displacement, geometric, per revolution	V_g	cm ³	22	28	71	125	180	250	500
Maximum rotational speed ²⁾	n_{nom}	rpm	3600	3000	2200	1800	1800	1500 / 1900	1320 / 1500
Maximum rotational speed ³⁾	n_{max}	rpm	4500	3750	2700	2200	2100	1800 / 2100	1600 / 1800
Flow	at V_g and n_{nom}	q_v	l/min	79	84	156	225	324 / 475	660 / 750
Power	at V_g , n_{nom} and $\Delta p = 400$ bar	P	kW	53	56	91 ⁴⁾	131 ⁴⁾	189 ⁴⁾	219 / 385 / 438 ⁴⁾
Torque	at V_g and $\Delta p = 400$ bar	T	Nm	140	178	396 ⁴⁾	696 ⁴⁾	1003 ⁴⁾	1393 ⁴⁾ 2785 ⁴⁾
Rotary stiffness drive shaft	Shaft end S	c	kNm/rad	29,9	29,9	-	-	-	-
	Shaft end P	c	kNm/rad	-	-	146	260	328	527 1145
	Shaft end Z	c	kNm/rad	-	-	146	263	332	543 1136
Moment of inertia for rotary group	J_{GR}	kgm ²	0,0017	0,0017	0,0121	0,0300	0,055	0,0959	0,3325
Maximum angular acceleration	a	rad/s ²	38000	38000	20000	13000	10000	8000	4800
Case volume	V	l	0,3	0,3	2,0	3,0	4,0	7,0	11,0
Weight (approx.)	m	kg	13,5	13,5	34	61	76	120	220

Ilustración 31: Especificaciones modelos A4FO (Bosch-Rexroth)

desplazamiento de 180 cm³/vuelta, el cual a unas 1800 revoluciones logra el caudal máximo requerido de trabajo del motor de la bomba, con 8 % de margen.

▼ Size 180

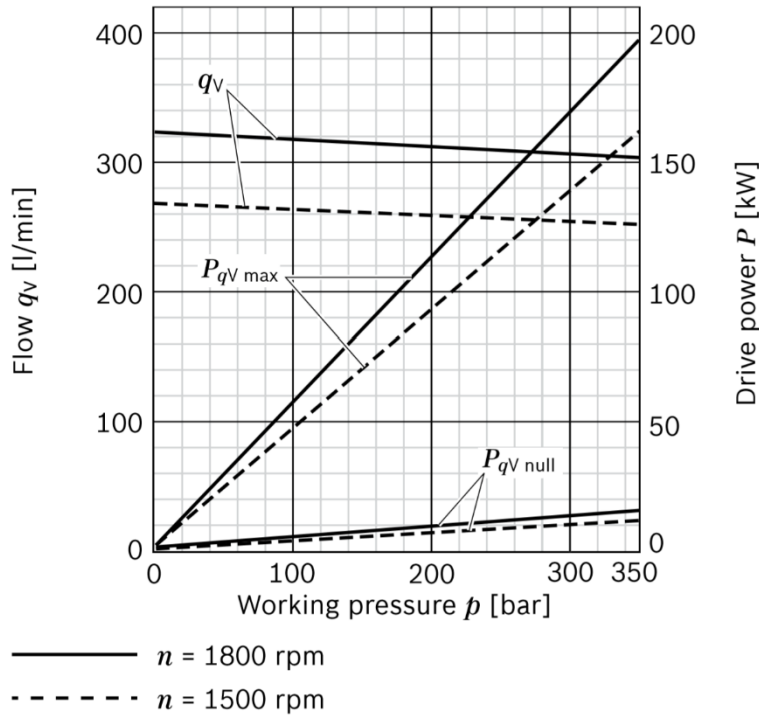


Ilustración 33: Diagrama de flujo y potencia absorbida

Del diagrama anterior obtenemos que a 260 bar logra más de 300 l/min, a 1800 rpm del motor, cumpliendo con el máximo requerimiento. Por lo que el trabajo puede darse a 1500 rpm, con un flujo de 260 l/min a 260 bar, siendo la potencia máxima absorbida por la bomba durante

Determining the characteristics		
Flow	$q_v = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000}$	[l/min]
Torque	$T = \frac{V_g \times \Delta p}{20 \times \pi \times \eta_{hm}}$	[Nm]
Power	$P = \frac{2 \pi \times T \times n}{60000} = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times \eta_t}$	[kW]

Key

- V_g Displacement per revolution [cm³]
- Δp Differential pressure [bar]
- n Rotational speed [rpm]
- η_v Volumetric efficiency

Ilustración 32: Fórmulas que determinan las características de la bomba

el trabajo de alrededor de 150 kW, y en operación normal 120 kW. Dicho diagrama responde a las siguientes fórmulas.

Para los gráficos no se tienen en cuenta los rendimientos, por lo que los valores varían, pero para el dimensionamiento no resulta clave, dado los márgenes tomados.

Estas bombas disponen de la posibilidad de trabajar hasta tres bombas en serie, por lo que ha de tenerse en cuenta la brida disponible para el acople de la segunda bomba, y las características de salida del eje, asimismo los torques que pueden transmitirse por ellos. En los cálculos realizados se había seleccionado otra bomba que cumplía con las necesidades, pero al no ser compatible en este punto con la primera bomba, no hubiese podido ser usada en el proyecto, por lo que se recomienda tener especial cuidado en este tipo de compatibilidades para sus proyectos.

En el segundo circuito, se decidió por una bomba de caudal variable, la cual podrá regularse para abastecer el caudal necesario al rodillo, el chigre de avance y los cilindros de izado, con respecto a su demanda. Por lo que se trata del modelo A4VSG con 125 cm³/vuelta de desplazamiento, también de la marca Bosch-Rexroth. Esta bomba comparte el eje DIN 5480 y la brida ISO 3019-2, logrando una integración óptima. Estas operaciones no son simultáneas,

Size	NG		40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
Displacement, geometric, per revolution	$V_{g \max}$	cm ³	40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
Rotational speed maximum ¹⁾	at $V_{g \max}$	n_{\max}	rpm	3700	3200	2600	2400	2200	2000	1800	1600	
Flow	at n_{\max} and $V_{g \max}$	q_v	l/min	148	227	325	432	550	710	900	1200	1600
	at 1500 rpm and $V_{g \max}$			60	107	186	270	375	533	750	1125	1500
Power	at n_{\max} , $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar	P	kW	86	132	190	252	321	414	525	700	933
	at 1500 rpm, $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar			35	62	109	158	219	311	438	656	875
Torque	at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar	M	Nm	223	395	696	1002	1391	1976	2783	4174	5565
	at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 100$ bar			64	113	199	286	398	564	795	1193	1590
Rotary stiffness of drive shaft	P	c	kNm/rad	80	146	260	328	527	800	1145	1860	2730
	Z	c	kNm/rad	77	146	263	332	543	770	1136	1812	2845
Moment of inertia Rotary group	J_{TW}	kgm ²	0.0049	0.0121	0.03	0.055	0.0959	0.19	0.3325	0.66	1.20	
Maximum angular acceleration ²⁾	α	rad/s ²	17000	11000	8000	6800	4800	3600	2800	2000	1450	
Case volume	V	l	2	2.5	5	4	10	8	14	19	27	
Weight approx.	m	kg	42	60	107	112	220	235	335	500	644	

Ilustración 34: Especificaciones modelos A4VSG (Bosch-Rexroth)

por lo que la bomba sobrepasa las demandas de los dispositivos teniendo en cuenta la posibilidad de agregar alguna función o aditamento en el futuro.

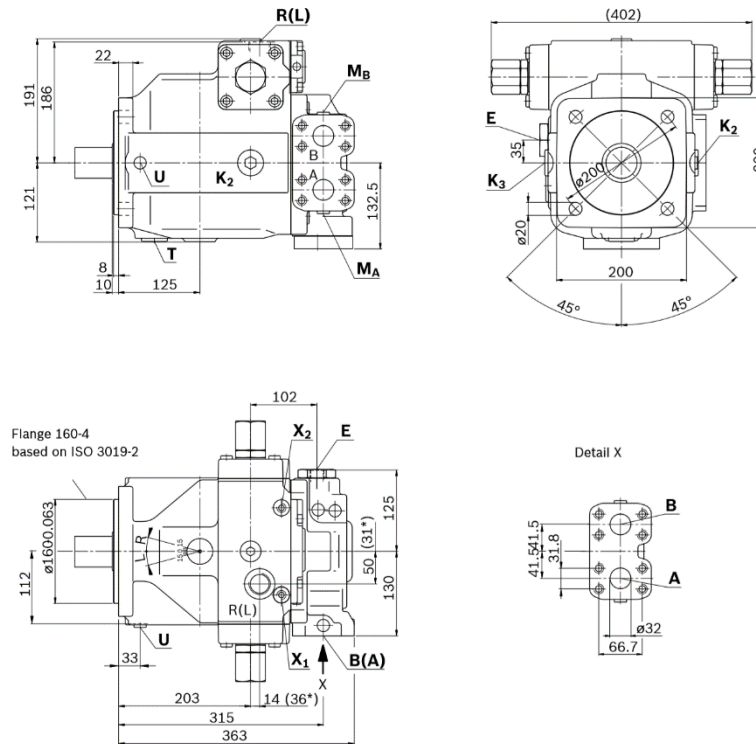


Ilustración 37: Dimensiones A4VSG - 125

Como podemos ver, la bomba a 1500 rpm logra un caudal de 186 l/min, más que suficiente para las tareas mencionadas anteriormente. Por lo que resta por evaluar es el acoplamiento de ambas bombas, en cuestiones de momentos admisibles por el eje. Según el

▼ Distribution of torques

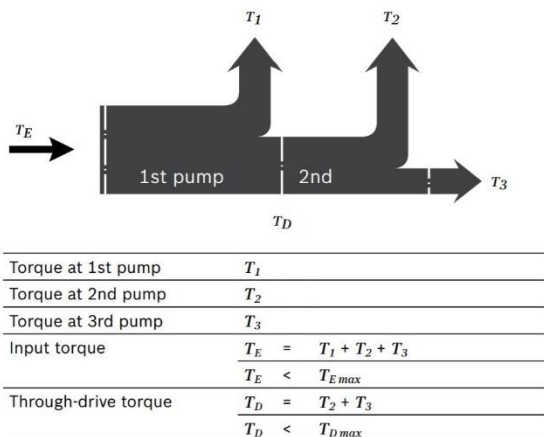


Ilustración 36: Distribución de torques

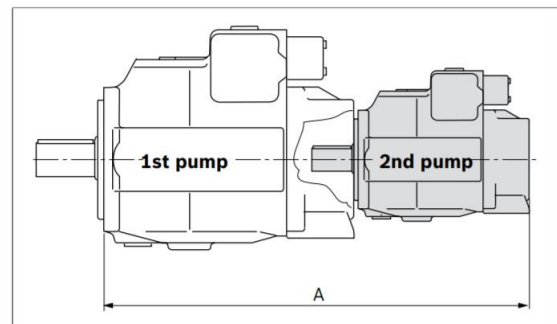


Ilustración 35: Esquema de instalación

manual, la bomba A4FO – 180 admite 2004 Nm en la entrada y es capaz de absorber 1002 Nm a carga plena, lo que deja el mismo valor a la salida por el eje pasante, y siendo la segunda bomba capaz de absorber en su máximo esfuerzo 696 Nm.

Estos grandes esfuerzos son admisibles gracias al eje estriado DIN 5480, dado que la unión lograda en el mismo permite un área de contacto superior al de un eje enchavetado, lo que también prolongará la vida útil del dispositivo.

Lo que debemos evaluar ahora son las potencias necesarias por las bombas, en su máximo caudal como en operación normal, por lo que referimos a la hoja de datos y tendremos a 1800 rpm una demanda de 150 kW (@ 260 bar) en la primera bomba. Para la segunda haremos algunos cálculos.

$$q_v = \frac{v_{gm\acute{a}x} \times n \times n_v}{1000}$$

Previamente evaluamos y estimamos el rendimiento volumétrico, n_v en 82,67 %.

$$q_v = \frac{125 \frac{cm^3}{vuelta} \times 1800 \text{ rpm} \times 0,8267}{1000} = 186 \frac{l}{min}$$

Este resultado es similar al valor de la tabla a 1500 rpm debido a que los valores en tabla no tienen en cuenta rendimientos.

$$M = \frac{v_{gm\acute{a}x} \times \Delta p}{20 \times \pi \times n_{hm}}$$

En este caso despreciaremos el rendimiento hidromecánico.

$$M = \frac{125 \frac{cm^3}{vuelta} \times 260 \text{ bar}}{20 \times \pi} = 517 \text{ Nm}$$

y estimaremos la potencia máxima.

$$P = \frac{2\pi \times M \times n}{60000} = \frac{2\pi \times 517 \text{ Nm} \times 1800 \text{ rpm}}{60000} = 97,5 \text{ kW}$$

Por lo que la potencia máxima absorbida por las bombas es:

$$P_{m\acute{a}x} = 189 \text{ kW} + 97,5 \text{ kW} = 286,5 \text{ kW}$$

Por lo que, para operación normal a 1500 rpm, repetiremos los cálculos obteniendo los siguientes valores.

$$q_v = \frac{125 \frac{\text{cm}^3}{\text{vuelta}} \times 1500 \text{ rpm} \times 0,8267}{1000} = 155 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Lo que sucede es que este valor es superior al demandado, tomando los 76 l/min necesarios por el cortador y alrededor de 40 l/min del chigre de avance. Esto logrará un régimen de trabajo de 115 l/min de media. Haciendo los cálculos sobre el desplazamiento normal de la bomba.

$$v_g = 93 \frac{\text{cm}^3}{\text{vuelta}}$$

Esto deja margen de maniobra de un 25 % sin tener que elevar las revoluciones del motor, y proporcionará de confiabilidad y durabilidad al circuito. Por lo que en operación normal consumirá:

$$P = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times n_t} = \frac{115 \frac{\text{l}}{\text{min}} \times 260 \text{ bar}}{600 \times 0,8267}$$

$$P = 60 \text{ kW}$$

Tomando del diagrama de la bomba dedicada al circuito 1 su potencia absorbida. La encontramos en 120 kW.

$$P_{\text{trabajo normal}} = 120 \text{ kW} + 60 \text{ kW} = 180 \text{ kW}$$

Esta bomba será controlada por una retroalimentación eléctrica, afectando el ángulo de trabajo y por ende el desplazamiento, acompañado de una válvula proporcional que contendrá el flujo, permitiendo variar la velocidad de trabajo del cortador y el avance. Este sistema sencillo, logra un confiable control del flujo en la bomba sin escalonamientos.

En lo que respecta al fluido, conociendo los volúmenes requeridos, se instalara un tanque de 600 litros que recorrerán el circuito aproximadamente una vez cada dos minutos a un consumo estimado normal de trabajo de 375 l/min. Se tiene en cuenta también que ésta es un múltiplo de la medida utilizada para la distribución del aceite hidráulico, por lo que aumentar la capacidad implicaría un mayor costo de reposición.

4.5. Chigre de Avance

Al operar la draga de forma longitudinal, barriendo un sector del ancho del cortador frontal, se necesita un punto firme de anclaje hacia el frente, que permita realizar una operación continua. Se estima que será necesario en momentos donde se encuentre el cortador con grava, o un suelo cohesivo, una tensión en el cable de 4 kN. Se utilizará un cable de 9.5 mm de diámetro que pasará por tres poleas de la siguiente manera. Siendo la conductora de mayor diámetro a las conducidas, en caso de necesitar un arrastre mayor, se podrán vincular mediante una transmisión a cadena entre ellas.

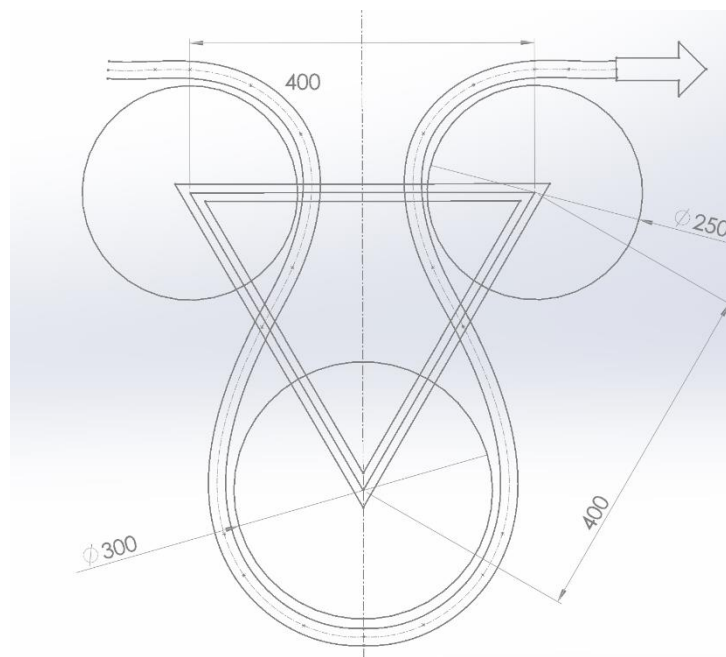


Ilustración 38: Esquema del chigre de cubierta

Esto nos lleva a realizar cálculos y una estimación necesaria, siendo la tensión del cable igual a 4 kN en utilización, se preferirá tener la capacidad de generar una fuerza de 12 kN para poder solucionar inconvenientes que puedan ocurrir durante el trabajo. Por lo que el momento

torsor a realizar por el motor del chigre, despreciando las pérdidas en el mecanismo, se podrá calcular de la siguiente manera.

$$M = 12 \text{ kN} \times 0,15 \text{ m} = 1800 \text{ N.m}$$

Asumiendo que la velocidad de desplazamiento puede llegar a los 20 metros por minuto, calculamos la velocidad máxima a la cual rotará el conjunto.

$$RPM_{m\acute{a}x} = \frac{20 \text{ m}}{\pi \times 0,3 \text{ m}} \approx 21 \text{ rpm}$$

Con estos datos seleccionaremos un motor hidráulico que provea la fuerza a la polea motora. Se va a optar por una reducción 3:1 realizada mediante engranajes rectos, para aumentar las revoluciones del motor hidráulico, por lo que requerirá menor torque en el eje del mismo. Se selecciona un motor de la marca Bosch-Rexroth modelo A4FM - 125 con una velocidad máxima de 2600 rpm y 690 Nm de torque a 400 bar, lo que acompañado de la reducción es suficiente para dar potencia al conjunto. Dicho motor desplaza 125 cm³/vuelta, lo que a máximas revoluciones de trabajo consumirá 7,5 litros al minuto, siendo este valor inferior al estipulado previamente. El momento torsor constante de 498 Nm a 250 bar, permite transmitir potencia suficiente para realizar sus tareas.

Tamaño nominal	TN		22	28	40	56	71	125	250	500
Cilindrada	V_g	cm ³	22	28	40	56	71	125	250	500
Máx. velocidad de rotación	$n_{m\acute{a}x \text{ perm.}}$	min ⁻¹	4250	4250	4000	3600	3200	2600	2200	1800
	$n_{m\acute{a}x \text{ interm.}}^1)$	min ⁻¹	5000	5000	5000	4500	-	-	-	-
Caudal máx (para $n_{m\acute{a}x}$)	$q_{V \text{ máx}}$	L/min	93	119	160	202	227	325	550	900
Momento constante	T_K	Nm/bar	0,35	0,445	0,64	0,89	1,13	1,99	3,97	7,95
Momento (para $\Delta p = 400 \text{ bar}$)	$T_{m\acute{a}x}$	Nm	140	178	255	356	395 ²⁾	696 ²⁾	1391 ²⁾	2783 ²⁾
Volumen de llenado		L	0,3	0,3	0,4	0,5	2,0	3,0	7,0	11,0
Momento de inercia sobre el eje	J	kgm ²	0,0015	0,0015	0,0043	0,0085	0,0121	0,0300	0,0959	0,3325
Momento real de arranque con $n = 0 \text{ min}^{-1}$ ($\Delta p = 350 \text{ bar}$)		Nm (aprox.)					320	564	1127	
Masa (aprox.)	m	kg	11	11	15	21	34	61	120	

Ilustración 39: Especificaciones modelos A4FM (Bosch-Rexroth)

En el caso de un atascamiento en el cabezal cortador u otro problema relacionado, se producirá patinamiento del cable sobre la polea motora antes de llegar a la tensión máxima admitida por este, por lo que se evitará su ruptura.

4.6. Válvulas

Se han seleccionado un juego de válvulas para cada uno de los circuitos, con el objetivo de operar de manera simple y eficiente la potencia provista por las bombas. Empezando por el primer circuito se tendrá una válvula reguladora de presión (LFA-25) para evitar sobrecargas en el motor y una válvula direccional (WEH-NG16) para lograr arranque y parada de la misma.

En el segundo circuito, habrá dos válvulas direccionales (WE-6) de arranque – parada, posibilitando la inversión del movimiento operando sobre cortador y chigre de avance, teniendo este último una variación de velocidad por medio de válvula proporcional (2FRE-10). Para el caso de los movimientos de subida y bajada de la profundidad de dragado se opera con una válvula direccional (WE-6) y otra de aislamiento (Z2S-6) que impide la fuga de fluido manteniendo firme la posición de trabajo.

Todos los manuales y especificaciones de las válvulas antes mencionadas se encuentran en el anexo.

4.7. Elección de la Motorización

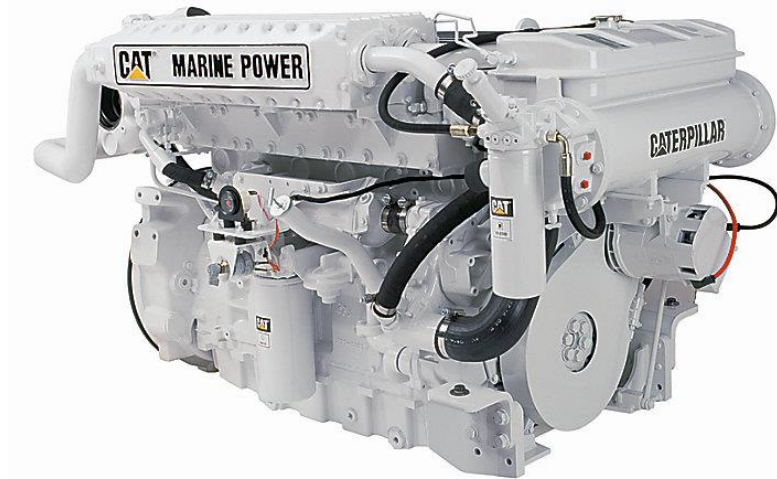


Ilustración 40: Motorización Caterpillar C12 Marina

Luego de conocer los requerimientos del sistema hidráulico, se continuó con la elección de la motorización, la cual ha de ser alimentada por combustible diésel y específica para trabajo continuo. Este tipo de combustible, es importante recalcar, no es inflamable por chispa y no produce vapores a temperatura ambiente, lo que proporciona un entorno de seguridad necesario.

Esto conllevó la revisión de distintos proveedores, para finalmente seleccionar el motor de la marca Caterpillar de modelo C-12. Dicho motor posee 6 cilindros en línea, desplazando 12 litros, con una potencia estable de 254 kW desde las 1200 a las 1800 revoluciones. Siendo un motor de clase A (continuo sin restricción), cuenta con la preparación para trabajar entre el 80 y 100% de la carga, de manera constante durante el tiempo de trabajo, con un tiempo de trabajo estimado de 5000 a 8000 horas al año. Como aclaración, vamos a notar que hay variantes de este motor en clase E (alta performance), erogando 526 kW, por lo que ha de tener un coeficiente de seguridad de importancia, lo cual brindará durabilidad para mantener sus prestaciones en el tiempo. Es una unidad que cuenta con turbocompresor y enfriador en la admisión (aftercooler) con la posibilidad de intercambiar calor con el agua circundante a la embarcación, sin perjudicar los componentes por la posible salinidad del agua en entornos marinos, siendo también el motor enfriado por agua.

La pregunta que puede surgir en esta elección, viene de que la potencia máxima absorbida por las bombas a plena carga es mayor a la que el motor puede brindar. Esto es un

apartado dado por la economía de la construcción, ya que, para disponer de mayor potencia se necesitará una motorización de mayores dimensiones y peso, y por sobre todas las cosas consumo, solamente para el caso de situaciones excepcionales. Este motor brindará potencia a la hidráulica mediante una toma de fuerza, que puede o no disponer de embrague.

El consumo estimado se encuentra alrededor de los 45 litros hora, teniendo en cuenta el porcentaje de carga, comparado con el consumo a carga máxima en un régimen de 1500 rpm. Por lo que se instalará un tanque de combustible de 540 litros con el objetivo de llevar una autonomía de 12 horas. Dicho combustible se filtrará previo a la admisión evitando el ingreso de agua al sistema.

4.8. Diseño de la Barcaza

El diseño fue llevado a cabo mediante la observación de los modelos disponibles en el mercado, y teniendo en cuenta las propiedades impuestas al comienzo del desarrollo, el costo más bajo comparado con su productividad y la posibilidad de transporte en vía terrestre. Esto llevó a la obtención de un diseño simple y funcional, de dos pontones idénticos, unidos por perfilera IPN, logrando mayor rigidez y durabilidad. Su manga máxima es de 2,60 metros, siendo el límite máximo de transporte en carretera, usado en su totalidad para obtener el volumen necesario para la flotabilidad de la barcaza. Por estimaciones, se busca un peso objetivo de 9,5 toneladas, no solo por su construcción, sino también por el lastrado necesario para mantener la estabilidad de la plataforma. Estas consideraciones logran la posibilidad de una profundidad de dragado efectivo de 4,5 metros. Los planos y datos técnicos se podrán encontrar en el anexo.

4.9. Medición del Volumen Dragado de Sólidos

En cada proyecto de dragado es muy importante conocer la cantidad de material dragado, siendo ésta la base del costo de proyecto. Por lo que se pueden realizar mediciones directas en el momento o posteriores a la obra de manera indirecta. En ciertos casos resulta de importancia el conocimiento del volumen dragado instantáneamente para poder ajustar factores relacionados con la productividad del circuito de bombeo, dado que la concentración de sedimentos se encuentre próxima al 30%. Estas mediciones se pueden tomar mediante dos dispositivos, un medidor de caudal y otro que distingue la densidad del fluido circulante. Con

estos datos se calcula el volumen de sedimentos pasando por el circuito, y a partir del tiempo, el volumen dragado.

Lo que resulta importante en estos casos es el estudio antes, durante y después de las obras, por lo que con un estudio batimétrico se puede calcular el volumen dragado. En el caso puntual de este desarrollo se podrá, con la experiencia, realizar tablas que aproximen el nivel de sólidos transportados, conociendo previamente el material dragado. Dichos datos serán generados a partir de la carga que percibe el motor, la distancia a la cual se está descargando el material, y las revoluciones a las cuales está girando el rodete de la bomba, trabajando a la par de la información que provee el fabricante de la bomba, como bien vemos en la ilustración 29. Indudablemente este tipo de datos han de ser corroborados con el tiempo y la sucesiva utilización del equipo, con el beneficio de un menor capital inmovilizado en el total de esta implementación.

Para la medición del caudal, se utiliza un caudalímetro electromagnético, la empresa Berthold produce de este tipo de caudalímetros, con un recubrimiento interno preparado para líquidos abrasivos con elevado contenido de sólidos. En el caso de la medición de densidad, se utiliza una fuente radioactiva, la cual emite de forma perpendicular al flujo, para ser recibido al lado opuesto de la misma sección y calcular la densidad del material que viaja por la cañería, una empresa que elabora estas soluciones es Krohne, quien tiene representación en el país. Estos instrumentos tienen un elevado costo, y no se consideran de necesidad para las obras planeadas en este tipo de draga en el país.

Fundamentalmente, sería de necesidad contar con un elemento del tipo sonar, como pueden ser los scanners de barrido lateral, para lograr el cálculo del volumen dragado de forma indirecta por comparación de las mediciones previas y posteriores. De esta manera se agregaría una funcionalidad extra al conjunto, con el menor costo productivo.

4.10. Presupuesto Estimado para la Fabricación

Teniendo en cuenta los distintos factores intervinientes, se ha tratado de lograr el producto más conveniente ponderando la calidad y durabilidad por sobre la inversión inicial, por tratarse de un producto con prolongado tiempo de amortización y vida útil.

A continuación, se describirán los costos estimados en la fabricación del aparato, teniendo en cuenta los costos de materiales como la mano de obra necesaria, expresados en dólares estadounidenses, y en carácter aproximado, dadas las condiciones particulares de la situación actual del país y la baja disponibilidad de algunos componentes.

Empezando por los costos de fabricación, tenemos primero los materiales y luego la mano de obra asignada a ello. Estimando los materiales tendremos un total de 3100 kg de acero naval entre las láminas de calibre 10, los perfiles UPN 380 y 200, piezas soldadas y sobrantes. Dicho material se computa en 2,1 U\$D por kilogramo promedio llegando a la suma de 6.510 U\$D. Presupuestando el corte, plegado, armado y soldadura de la estructura por talleres navales, se llega a un presupuesto en torno a los 18.500 U\$D incluyendo los elementos necesarios para realizar los cordones de soldadura y el oxicorte. Dichos cordones serán realizados mediante soldadura SMAW con electrodos del tipo INDURA 11018-M (Hoja de especificaciones incluida en el anexo).

Entrando en la parte de la hidráulica encontramos los siguientes valores:

- Bombas: Circuito principal (A4FO – 180) – 1200 U\$D
 Circuito Secundario (A4VSG – 125) – 1000 U\$D
- Motor: Chigre de avance (A4FM – 125) – 980 U\$D
- Válvulas: Circuito principal (LFA-25 y WEH-NG16) – 650 U\$D
 Circuito secundario (2FRE-10, WE6, Z2S6) – 1200 U\$D
- Pistones – 1500 U\$D
- Mangueras y conexionado – 2000 U\$D
- Fluído (Castrol Hydraulic) – 1550 U\$D

Queda pendiente el pedido de la bomba de lodos, con su motor, caja de transferencia y cortador proporcionado por DAMEN que se encuentra en los 59.000 U\$D, y la unidad de potencia Caterpillar C12 en 21.000 U\$D.

Por último, en gastos varios:

- Scanner de barrido lateral – 4100 U\$D
- Pinturas Epoxy (Primer – Antifouling – Terminación) – 850 U\$D

- Recipiente y filtros de fluido hidráulico – 900 USD

4.11. Resultados y Conclusiones

El presupuesto total supera los 120.000 dólares estadounidenses lo que resulta un capital necesario para la fabricación, más elevado al inicialmente esperado para un elemento de estas características, teniendo en cuenta que sólo se tuvo en cuenta la inversión destinada a la fabricación de la barcaza exclusivamente. Resulta muy elevado el costo por kilogramo de acero en el país y de insumos claves, como la mano de obra y otros materiales utilizados como la bomba y el cortador, debiendo mejorar en estos aspectos para lograr una plataforma más económica que permita su fabricación y operación. De todos modos, los costos de las obras de este tipo en el país tampoco son bajos con respecto a los de otras partes del mundo por lo que no será un impedimento clave a la hora de adquirir un aparato de este tipo.

Durante la fase de investigación se logró profundizar mucho en los pasos previos y consideraciones fundamentales de cada obra de dragado lo que resulta de un valor primordial para poder entender y realizar las obras de una manera eficiente y sustentable, respetando al medio ambiente y comprendiendo las limitaciones y los riesgos que implica cada uno de los métodos y tipos de aparatos. Pudiendo seleccionar para la aplicación, obra o necesidad de manera correcta, servirá de gran ayuda a los obradores locales.

Se logró el objetivo del tamaño y productividad esperados al principio del proyecto, en base a una plataforma simple, con diversidad de posibilidades de aplicación. También es de recalcar, que no se escatimó en la estructura y construcción, teniendo la premisa clave sobre seguridad y durabilidad.

Puntos sobre los cuales se podrá seguir investigando para lograr un mejor producto final:

- Automatización del esquema de trabajo, en cuanto a bomba, conjunto de succión y transporte para mantener mayor eficiencia, en correlación con la velocidad del trabajo y las cualidades del suelo
- Reforma o mejora del sistema de avance y transporte pudiendo tener una propulsión propia o asistida de otros medios
- Mecanismo de carga y transporte modular del conjunto

5. Bibliografía

IADC - *Dredging in Figures 2016* [en línea] - 2016 - <https://www.iadc-dredging.com/ul/cms/fck-uploaded/documents/PDF%20Dredging%20in%20Figures/dredging-in-figures-2016.pdf>

IADC - *Facts About Dredging Plant and Equipment* [en línea] – 2011 - https://slidelegend.com/facts-about-dredging-plant-and-equipment-iadc-dredging_59df76d01723dd45a670e2e1.html

IADC - *Environmental Monitoring* [en línea] - 2010 - https://slidelegend.com/environmental-monitoring-iadc-dredging_5bfbbdc9097c47a55d8b45a6.html

IADC - *Environmental Equipment* [en línea] - 2014 - https://slidelegend.com/environmental-equipment-iadc-dredging_59e06b761723ddc94af22f83.html

IADC – *Seabed Intervention* [en línea] - 2013 - https://slidelegend.com/seabed-intervention-iadc-dredging_59ec2cb01723ddeef0b9c273.html

IADC – *Cutter Suction Dredgers* [en línea] - 2014 - https://slidelegend.com/cutter-suction-dredgers-iadc-dredging_59df9d2f1723dd71e1316c3c.html

IADC – *Dredged Material as a Resource* [en línea] - 2009 - https://slidelegend.com/dredged-material-as-a-resource-iadc-dredging_59e79fe01723dd1bf70c805d.html

IADC - *Facts about site investigations* [en línea] - 2007 - <https://www2.iadc-dredging.com/wp-content/uploads/2016/07/facts-about-site-investigations.pdf>

IADC - *Facts about surveying* [en línea] - 2008 - https://slidelegend.com/facts-about-underwater-surveys-iadc-dredging_5b3ad717097c4735128b45b1.html

IADC - *Facts about Confined Disposal Facilities* [en línea] - 2010 - <https://www2.iadc-dredging.com/wp-content/uploads/2016/07/facts-about-confined-disposal-facilities.pdf>

IADC – *Initiating Hydraulic Fill Projects* [en línea] - 2012 - https://slidelegend.com/initiating-hydraulic-fill-projects-iadc-dredging_5aeda1b07f8b9af27d8b4574.html

IADC – *Dredging: the facts* [en línea] - https://slidelegend.com/dredging-the-facts-iadc-dredging_5b0f5ad87f8b9a89208b45d7.html

IADC – *Backhoe Dredgers* [en línea] - 2012 - <https://www2.iadc-dredging.com/wp-content/uploads/2016/07/facts-about-backhoe-dredgers.pdf>

IADC – *Turbidity & Dredging* [en línea] - <https://www2.iadc-dredging.com/wp-content/uploads/2019/08/facts-about-turbidity-and-dredging.pdf>

Bray, R.N., Cohen, M., IADC, IAPH – *Dredging for development* [en línea] – 6th edition, IADC, Holanda - 2010 - ISBN/EAN: 978-90-75254-16-7 - <https://www.iadc-dredging.com/ul/cms/fck-uploaded/documents/PDF%20Publications/dredging-for-development-2010.pdf>

Bray, R.N., Bates, A.D, and Land, J.M., *Dredging, a handbook for engineers*, Second edition Wiley, 1997 ISBN: 047023587X, 9780470235874

- ESCALANTE, Raúl – *Consideraciones generales* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T1.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Investigaciones necesarias para las obras de dragado* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T2.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Investigaciones geológicas y geotécnicas* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T3.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Características físicas de los suelos* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T4.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Elección del equipo de dragado* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T5.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga de cangilones* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T6.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga de cuchara de almejas* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T7.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga tipo retroexcavadora* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T8.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga de succión por arrastre* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T9.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga dustpan* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T11.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Técnicas de dragado hidrodinámico* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T12.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Otras dragas* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T13.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Draga de succión con cortador* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T14.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Costos de las obras de dragado* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T15.pdf
- ESCALANTE, Raúl – *Aspectos medioambientales en ingeniería de dragado* [en línea] - 2019 -
http://www.graduadosportuaria.com.ar/descarga/vias_Navegables/ingenieria_dragado/DRA_T18.pdf
- VLASBLOM, W.J., CEDA - *Chapter 1: Introduction to dredging equipment* [en línea] -
<https://dredging.org/documents/ceda/downloads/vlasblom1-introduction-to-dredging-equipment.pdf>
- VLASBLOM, W.J., CEDA - *Chapter 3: Cutter suction dredger* [en línea] -
<https://dredging.org/documents/ceda/downloads/vlasblom3-the-cutter-suction-dredger.pdf>

DE VICENZI, Marcos - *Desempeño de las dragas de rosario de cangilones en el puerto de Buenos Aires y perspectivas para el futuro* [en línea] - 2014 -

http://www.aadip.org.ar/pdf/papers/seccion8/De_Vincenzi.pdf

ROYAL IHC [en línea] - <http://www.royalihc.com/>

VMI INC [en línea] - <http://www.vmi-dredges.com/>

ELICOTT DREDGES [en línea] - <https://www.dredge.com/>

START DREDGING [en línea] - <https://www.startdredging.com/>

IMS DREDGES [en línea] - <http://www.imsdredge.com/>

DAMEN SHIPYARDS GROUP [en línea] - <https://www.damen.com/en>

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF DREDGING COMPANIES (IADC) [en línea] -

<https://www2.iadc-dredging.com/>

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF NAVIGATION CONGRESSES (PIANC)

[en línea] - <https://www.pianc.org/>

CENTRAL DREDGING ASSOCIATION (CEDA) [en línea] - <https://dredging.org/>

BOSCH-REXROTH [en línea] - <https://www.boschrexroth.com/en/xc/home/index/>

BERTHOLD [en línea] - <https://www.berthold.com/>

KROHNE [en línea] - <https://ar.krohne.com/es/>

BOSKALIS: CAPABILITIES CLIP CUTTER SUCTION DREDGER [video en línea] -

<https://www.youtube.com/watch?v=PvwUitZewvw/>

SECOND SUEZ CANAL: ICON OF THE FUTURE [video en línea] -

<https://www.youtube.com/watch?v=l09COo3SUVk/>

ANEXOS

Anexo A: Manuales de referencia de la hidráulica instalada

Bomba de desplazamiento fijo A4FO de pistones axiales. Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: Rexroth-A4FO conteniendo las especificaciones completas.

- 4 **A4FO** | Axial piston fixed pump
Hydraulic fluids

Hydraulic fluids

The A4FO fixed pump is designed for operation with HLP mineral oil according to DIN 51524. Application instructions and requirements for hydraulic fluids should be taken from the following data sheets before the start of project planning:

- ▶ 90220: Hydraulic fluids based on mineral oils and related hydrocarbons
- ▶ 90221: Environmentally acceptable hydraulic fluids
- ▶ 90222: Fire-resistant, water-free hydraulic fluids (HFDR/HFDRU)
- ▶ 90223: Fire-resistant, water-containing hydraulic fluids (HFC, HFB, HFAE, HFAS)
Sizes 22 and 28 are not suitable for operation with HFA, HFB and HFC.

Details regarding the choice of hydraulic fluid

The hydraulic fluid should be selected such that the operating viscosity in the operating temperature range is within the optimum range (v_{opt} , see selection diagram).

Note

At no point of the component may the temperature be higher than 115 °C (sizes 22 and 28) and 90 °C (sizes 71 to 500). The temperature difference specified in the table is to be taken into account when determining the viscosity in the bearing. If the above conditions cannot be maintained due to extreme operating parameters, please contact the responsible member of staff at Bosch Rexroth.

Viscosity and temperature of hydraulic fluids

▼ Sizes 22 and 28

	Viscosity	Temperature	Comment
Cold start	$v_{max} \leq 1600 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta_{St} \geq -40 \text{ }^\circ\text{C}$	$t \leq 3 \text{ min}$, $n \leq 1000 \text{ rpm}$, without load $p \leq 50 \text{ bar}$
Permissible temperature difference		$\Delta T \leq 25 \text{ K}$	between axial piston unit and hydraulic fluid in the system
Warm-up phase	$v_{max} < 1600 \text{ to } 400 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $-25 \text{ }^\circ\text{C}$	at $p \leq 0,7 \times p_{nom}$, $n \leq 0,5 \times n_{nom}$ and $t \leq 15 \text{ min}$
Continuous operation	$v = 400 \text{ to } 10 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+110 \text{ }^\circ\text{C}$	measured at port T_1 or T_2 Note the permissible temperature range of the shaft seal ($\Delta T = \text{approx. } 5 \text{ K}$ between the bearing/shaft seal and port T_1/T_2)
	$v_{opt} = 36 \text{ to } 16 \text{ mm}^2/\text{s}$		Range of optimum operating viscosity and efficiency
Short-term operation	$v_{min} \geq 7 \text{ mm}^2/\text{s}$		$t < 3 \text{ min}$, $p < 0,3 \times p_{nom}$

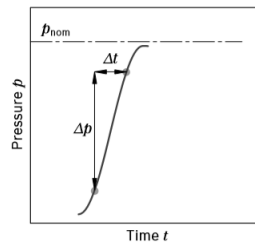
▼ Sizes 71 to 500

	Viscosity	Temperature	Comment
Cold start	$v_{max} \leq 1000 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta_{St} \geq -40 \text{ }^\circ\text{C}$	$t \leq 3 \text{ min}$, $n \leq 1000 \text{ rpm}$, without load $p \leq 50 \text{ bar}$
Permissible temperature difference		$\Delta T \leq 25 \text{ K}$	between axial piston unit and hydraulic fluid in the system
Warm-up phase	$v_{max} < 1000 \text{ to } 100 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $-25 \text{ }^\circ\text{C}$	at $p \leq 0,7 \times p_{nom}$, $n \leq 0,5 \times n_{nom}$ and $t \leq 15 \text{ min}$
Continuous operation	$v = 100 \text{ to } 16 \text{ mm}^2/\text{s}$	$\theta = -25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $+90 \text{ }^\circ\text{C}$	measured at port T Note the permissible temperature range of the shaft seal
	$v_{opt} = 36 \text{ to } 16 \text{ mm}^2/\text{s}$		Range of optimum operating viscosity and efficiency
Short-term operation	$v_{min} \geq 10 \text{ mm}^2/\text{s}$		$t < 3 \text{ min}$, $p < 0,3 \times p_{nom}$

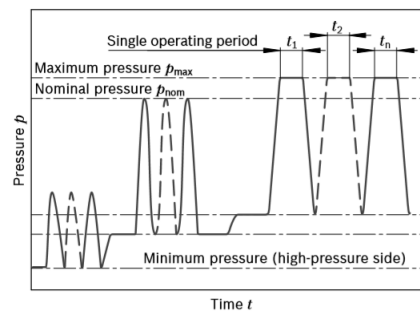
Working pressure range

Pressure at working ports A or B and B ₁	Sizes 22 and 28	Sizes 71 to 500	Definition
Nominal pressure p_{nom}	400 bar absolute	350 bar absolute	The nominal pressure corresponds to the maximum design pressure.
Maximum pressure p_{max}	450 bar absolute	400 bar absolute	The maximum pressure corresponds the maximum working pressure within the single operating period. The sum of the single operating periods must not exceed the total operating period.
Single operating period	1 s	1 s	
Total operating period	300 h	300 h	
Minimum pressure (high-pressure side)	25 bar absolute	-	Minimum pressure on high-pressure side (A or B and B ₁) required to prevent damage to the axial piston unit.
Rate of pressure change $R_{A\ max}$	16000 bar/s	16000 bar/s	Maximum permissible rate of pressure build-up and reduction during a pressure change over the entire pressure range.
Pressure at suction port S (inlet)			
Minimum pressure $p_{S\ min}$	0,8 bar absolute	0,8 bar absolute	Minimum pressure at suction port S (inlet) that is required in order to avoid damage to the axial piston unit. The minimum pressure depends on the speed of the axial piston unit.
Maximum pressure $p_{S\ max}$	2 bar absolute	30 bar absolute	

▼ Rate of pressure change $R_{A\ max}$



▼ Pressure definition



Total operating period = $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

Note

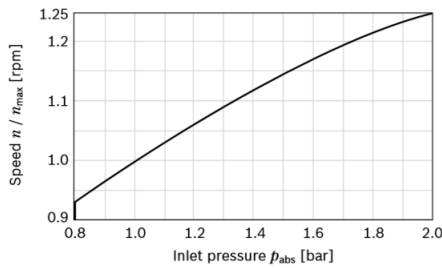
Working pressure range valid when using hydraulic fluids based on mineral oils. Values for other hydraulic fluids, please contact us.

8 **A4FO** | Axial piston fixed pump
Technical data

Technical data

Size	NG		22	28	71	125	180	250/H ¹⁾	500/H ¹⁾	
Displacement, geometric, per revolution	V_g	cm ³	22	28	71	125	180	250	500	
Maximum rotational speed ²⁾	n_{nom}	rpm	3600	3000	2200	1800	1800	1500 / 1900	1320 / 1500	
Maximum rotational speed ³⁾	n_{max}	rpm	4500	3750	2700	2200	2100	1800 / 2100	1600 / 1800	
Flow	at V_g and n_{nom}	q_v	l/min	79	84	156	225	324	375 / 475	660 / 750
Power	at V_g , n_{nom} and $\Delta p = 400$ bar	P	kW	53	56	91 ⁴⁾	131 ⁴⁾	189 ⁴⁾	219 / 277 ⁴⁾	385 / 438 ⁴⁾
Torque	at V_g and $\Delta p = 400$ bar	T	Nm	140	178	396 ⁴⁾	696 ⁴⁾	1003 ⁴⁾	1393 ⁴⁾	2785 ⁴⁾
Rotary stiffness drive shaft	Shaft end S	c	kNm/rad	29,9	29,9	–	–	–	–	–
	Shaft end P	c	kNm/rad	–	–	146	260	328	527	1145
	Shaft end Z	c	kNm/rad	–	–	146	263	332	543	1136
Moment of inertia for rotary group	J_{GR}	kgm ²	0,0017	0,0017	0,0121	0,0300	0,055	0,0959	0,3325	
Maximum angular acceleration	a	rad/s ²	38000	38000	20000	13000	10000	8000	4800	
Case volume	V	l	0,3	0,3	2,0	3,0	4,0	7,0	11,0	
Weight (approx.)	m	kg	13,5	13,5	34	61	76	120	220	

▼ **Maximum permissible speed (speed limit)**



Notes

- Theoretical values, without efficiency and tolerances; values rounded
- Operation above the maximum values or below the minimum values may result in a loss of function, a reduced service life or the destruction of the axial piston unit. Bosch Rexroth recommend testing the loads by means of experiment or calculation / simulation and comparison with the permissible values.

Determining operating characteristics

Flow	$q_v = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000}$	[l/min]
Torque	$T = \frac{V_g \times \Delta p}{20 \times \pi \times \eta_{mh}}$	[Nm]
Power	$P = \frac{2 \times \pi \times T \times n}{60000} = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times \eta_t}$	[kW]

Key

V_g	=	Displacement per revolution [cm ³]
Δp	=	Differential pressure [bar]
n	=	Rotational speed [rpm]
η_v	=	Volumetric efficiency
η_{mh}	=	Mechanical-hydraulic efficiency
η_t	=	Total efficiency ($\eta_t = \eta_v \times \eta_{mh}$)

1) H = High-speed version



2) The values are valid:



- At absolute pressure $p_{abs} = 1$ bar at suction port **S**
- For the optimal viscosity range of $\nu_{opt} = 36$ to 16 mm²/s
- For hydraulic fluid based on mineral oils.

3) Maximum speed (speed limit) with increased inlet pressure p_{abs} at suction port **S**, see diagram.

4) At $\Delta p = 350$ bar

Permissible radial and axial forces of the drive shaft

Size	NG		22	28
Drive shaft S according to ANSI B92.1a		in	7/8	7/8
Maximum radial force at distance a (from shaft collar)	$F_{q \max}$	N	2550	2150
	a	mm	16,5	16,5
				
Maximum axial force	$+F_{ax \max}$	N	1557	1557
	$-F_{ax \max}$	N	417	417
				

Size	NG		71	71	125	125	180	180	250	250	500	500
Drive shaft Z according to DIN 5480				W40		W50		W50		W60		W80
Drive shaft P according to DIN 6885		mm	Ø40		Ø50		Ø50		Ø60		Ø80	
Maximum radial force at distance a (from shaft collar)	$F_{q \max}$	N	1200	1200	1600	1600	2000	2000	2000	2000	2500	2500
	a	mm	35	22,5	41	27	41	27	52,5	35	65	45
												
Maximum axial force	$+F_{ax \max}$	N	800	800	1000	1000	1400	1400	1800	1800	2000	2000
	$-F_{ax \max}$	N	800	800	1000	1000	1400	1400	1800	1800	2000	2000
												

Note

Special requirements apply in the case of belt drive and cardan shaft. Please contact us.

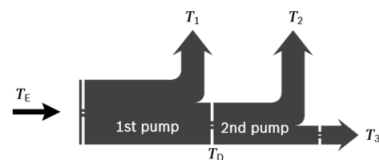
10 **A4FO** | Axial piston fixed pump
Technical data

Permissible input and through-drive torques

Size	NG		22	28	
Torque at V_2 and $\Delta p = 400 \text{ bar}^{(1)}$		T	Nm	140	178
Input torque at drive shaft, maximum ⁽²⁾					
ANSI B92.1a	S	$T_{E \max}$	Nm	192	192
				7/8 in	7/8 in
Maximum through-drive torque		$T_{D \max}$	Nm	192	192

Size	NG		71	125	180	250	500	
Torque at V_2 and $\Delta p = 350 \text{ bar}^{(1)}$		T	Nm	396	696	1003	1393	2785
Input torque at drive shaft, maximum ⁽²⁾								
DIN 5480	Z	$T_{E \max}$	Nm	790	1392	2004	2782	5566
				W40	W50	W50	W60	W80
DIN 6885	P	$T_{E \max}$	Nm	700	1392	1400	2300	5200
				Ø40	Ø50	Ø50	Ø60	Ø80
Maximum through-drive torque		$T_{D \max}$	Nm	395	696	1002	1391	2783

▼ **Torque distribution**



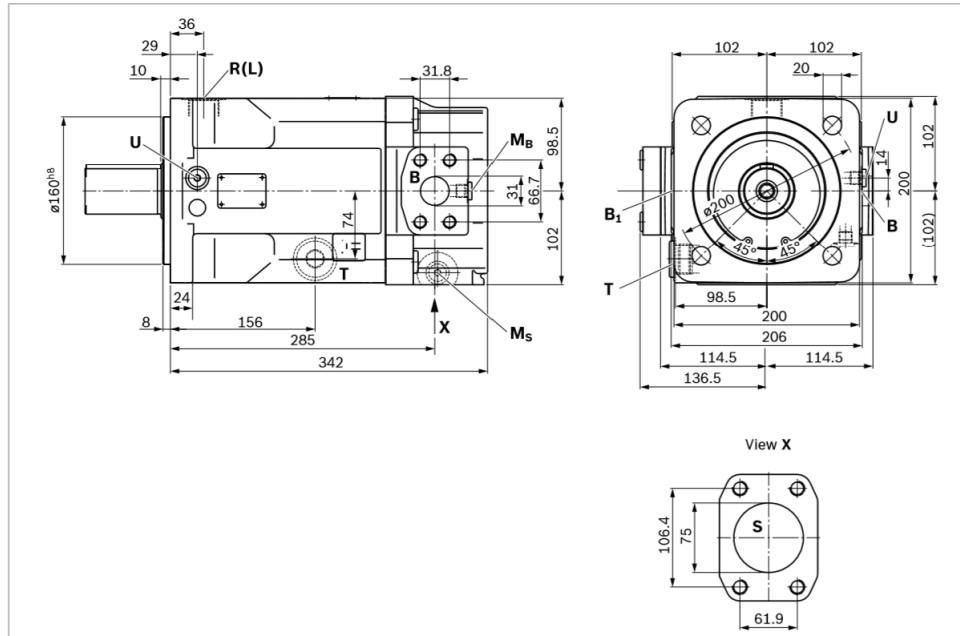
Torque at 1st pump	T_1
Torque at 2nd pump	T_2
Torque at 3rd pump	T_3
Input torque	$T_E = T_1 + T_2 + T_3$
	$T_E < T_{E \max}$
Through-drive torque	$T_D = T_2 + T_3$
	$T_D < T_{D \max}$

18 **A4FO** | Axial piston fixed pump
Dimensions size 180

Dimensions [mm]

Dimensions size 180

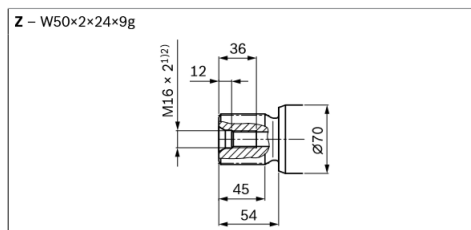
Representation with clockwise and counter-clockwise direction of rotation



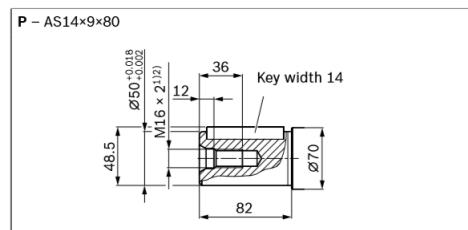
Dimensions [mm]

Axial piston fixed pump | **A4FO** 19
Dimensions size 180

▼ Splined shaft DIN 5480



▼ Parallel keyed shaft DIN 6885



Ports	Standard	Size ²⁾	$p_{max abs}$ [bar] ³⁾	Status
B	SAE J518 ⁴⁾ DIN 13	1 1/4 in M14 × 2; 19 deep	400	O
B₁	SAE J518 ⁴⁾ DIN 13	1 1/4 in M14 × 2; 19 deep	400	X
S	SAE J518 ⁴⁾ DIN 13	3 in M16 × 2; 24 deep	30	O
T	DIN 3852 ⁵⁾	M33 × 2; 18 deep	4	X
R (L)	DIN 3852 ⁵⁾	M33 × 2; 18 deep	4	O
M_B	DIN 3852 ⁵⁾	M14 × 1,5; 12 deep	400	X
M_S	DIN 3852 ⁵⁾	M14 × 1,5; 12 deep	30	X
U	DIN 3852 ⁵⁾	M14 × 1,5; 12 deep	10	X

Bomba de desplazamiento variable A4VSG de pistones axiales. Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: Rexroth-A4VSG conteniendo las especificaciones completas.

Hydraulic fluids

The A4VSG variable pump is designed for operation with HLP mineral oil according to DIN 51524.

Application instructions and requirements for hydraulic fluids should be taken from the following data sheets before the start of project planning:

- ▶ 90220: Hydraulic fluids based on mineral oils and related hydrocarbons
- ▶ 90221: Environmentally acceptable hydraulic fluids
- ▶ 90222: Fire-resistant, water-free hydraulic fluids (HFDR/HFDU)

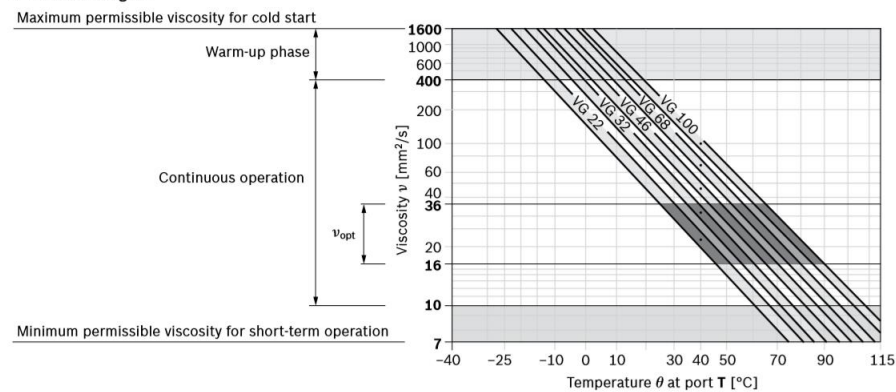
Notes on selection of hydraulic fluid

The hydraulic fluid should be selected so that the operating viscosity in the operating temperature range is within the optimum range (v_{opt} see selection diagram).

Viscosity and temperature of hydraulic fluids

	Viscosity	Shaft seal	Temperature ³⁾	Comment
Cold start	$v_{max} \leq 1600 \text{ mm}^2/\text{s}$	NBR ²⁾	$\theta_{St} \geq -40 \text{ }^\circ\text{C}$	$t \leq 3 \text{ min}$, without load ($p \leq 50 \text{ bar}$), $n \leq 1000 \text{ rpm}$ Permissible temperature difference between axial piston unit and hydraulic fluid in the system maximum 25 K
		FKM	$\theta_{St} \geq -25 \text{ }^\circ\text{C}$	
Warm-up phase	$v = 1600 \dots 400 \text{ mm}^2/\text{s}$			$t \leq 15 \text{ min}$, $p \leq 0.7 \times p_{nom}$ and $n \leq 0.5 \times n_{nom}$
Continuous operation	$v = 400 \dots 10 \text{ mm}^2/\text{s}^{1)}$	NBR ²⁾	$\theta \leq +85 \text{ }^\circ\text{C}$	measured at port T
		FKM	$\theta \leq +110 \text{ }^\circ\text{C}$	
	$v_{opt} = 36 \dots 16 \text{ mm}^2/\text{s}$			Range of optimum operating viscosity and efficiency
Short-term operation	$v_{min} = 10 \dots 7 \text{ mm}^2/\text{s}$	NBR ²⁾	$\theta \leq +85 \text{ }^\circ\text{C}$	$t \leq 3 \text{ min}$, $p \leq 0.3 \times p_{nom}$, measured at port T
		FKM	$\theta \leq +110 \text{ }^\circ\text{C}$	

▼ **Selection diagram**



6 **A4VSG Series 1x and 3x** | Axial piston variable pump
Type code

Filtration of the hydraulic fluid

Finer filtration improves the cleanliness level of the hydraulic fluid, which increases the service life of the axial piston unit. A cleanliness level of at least 20/18/15 is to be maintained according to ISO 4406.

At a hydraulic fluid viscosity of less than 10 mm²/s (e.g. due to high temperatures during short-time duty) at the drain port, a cleanliness level of at least 19/17/14 according to ISO 4406 is required.

For example, the viscosity corresponds to 10 mm²/s:

- at a temperature of 73 °C for HLP 32
- at a temperature of 85 °C for HLP 46

Bearing flushing

For the following operating conditions bearing flushing is required for a safe, continuous operation:

- ▶ Applications with water-containing special fluids due to limited lubricity and narrow operating temperature range
- ▶ Operation with borderline conditions for temperature and viscosity
- ▶ With vertical installation (drive shaft facing upwards) for lubricating the front bearing and the shaft seal.

Bearing flushing is realized at port **U** in the area of the front flange of the variable pump. The flushing fluid flows through the front bearing and discharges with the pump drain at the drain port.

Depending on the individual sizes, the following flushing flows are recommended:

NG	40	71	125	180	250	355	500	750	1000
q _{sp} l/min	3	4	5	7	10	15	20	30	40

For the flushing flows stated, there is a pressure differential of about 2 or 3 bar between port **U** (including fitting) and the case drain chamber (series 1x and series 3x, respectively).

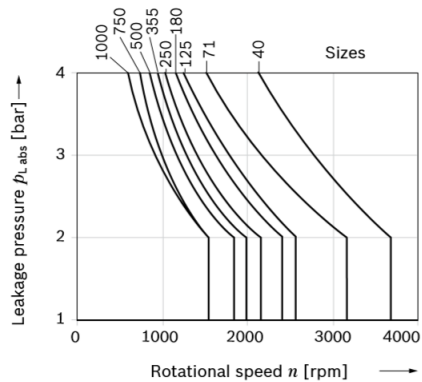
Notice regarding series 3x

When using external bearing flushing, the throttle screw in port **U** must be turned to the stop.

Shaft seal

Permissible pressure load

The service life of the shaft seal ring is influenced by the rotational speed of the pump and the leakage pressure. It is recommended that the average, continuous leakage pressure of 2 bar absolute at operating temperature not be exceeded (maximum permissible leakage pressure 4 bar absolute at reduced rotational speed, see diagram). Short-term (*t* < 0.1 s) pressure peaks of up to 10 bar absolute are permitted. The service life of the shaft seal ring decreases with an increase in the frequency of pressure peaks. The case pressure must be equal to or greater than the external pressure on the shaft seal.

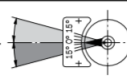


Notice

For details on the viscosity and temperatures of the hydraulic fluids, please see page 5.

Flow direction

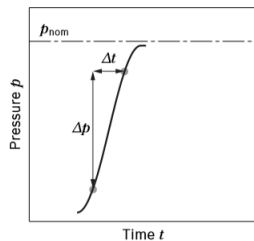
Direction of rotation		Swiveling range
clockwise	counter-clockwise	
B to A	A to B	clockwise
A to B	B to A	counter-clockwise



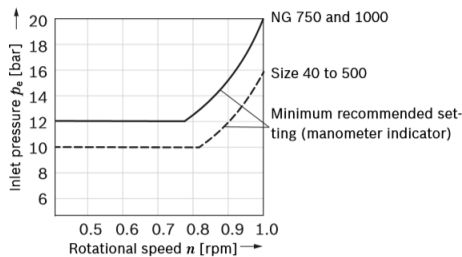
Working pressure range

Pressure at working port A or B		Definition
Nominal pressure p_{nom}	350 bar	The nominal pressure corresponds to the maximum design pressure.
Maximum pressure p_{max}	400 bar	The maximum pressure corresponds to the maximum working pressure within the single operating period. The sum of the single operating periods must not exceed the total operating period.
Single operating period	1 s	
Total operating period	300 h	
Minimum pressure (High-pressure side)	15 bar	Minimum pressure at the high-pressure side (A or B) which is required to prevent damage to the axial piston unit.
Minimum pressure (low-pressure side)		Minimum pressure at the low-pressure side (A or B) which is required to prevent damage to the axial piston unit. The minimum pressure depends on the rotational speed and the feed pressure (see diagram).
Rate of pressure change $R_{A\ max}$	16000 bar/s	Maximum permissible speed of pressure build-up and reduction during a pressure change across the entire pressure range.
Recommended boost pressure p_{SP} (input) (for boost pumps, see page 47)		
Sizes 40 to 500	16 bar	
Sizes 750 to 1000	25 bar	
for a shared attachment pump for boost and control fluid circuit (EO1...Ho4)	25 bar	
Maximum boost pressure - attachment pump $p_{S\ max}$ at control ¹⁾ :		
MA, EM, HM, EO, DS	50 bar	For information on the control pressure, see the respective data sheets on page 2
HD, EP	25 bar	
Case pressure at port K₂, K₃, R(L)		
Maximum static pressure $p_{L\ max}$	3 bar	Maximum 1.2 bar higher than inlet pressure at port S, but not higher than $p_{L\ max}$. A drain line to the reservoir is required.
Pressure peaks $p_{L\ peak}$	6 bar	$t < 0.1\ s$

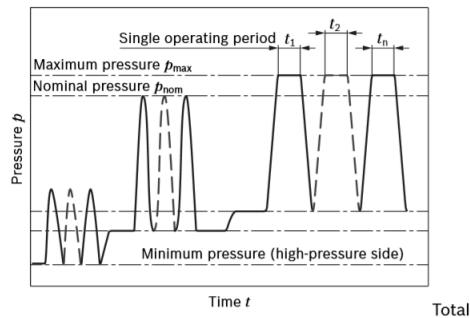
▼ Rate of pressure change $R_{A\ max}$



▼ Minimum pressure, low-pressure side



▼ Pressure definition



Operating period = $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

Notice

Working pressure range valid when using hydraulic fluids based on mineral oils. Please contact us for values for other hydraulic fluids.

¹⁾ For permissible inlet pressure of the respective attachment pump, see the corresponding data sheet

8 **A4VSG Series 1x and 3x** | Axial piston variable pump
Technical data

Technical data

Size	NG	40	71	125	180	250	355	500	750	1000		
Displacement, geometric, per revolution	$V_{g \max}$	cm ³	40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
Rotational speed maximum ¹⁾	at $V_{g \max}$	n_{\max}	rpm	3700	3200	2600	2400	2200	2000	1800	1600	
Flow	at n_{\max} and $V_{g \max}$	q_v	l/min	148	227	325	432	550	710	900	1200	1600
	at 1500 rpm and $V_{g \max}$			60	107	186	270	375	533	750	1125	1500
Power	at n_{\max} , $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar	P	kW	86	132	190	252	321	414	525	700	933
	at 1500 rpm, $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar			35	62	109	158	219	311	438	656	875
Torque	at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350$ bar	M	Nm	223	395	696	1002	1391	1976	2783	4174	5565
	at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 100$ bar			64	113	199	286	398	564	795	1193	1590
Rotary stiffness of drive shaft	P	c	kNm/rad	80	146	260	328	527	800	1145	1860	2730
	Z	c	kNm/rad	77	146	263	332	543	770	1136	1812	2845
Moment of inertia Rotary group	J_{IW}	kgm ²	0.0049	0.0121	0.03	0.055	0.0959	0.19	0.3325	0.66	1.20	
Maximum angular acceleration ²⁾	α	rad/s ²	17000	11000	8000	6800	4800	3600	2800	2000	1450	
Case volume	V	l	2	2.5	5	4	10	8	14	19	27	
Weight approx.	m	kg	42	60	107	112	220	235	335	500	644	

Determining the characteristics

Flow	$q_v = \frac{V_g \times n \times \eta_v}{1000}$	[l/min]
Torque	$M = \frac{V_g \times \Delta p}{20 \times \pi \times \eta_{hm}}$	[Nm]
Power	$P = \frac{2 \pi \times M \times n}{60000} = \frac{q_v \times \Delta p}{600 \times \eta_t}$	[kW]
Key		
V_g	= Displacement per revolution [cm ³]	
Δp	= Differential pressure [bar]	
n	= Rotational speed [rpm]	
η_v	= Volumetric efficiency	
η_{hm}	= Hydraulic-mechanical efficiency	
η_t	= Total efficiency ($\eta_t = \eta_v \times \eta_{hm}$)	

Notices



- ▶ Theoretical values, without efficiency and tolerances; values rounded
- ▶ Operation above the maximum values or below the minimum values may result in a loss of function, a reduced service life or in the destruction of the axial piston unit. We recommend testing the loads by means of experiment or calculation / simulation and comparison with the permissible values.

1) The values are applicable:

- for the optimum viscosity range from $v_{opt} = 36$ to 16 mm²/s
- with hydraulic fluid based on mineral oils

2) The data are valid for values between the minimum required and maximum permissible rotational speed. Valid for external excitation (e.g. diesel engine 2 to 8 times rotary frequency; cardan shaft twice the rotary frequency). The limit value is only valid for a single pump. The load capacity of the connecting parts must be considered.

Permissible radial and axial forces of the drive shafts

Size	NG	40	71	125	180	250	355	500	750	1000	
Maximum radial force at distance a/2		$F_{q \max}$ N	1000	1200	1600	2000	2000	2200	2500	3000	3500
Maximum axial force		$+ F_{ax \max}$ N $- F_{ax \max}$ N	600	800	1000	1400	1800	2000	2000	2200	2200

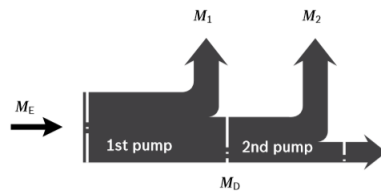
Notices

- ▶ Special requirements apply in the case of belt drives. Please contact us.
- ▶ Force-transfer direction of the permissible axial force
 $+ F_{ax \max}$ = Increase in bearing service life
 $- F_{ax \max}$ = Reduction in bearing service life

Permissible input and through-drive torques

Size	NG	40	71	125	180	250	355	500	750	1000			
Torque at $V_{g \max}$ and $\Delta p = 350 \text{ bar}^{(1)}$	M_{\max}	Nm	223	395	696	1002	1391	1976	2783	4174	5565		
Maximum input torque at drive shaft ⁽²⁾													
	Splined shaft	Z	$M_{E \max}$	Nm	446	790	1392	2004	2782	3952	5566	8348	11130
	Shaft key	P	$M_{E \max}$	Nm	380	700	1392	1400	2300	3557	5200	7513	9444
Maximum through-drive torque	$M_D \max$	Nm									$T_D \max = T_E \max$		

▼ Distribution of torques



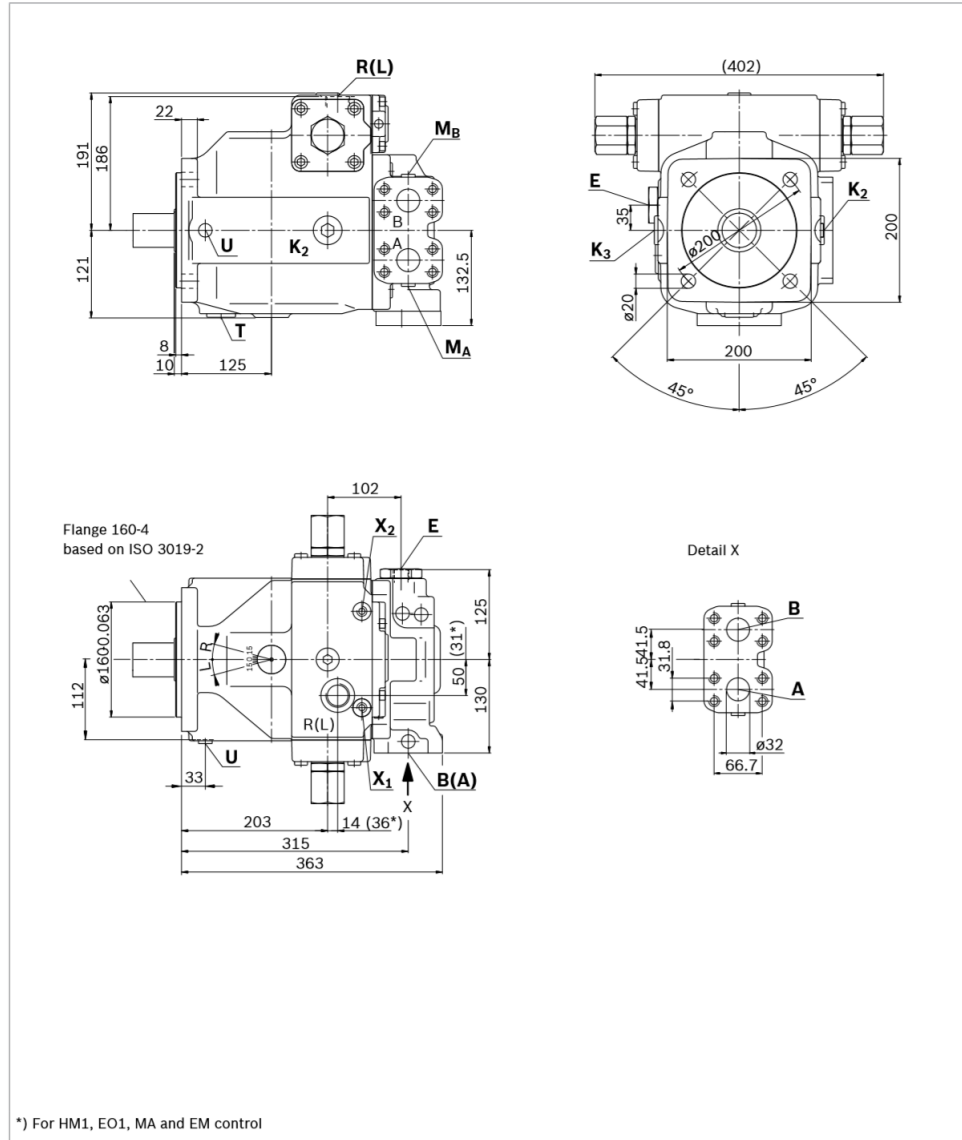
Torque at 1st pump	M_1
Torque at 2nd pump	M_2
Torque at 3rd pump	M_3
Input torque	$M_E = M_1 + M_2 + M_3$
	$M_E < M_{E \max}$
Through-drive torque	$M_D = M_2 + M_3$
	$M_D < M_{D \max}$

18 **A4VSG Series 1x and 3x** | Axial piston variable pump
Dimensions, size 125

Dimensions [mm]

Dimensions, size 125

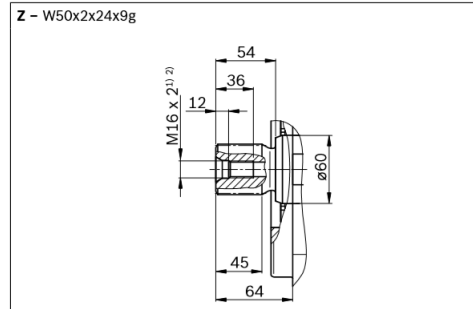
Example: **HM.** – Hydraulic control, control volume dependent, for additional dimensions, see data sheets for the controls



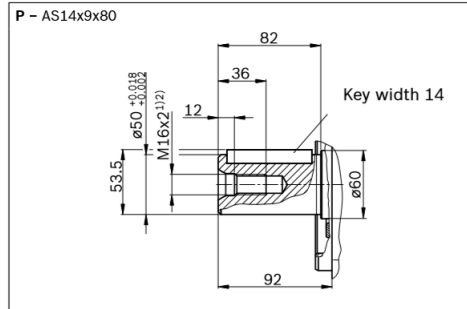
Dimensions [mm]

Axial piston variable pump | **A4VSG Series 1x and 3x** 19
Dimensions, size 125

▼ Spined shaft DIN 5480



▼ Parallel keyed shaft DIN 6885















Ports	Standard	Size ²⁾	$p_{max\ abs}$ [bar] ³⁾	State ⁷⁾
A, B	SAE J518 ⁴⁾	1 1/4 in	400	O
	DIN 13	M14 x 2; 19 deep		
M_A, M_B	DIN 3852	M14 x 1.5; 12 deep	400	X
T	DIN 3852 ⁵⁾	M33 x 2; 18 deep	4	X ⁶⁾
E	DIN 3852	M22 x 1.5; 14 deep	50	O
X₁, X₂	DIN 3852	M14 x 1.5; 12 deep	100	O
X₁, X₂	DIN 3852	M18 x 1.5; 12 deep	350	O
K₂, K₃	DIN 3852 ⁵⁾	M33 x 2; 18 deep	4	X ⁶⁾
R(L)	DIN 3852 ⁵⁾	M33 x 2; 18 deep	4	O ⁶⁾
U	DIN 3852 ⁵⁾	M14 x 1.5; 12 deep	7	X

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: Rexroth-(x.x) conteniendo las especificaciones completas de cada uno de los modelos de válvulas utilizados para su revisión, siendo x.x el código correspondiente a cada una de ellas.

Anexo B: Cañerías Flotantes de la empresa IHC



<p>Floating rubber hoses</p> <p>Connection hose ② </p> <p>Tapered hose ③ </p> <p>Floating discharge hose ④ </p>	<p>Pressure hose ⑥ </p> <p>Riser hose ⑦ </p> <p>Sinker hose ⑧ </p>	<p>Floating pipelines</p> <p>Floating pipeline ⑪ </p> <p>Pontoon ⑫ </p> <p>Steel pipe ⑨ </p>	<p>Floaters</p> <p>Bow floater ① </p> <p>Ring float ⑤ </p> <p>Ball joints ⑩ </p>	<p>IHC Holland BV</p> <p>P.O. Box 1, 2260 AA Kinderdijk Smeisweg 2, 2304 AW Kinderdijk The Netherlands</p> <p>T +31 786 91 09 11 info@royal-ihc.com www.royal-ihc.com</p>
---	---	---	--	--

Anexo C: Bomba de lodos y cortador fabricados por DAMEN

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: DOP 200 Specification EN conteniendo las especificaciones completas.

Damen offers a complete range of heavy-duty submersible dredge pumps. These compact DOP pumps are directly powered by either a hydraulic or an electric motor, mounted in a protective casing.

A highly efficient, wear-resistant dredge pump with a large spherical passage is at the heart of the DOP pump. It has excellent suction properties and reaches extremely high mixture densities. The DOP pump has been designed for highly abrasive dredging environments.

- Efficient transport of sand / water mixture
- Wear resistant pump parts fit for an abrasive environment
- Compact and robust design
- Easily exchangeable suction heads
- Large sphere passage in impeller
- Maintenance friendly mechanical shaft seal – grease or gland water not required
- High mixture density due to submersed use
- Unlimited operating depth
- User-friendly 'plug & play' design
- Complete dredge package delivery including auxiliaries available

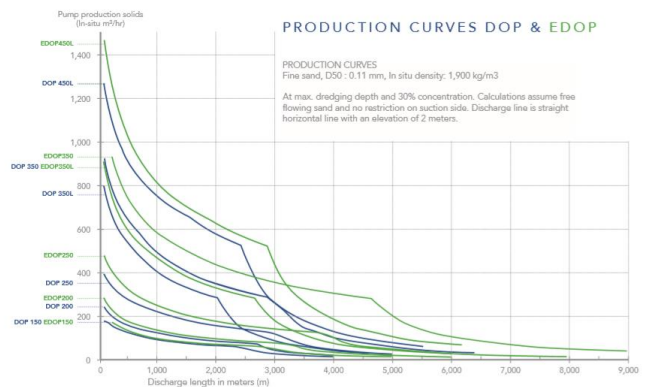
THE DOP PUMP DESIGN
 DOP pumps are designed to be user friendly and easy to maintain. For instance, a cartridge-type mechanical shaft seal that does not require grease or gland water is fitted. Inspections of the impeller can be made simply by using the inspection hatch, which is integrated into the suction pipe.



INDISPENSABLE ACCESSORIES
 A large array of optional suction heads and accessories makes the DOP pump indispensable for your dredging job.

DOP DREDGE PUMP

THE MOST EFFICIENT WAY TO DREDGE





THE HYDRAULICALLY DRIVEN DOP SUBMERSIBLE DREDGE PUMP

The hydraulically driven DOP pump has been designed to efficiently dredge a sand/water mixture. It has been fitted out with its own built-in motor, which can be driven by either the excavator's power unit, or by a separate diesel-hydraulic power pack.

On the lower casing, different types of suction heads can be flange-mounted. This easily interchangeable system ensures the fast mobilisation of the DOP submersible dredge pump and makes it fit for any dredging job.

- Hydraulic motor directly drives the dredge pump
- Robust casing protects hydraulic drive
- Fast mobilisation as hydraulic quick couplings are used
- DOP can run on excavator's hydraulic power pack
- Proven design, for the past 25 years, DOP pumps have been in use all over the world
- Hydraulically driven cutter unit and auger available

OPTIONAL SUCTION HEADS



TYPE A - STANDARD Sand production head to fluidise the bottom material with jet water assistance

TYPE B - LEVELLER Flat bottom head to level the surface of the job site using jet water

TYPE C - CUTTER Hydraulically driven cutter unit for loosening compacted sand

TYPE D - AUGER Hydraulically driven auger head for accurate dredging of polluted sediments

	DOP150	DOP200	DOP250	DOP350L	DOP350	DOP450L
CUTTER DRIVE						
Max. power at shaft	13 kW	17 kW	28 kW	47 kW	47 kW	60 kW
Oil flow	35 l/min	45 l/min	75 l/min	125 l/min	125 l/min	160 l/min
Oil pressure at motor*	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar
AUGER DRIVE						
Max. power at shaft	23 kW	29 kW	38 kW	58 kW	58 kW	87 kW
Oil flow	61 l/min	76 l/min	100 l/min	150 l/min	150 l/min	230 l/min
Oil pressure at motor*	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar
A (height standard DOP)	1,485 mm	1,500 mm	1,880 mm	2,320 mm	2,320 mm	2,430 mm
B (diameter standard DOP)	830 mm	940 mm	1,215 mm	1,500 mm	1,715 mm	1,915 mm
C (height standard suction head)	1,450 mm	1,435 mm	1,690 mm	2,010 mm	2,110 mm	2,380 mm
D (height leveler)	540 mm	590 mm	730 mm	980 mm	880 mm	1,245 mm
E (height cutter unit)	990 mm	1,140 mm	1,495 mm	2,190 mm	2,210 mm	2,230 mm
F (height auger head)	1,380 mm	1,530 mm	1,840 mm	3,450 mm	3,450 mm	2,250 mm
G (length auger)	1,500 mm	1,800 mm	2,500 mm	3,450 mm	3,450 mm	5,000 mm

*add for pipeline losses. **L in pump type stands for Low Pressure type dredge pump

	DOP150	DOP200	DOP250	DOP350L	DOP350	DOP450L
PERFORMANCE						
Nominal mixture capacity	600 m ³ /hr	800 m ³ /hr	1,250 m ³ /hr	2,400 m ³ /hr	2,400 m ³ /hr	4,000 m ³ /hr
Max. total head	5.0 bar	5.0 bar	5.3 bar	3.2 bar	4.8 bar	3.5 bar
Max. pump speed	1,300 rpm	1,200 rpm	900 rpm	625 rpm	580 rpm	470 rpm
Max. power at shaft	80 kW	120 kW	195 kW	240 kW	360 kW	400 kW
HYDRAULIC REQUIREMENTS						
Oil flow	200 l/min	300 l/min	483 l/min	600 l/min	900 l/min	1,000 l/min
Oil pressure at motor*	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar	250 bar
JET WATER						
Internal diameter	80 mm	100 mm	125 mm	200 mm	200 mm	250 mm
Advised capacity	125 m ³ /hr	180 m ³ /hr	300 m ³ /hr	600 m ³ /hr	600 m ³ /hr	1,100 m ³ /hr
Advised pressure	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar
DREDGE PUMP DIMENSIONS						
Suction internal diameter	150 mm	200 mm	250 mm	350 mm	350 mm	450 mm
Discharge internal diameter	180 mm	200 mm	250 mm	350 mm	350 mm	450 mm
Max. spherical passage	77 mm	125 mm	130 mm	200 mm	150 mm	165 mm
WEIGHT						
Basic DOP pump unit	1,100 kg	1,360 kg	2,425 kg	4,580 kg	5,330 kg	7,400 kg

*add for pipeline losses. **L in pump type stands for Low Pressure type dredge pump

HYDRAULICALLY DRIVEN DOP PUMP
TURN YOUR EXCAVATOR INTO AN INSTANT DREDGER



DREDGE PACKAGE

With your DOP we can supply a separate drive, being a diesel-hydraulic power pack. For the water-assisted heads standard diesel-driven jet packs are available. Complete turnkey dredge package deliveries can be arranged including hydraulic hoses, discharge hoses, different suction heads and dredging instrumentation.

Anexo D:

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: Barcaza y BarcazaDatosTecnicos conteniendo las especificaciones completas del conjunto.

Anexo E:

Ha de encontrarse en el CD adjunto tres archivos con nombre: PDS Hempel's conteniendo las especificaciones completas de las pinturas epóxicas recomendadas.

Anexo F:

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: CAT-C12 conteniendo las especificaciones completas de la motorización seleccionada.

Anexo G:

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: INDURA 11018-M conteniendo las especificaciones de los electrodos recomendados.

Anexo H:

Ha de encontrarse en el CD adjunto un archivo con nombre: Catalogo Starfish conteniendo las especificaciones acerca del Sonar de barrido lateral recomendado para las investigaciones de campo previas y posteriores.

Anexo I:

En este anexo se trata el análisis económico de inversión acerca del proyecto.

Como se realizó el recuento en el texto de esta presentación, conocemos el monto necesario de inversión para comenzar con la realización del proyecto.

Inversión Inicial Necesaria	
Items	
Bombas hidráulicas	\$ 2.200
Motor hidráulico	\$ 980
Válvulas hidráulicas	\$ 1.850
Pistones	\$ 1.500
Conexionado y mangueras	\$ 2.000
Fluido	\$ 1.550
Cortador y bomba DAMEN	\$ 59.000
Caterpillar C12	\$ 21.000
Scanner barrido lateral	\$ 4.100
Pinturas	\$ 850
Filtros	\$ 900
Acero	\$ 6.510
Mano de obra y construcción	\$ 18.500
TOTAL	\$ 120.940

Tomando como base un préstamo en dólares estadounidenses de 121.000 USD, se calcula la cuota anual a afrontar tomando como interés nominal anual el 14%, siendo lo común para este tipo de créditos.

Préstamos de Cuota Fija (Sistema Francés)

DATOS:	
CAPITAL INICIAL	\$ 121.000,00
PLAZO DE AMORTIZACIÓN EN AÑOS	5
TIPO DE INTERÉS NOMINAL ANUAL	14,0%
COMISIONES ABONADAS Y SEGUROS	1000
PERIODICIDAD DE PAGO DE INTERESES (CAPITALIZACIÓN)	Anual

RESULTADOS:	
CUOTA ANUAL	\$ 30.916,94

Pasando a los costos operativos en los que se incurrirán, se tendrán en cuenta jornadas de 8 horas de trabajo con dos personas a cargo de la operación, en una base de 20 días laborables mensuales, se llega a un total disponible de 1920 horas anuales. El personal obtendrá un sueldo bruto de 900 U\$D. El valor del litro de combustible diésel se tomó en 0,75 U\$D y un consumo de 40 litros hora durante las 1000 horas proyectadas de bombeo.

Se podrán encontrar descriptos de manera anual en la siguiente tabla:

COSTOS OPERATIVOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Personal	\$ 23.400	\$ 23.400	\$ 23.400	\$ 23.400	\$ 23.400
Combustible	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000	\$ 30.000
Mant. Preventivo	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Mant. Correctivo	\$ -	\$ 5.000	\$ 10.000	\$ 5.000	\$ 5.000
Traslados	\$ 2.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 4.000	\$ 4.000
COSTOS ADMINISTRATIVOS					
Planificación y presupuestación	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
TOTAL	\$ 60.400	\$ 64.400	\$ 69.400	\$ 65.400	\$ 65.400

De las 1000 horas de trabajo anuales, se estipulan rendimientos en metros cúbicos/hora, y se conoce el precio de mercado actual que ronda entre los 3 y 4 U\$D por metro cúbico. Tomando el promedio para la estimación de los ingresos.

De la misma manera se exponen los ingresos proyectados:

INGRESOS	1000 hr/año	1000 hr/año	1000 hr/año	1000 hr/año	1000 hr/año
	35m3/hr	40m3/hr	45m3/hr	50m3/hr	50m3/hr
3,5 USD/m3	35000 m3/año	40000 m3/año	45000 m3/año	50000 m3/año	50000 m3/año
TOTAL	\$ 122.500	\$ 140.000	\$ 157.500	\$ 175.000	\$ 175.000
IVA	\$ 25.725	\$ 29.400	\$ 33.075	\$ 36.750	\$ 36.750
ING. BRUTOS (4%)	\$ 4.900	\$ 5.600	\$ 6.300	\$ 7.000	\$ 7.000
TOTAL FACTURACIÓN	\$ 153.125	\$ 175.000	\$ 196.875	\$ 218.750	\$ 218.750

A medida que se gane mercado y se mejore la productividad debido a la experiencia adquirida, los niveles de producción irán aumentando.

A continuación, se expresa el estado de resultados a lo largo de 6 años:

	AÑOS	1	2	3	4	5	6
INGRESOS TOTALES		\$ 122.500	\$ 140.000	\$ 157.500	\$ 175.000	\$ 175.000	\$ 175.000
TOTAL COSTOS		\$ 60.400	\$ 64.400	\$ 69.400	\$ 65.400	\$ 65.400	\$ 65.400
UTILIDAD BRUTA		\$ 62.100	\$ 75.600	\$ 88.100	\$ 109.600	\$ 109.600	\$ 109.600
INTERESES		\$ 30.917	\$ 30.917	\$ 30.917	\$ 30.917	\$ 30.917	\$ -
AMORTIZACIONES		\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000
EBIT		\$ 19.183	\$ 32.683	\$ 45.183	\$ 66.683	\$ 66.683	\$ 97.600
IMP. GANANCIAS		\$ 5.755	\$ 9.805	\$ 13.555	\$ 20.005	\$ 20.005	\$ 29.280
IMP. CHEQUE		\$ 1.838	\$ 2.100	\$ 2.363	\$ 2.625	\$ 2.625	\$ 2.625
UTILIDAD NETA		\$ 13.428	\$ 22.878	\$ 31.628	\$ 46.678	\$ 46.678	\$ 68.320
FLUJO DE CAJA	-\$ 121.000	\$ 25.428	\$ 34.878	\$ 43.628	\$ 58.678	\$ 58.678	\$ 80.320

El flujo anual promedio es de USD 30.102.

En la evaluación del proyecto, se estima un payback de 4 años, con una tasa interna de retorno del 27%, llegando al valor actual neto del proyecto de 126.727 USD.