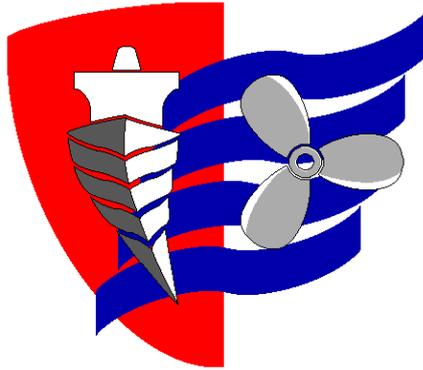


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
DINAMICO EN DRAGAS DE SUCCION**

**DYNAMIC POSITIONING SYSTEM FOR
SUCTION HOPPER DREDGERS**

Para acceder al Titulo de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y
TRANSPORTE MARÍTIMO**

Autor: JESUS SUAREZ GARCIA
Director: JOSE IVAN MARTINEZ GARCIA
MARZO-2014

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar mi agradecimiento tanto al profesor José Iván Martínez García por la dirección del presente trabajo, en su lectura y corrección del mismo como a la Universidad de Cantabria y Escuela Técnica Superior de Náutica de Santander por darme la oportunidad de adaptar mi formación académica al plan de estudios de Bolonia y acceder al título de grado.

INDICE

Capítulos.....	4
Prologo.....	6
MEMORIA.....	7
1.0 Descripción General.....	8
2.0 Partes del Equipo de Dragado.....	14
2.1 Cubierta.....	14
2.1.1 Tolva	14
2.1.2 Compuertas de Descarga.....	16
2.1.3 Válvulas de Dragado.....	19
2.1.4 Compensador de Oleaje.....	20
2.1.5 Conexión de Proa.....	22
2.1.6 Reboses.....	24
2.1.7 Bomba de Descarga	26
2.1.8 Sistema Bombas Jet.....	30
2.2 Tubo de Dragado.....	33
2.2.1 Partes Principales del Tubo de Dragado.....	34
2.2.2 Cabezal.....	35
2.2.3 Anillo Cardan.....	39
2.2.4 Bomba Sumergible.....	40
2.2.5 Service Frame & Sliding Piece.....	43
3.0 Sistema IMC.....	46
3.1 Sensores.....	48
3.2 Calibrado de Equipo.....	52
4.0 Sistema DPDT.....	54
4.1 Instalación de Maquinas en Sistema DPDT.....	56
4.2 Planta Eléctrica en Sistema DPDT.....	57
5.0 Panel DPDT.....	60
5.1 Modos Operativos Sistema DPDT.....	61
6.0 Sistema STPM	65
6.1 Posición Horizontal	67
6.2 posición Vertical.....	68

7.0 Sistema de Dragado QUINSY.....	69
7.1 Configuración de Sistema.....	71
CALCULOS.....	73
8.0 Etapas en Proyecto de Dragado	74
9.0 Definición Batimétrica.....	79
10.0 Técnica y Ciclos de Dragado.....	86
10.1 Ciclo de Dragado.....	87
10.1.1. Ciclo de Carga.....	89
10.1.2. Ciclo de Descarga.....	92
11.0 Clasificación de las Obras de Dragado.....	98
11.1 Según el objetivo o destino del Dragado.....	99
11.2 Según el emplazamiento.....	105
11.3 Según las características del terreno.....	106
12.0 El Dragado y su Relación con el Medio Ambiente.....	114
13.0 Conclusiones.....	123
14.0 Bibliografía.....	125
PLANOS.....	126
15.0 Características Generales.....	127
Plano General.....	129
Plano del Cabezal.....	130
Plano de Reboses.....	131
Plano Tubo de Dragado.....	132
Plano Pescante.....	133
Plano Sliding Piece.....	134
Plano Serving Frame.....	135
Plano de Francobordo.....	136
Plano Cuaderna Maestra.....	137
Plano Compuertas de Descarga.....	138
Plano Forro Exterior a Popa.....	139
Plano Bomba de Descarga.....	140

CAPITULOS

-CAPITULO I. Descripción general

Breve descripción del buque así como de todos los equipos en cubierta, la planta de propulsión eléctrica, sistema de dragado y equipo de gobierno

- CAPITULO II. Partes del equipo de Dragado en Cubierta

Descripción de todos los componentes principales del sistema de dragado en cubierta tales como la Tolva, Compuertas de Descarga, Válvulas, Compensador de Oleaje, Conexión de Proa, Reboses, Bomba de Descarga y Sistema de agua a Presión.

- CAPITULO II-A. Tubo de Dragado

Descripción de todos los componentes principales del tubo de dragado tales como el Cabezal de Dragado, Anillo Cardan, Bomba Sumergible, Serving Frame y Sliding Piece

- CAPITULO III. Sistema IMC

Explicación y descripción del sistema IMC y su función en tareas de dragado, así como de sus componentes y sensores

- CAPITULO IV. Sistema DPDT

Configuración del sistema DPDT en la sala de maquinas y descripción de la planta eléctrica del sistema

- CAPITULO V . Panel DPDT

Breve descripción de las funciones del panel operativo así como de las distintas configuraciones en una draga con sistema DPDT.

- CAPITULO VI. Sistema STPM

Explicación y descripción del Sistema de Monitorización del Tubo de Succión así como de su función exclusiva en buques de dragado e integración con los restantes sistemas en la consola de dragado.



- CAPITULO VII. Sistema de dragado QUINSY

Descripción general del software del sistema de batimetría utilizado a bordo en las operativas de dragado.

- CAPITULO VIII. Etapas en proyecto de dragado

Proceso a la hora de elaborar un proyecto de dragado en sus diferentes etapas tanto en tierra como a bordo del buque.

- CAPITULO IX. Definición Batimétrica

Como se realiza un trabajo batimétrico y elementos utilizados en el survey

- CAPITULO X. Técnicas y Ciclos de Dragado

Se explica cómo se realiza una operación en la práctica de dragado completa a bordo así como de las distintas fases que comprende.

- CAPITULO XI. Clasificación de las obras de dragado

Las obras de dragado son muy diversas. En este capítulo se describen los principales tipos de proyectos en los que intervienen las dragas.

- CAPITULO XII. El dragado y la relación con el Medio Ambiente

Impacto medio ambiental de las obras de dragado, sustancias contaminantes en zona de descarga, influencia en la calidad del agua e impacto sobre la flora y fauna local.



PROLOGO

Este trabajo tiene como referencia la draga ‘Fillipo Brunelleschi’ de 11.300 m³ que el 31 de Octubre del 2003,el astillero de Sestao del grupo Izar, entregó al armador belga Jan De Nul.

Toda la draga incluyendo su maquinaria de cubierta y equipos, se ha construido según las normas y reglamentos de la sociedad de clasificación Bureau Veritas para la cota de clasificación I Hull 3-3 Mach Hopper Dredger, Unrestricter Navigation AUT-UMS.

Durante estos 11 años, esta draga ha participado en proyectos tan diversos como la construcción en Dubái de sus islas artificiales, la repoblación de arena de las playas de Cancún tras el paso del huracán Wilma, refuerzo de los diques de contención de Bélgica y Holanda, dragados de mantenimiento del río y puerto de Buenaventura entre otros que han servido como referencia a la hora de realizar este trabajo.



1.MEMORIA



1.0 DESCRPCION GENERAL

El casco está construido de acuerdo con las normas y bajo la supervisión de la Sociedad de Clasificación, la estructura del mismo es totalmente soldada y construida con reforzado longitudinal soportado por bulárcamas transversales. Se han dispuesto trancañiles adicionales donde es necesario.

Entre los equipos de cubierta se incluyen dos anclas sin cepo, de alto poder de agarre con un peso c/u de 5.250 kg. Van estibadas en proa en sendos alojamientos dispuestos en el casco para evitar interferencias con la unidad de descarga de proa. Se ha dispuesto un tanque de trimado en el pique de proa. Este tanque puede vaciarse tanto por gravedad como por un eyector accionado por las bombas de fluidificación. Los mamparos estancos transversales dividen la draga en rasel de proa con cajas de cadenas y tanque de lastre, usado como tanque de trimado, con tanque seco debajo del tanque de lastre, local para hélice de proa, tanques de agua dulce, pañoles para respetos, cántara con espacios de flotabilidad, se ha dispuesto un pasillo de proa a popa, cámara de bombas, cámara de máquinas con sala de control, talleres y pañoles en entrepuente y rasel de popa con local de servomotores y tanque de lastre.

Un ancla de popa, sin cepo y alto poder de agarre, con un peso 7.000 kg. Dos cadenas de anclas, diámetro 62 mm, eslabón con concreto, longitud total 605 m, grado Q3 para las anclas de proa y 500 m de cable de acero de 48 mm de diámetro para el ancla de popa.

Las cadenas de anclas van provistas con grilletes de unión Kenter y roldanas de ancla. Cables de acero galvanizados y engrasados.

Sobre la cubierta también se sitúan dos molinetes combinados (hidráulicos), a proa, cada uno provisto con barbotén desembragable y un cabirón para 8 t a 10 m/min y una maquinilla hidráulica a popa, con un tambor desembragable preparado para 45 t á 7 m/min 1ª capa y con dos cabirones.

La maquinilla y los molinetes se controlan por medio de paneles portátiles de control. Se ha instalado una grúa hidráulica en cubierta a popa de 45 t para reparaciones y manejo de grandes pesos y otra grúa a proa de la anterior de 14 t para servicios generales.

En la obra viva se ha colocado un número de ánodos de aluminio adecuado para una protección de dos años en aguas tropicales. Cada una de las puertas de fondo va



provista con un ánodo. Se han colocado ánodos adicionales próximos a las hélices propulsoras, hélice transversal, tomas de mar, etc.

Planta de Propulsión

La cámara de máquinas está preparada para funcionamiento sin personal y cumple con los requisitos del Bureau Veritas AUT-MS y Autoridades Marítimas de España. El equipo está dispuesto de forma que hay un espacio adecuado para su operación y mantenimiento. Los equipos se agrupan todo lo posible para optimizar los trazados de tubería.

La draga Filippo Brunelleschi está propulsada por dos motores diesel propulsores diseñados para funcionamiento continuo, marca MAN -B&W, tipo 12V32/40, que funcionan con combustible pesado, H.F.O., con una viscosidad de 390 cst a 50 °C ISO-F-RMH35.

El motor de emergencia usa como combustible gas oil. Un motor gira a derechas y el otro a izquierdas con una potencia MCR de 5.760 kw y una velocidad de 750 rpm cada uno.

Cada uno de los motores está conectado con una hélice propulsora de paso variable, a través de una caja de engranajes y con un generador eléctrico principal, a través de un PTO, con los embragues y acoplamientos flexibles adecuados. Las hélices giran dentro de sendas toberas firmemente fijadas a la estructura de la draga por un soporte vertical.

Planta Eléctrica

La energía eléctrica necesaria a bordo es generada por:

- Dos alternadores principales acoplados a los motores principales a través de cajas de engranajes, de tipo auto-excitado, sin escobillas, con excitación estática, de 6.750 kVA a 1.800 rpm, 6,6 kV.
- Un alternador auxiliar de 1.550 kVA, accionado por un motor diesel de 1.350 kW a 1.800 rpm.
- Un generador de emergencia de 180 kVA, accionado por un motor diesel de 140 kW BHP a 1.800 rpm



Otros Equipos

La draga Filippo Brunelleschi dispone de dos sistemas de refrigeración con agua dulce a baja temperatura, formados el de popa por dos bombas centrífugas de accionamiento eléctrico, no auto-cebadas, cada una con el 50 % de la capacidad total requerida y el de proa por una bomba centrífuga de accionamiento eléctrico, no auto-cebada, con el 100 % de la capacidad total requerida. Así mismo se han dispuesto dos sistemas de refrigeración por agua salada, uno en proa y otro en popa. Para la generación de agua dulce de consumo a bordo se ha dispuesto un generador de 15 t/día , utilizando el agua de refrigeración de un motor principal.

Sistema de Dragado

La draga Filippo Brunelleschi está equipada con un brazo de succión, con un diámetro interior de 1.200 mm. La longitud del brazo se ha determinado en función de la profundidad de dragado bajo línea de agua con cántara vacía de 32,5 m y un ángulo entre la tubería de succión y la línea base de 50 °. La tubería de succión se puede adaptar para 52 / 71,5 m de profundidad de dragado.

Se han dispuesto tuberías y mangueras para el suministro de agua a presión a todo lo largo del brazo de succión. El diámetro de la línea es de 500 mm.

Entre el cabezal de dragado y la tubería recta inferior, se ha instalado una manguera flexible de goma para descarga del agua a presión. En el extremo del brazo del dragado va colocado el cabezal de dragado, de 1.200 mm de diámetro con visor autoajustable. El cabezal está provisto con defensas de goma y se ha instalado un compensador de olas para permitir que el cabezal de dragado pueda oscilar en su posición vertical hasta 6 m respecto al buque.

El brazo de succión se mueve mediante tres pescantes y tres maquinillas hidráulicas colocados en la cabeza de dragado, en la junta cardan (intermedio) y en el acoplamiento del brazo al casco (trunnion).

El pescante consiste en un pórtico pivotante, una parte fija unida mediante brida a un polín de cubierta, un apoyo para el brazo de succión y un cilindro hidráulico entre el pórtico y la parte fija. En la parte superior de ese pórtico, se ha colocado una roldana giratoria, el ángulo de la maquinilla se ajusta automáticamente a la dirección del cable de izado y el pórtico va protegido con una defensa para absorber los posibles impactos cuando el brazo de succión se estiba en cubierta.



El pescante dispone de un interruptor de proximidad para detectar si el brazo de succión está adecuadamente estibado sobre su soporte. El pescante intermedio es similar al anterior, excepto que está adaptado para diferente carga y alcance, y que la parte fija está conectada a través de una brida de conexión.

El pescante del trunnion (acoplamiento entre brazo de dragado y el casco) es del tipo paralelogramo y consiste en dos pórticos pivotantes que contienen una guía para el deslizamiento del trunnion. El movimiento de pivote se realiza por un cilindro hidráulico montado entre la parte fija y el pórtico. Un interruptor de proximidad señala si el trunnion está en su posición más alta.

Las maquinillas son controladas desde la consola de dragado en el puente y provistas de control continuo de la velocidad. Se ha colocado una parada de emergencia cerca de las maquinillas. El cabezal de dragado queda suspendido con flexibilidad respecto al buque de forma que el cabezal permanece en contacto con el fondo con la draga en movimiento. En los extremos de proa y popa y en los costados la brazola de la cántara se ha incrementado la altura con objeto de evitar el derrame del material de dragado durante el cabeceo y balanceo de la draga.

La forma de la cántara es la óptima para el asentamiento y la descarga del material dragado, tanto por las puertas del fondo como por la proa. El ángulo formado entre las paredes inclinadas de la cántara y la línea base es de unos 35°.

Para la descarga por el fondo, se han dispuesto seis puertas (tipo doble caja) en una fila. En la descarga por la proa, la bomba de dragado recoge el material a través de la tubería de auto vaciado con ramales a cada sección. La carga se puede fluidificar para facilitar las maniobras de descarga.

Las líneas de carga de la cántara van dispuestas sobre la cubierta superior, y provistas con una válvula hidráulica de mariposa de ventilación/desaireación, que se controla desde el sistema integrado de monitorización y control (IMC) con objeto de evitar el golpe de ariete u otra discontinuidad del caudal durante el arranque/parada de las bombas de dragado.

Se han dispuesto tres líneas de carga, a proa, a popa y en el centro de la cántara. Solo las líneas de proa y popa tienen caja de distribución, descargando la del centro directamente a la cántara.

Para el sistema de dragado se han instalado las bombas siguientes:

- Una bomba de dragado en la cámara de bombas de popa accionada por un motor eléctrico a través de una caja de engranajes, del tipo de doble pared y con



revestimientos resistentes al desgaste. El motor tiene una potencia máxima de 7.500 kW a 269 hasta 324 rpm a potencia constante.

- Una bomba de dragado sumergida colocada en el tubo de dragado, del tipo de pared simple, accionada por un motor eléctrico de 3.400 kW. Para limpieza de las válvulas de compuerta se ha dispuesto una bomba eléctrica no auto cebada, centrífuga instalada en la cámara de bombas, de capacidad 75 m³/h a 4,5 bar. En el extremo de proa de la cubierta superior se ha dispuesto una conexión para descarga del material dragado, que consiste en:

- Una rótula de diámetro 900 mm. El mecanismo de acoplamiento es hidráulico con pasadores de seguridad para la posición de bloqueo, también hidráulicos. La parte hembra (con una curva de 90°) integrada en el pescante, se une a la tubería de descarga mediante bridas de cuello.

- Un pescante montado sobre cubierta superior.

- Una maquinilla sobre la cubierta superior, para izar la conexión flotante. La maquinilla y el acoplamiento se controlan por un panel de control eléctrico portátil. Para la descarga por proa hay una tubería de auto vaciado de 900 mm con injertos/ramales a cada una de las 6 secciones (puertas). Los ramales están conectados a la tubería de auto vaciado mediante una válvula de compuerta. Las puertas del fondo son de construcción de caja cerrada y soldadas.

El sellado de las puertas se consigue con una junta de goma totalmente impermeable y hecha de una sola pieza. Cada una de las puertas tiene dos bisagras, cada bisagra con una orejeta soldada a la estructura del barco y otras dos orejetas soldadas a la puerta. Los orificios llevan casquillos de desgaste.

Se han dispuesto dos puertas en la parte inferior de la cántara que al abrirse no sobresalen de la línea base de la draga. La función de estas puertas es descargar el material dragado cuando no hay calado suficiente para hacerlo a través de las 6 puertas del fondo.

Las puertas de aguas poco profundas están situadas en un tronco en el fondo de la cántara. Las puertas son de construcción de caja cerrada soldadas. Se han instalado dos conductos de rebose cilíndricos ajustables por medio de cilindros hidráulicos controlados desde el puente, que sirven para descargar al mar el exceso de agua embarcada durante la operación de dragado.



Para facilitar la descarga del material dragado se utiliza un sistema de tuberías terminado en toberas que proyectan agua a presión en diferentes posiciones de la cántara, de modo que se disgrega el material compactado.

En la cámara de bombas, se han instalado dos juegos de bombas centrífugas accionadas por el motor propulsor de Er, para suministrar agua a alta presión a la cántara y al cabezal de dragado. Estas bombas pueden trabajar en serie o en paralelo. Su caudal es 4.500 m³/ h a 5 bar ó 2.850 m³/ h a 9 bar.

Equipo de gobierno

La draga dispone de dos timones de alta eficiencia, con alerón, flap, dos servomotores electro-hidráulicos y dos bombas hidráulicas, eléctricamente accionadas, cada una con el 100 % de la capacidad total necesitada. El máximo ángulo es 45°. Se han colocado topes mecánicos y detectores electrónicos. El tiempo para girar el timón de 45° en un sentido al opuesto no excede de 25 segundos, con las dos bombas en servicio y a la máxima velocidad de la draga.

Equipos de navegación

Desde el puente se controlan las funciones de navegación, se supervisan las operaciones del barco y la seguridad. El plan de navegación y el control de las funciones están combinados en un Sistema de Navegación Integrado (INS) y representa las reacciones del barco y la estación de gobierno.

Hay dos sistemas de radar cuyas pantallas de representación se han colocado en el puente de navegación. El equipo consiste en dos radares de movimiento real, que trabajan en la banda X.

En el puente de navegación se han instalado tres agujas giroscópicas. Al estar preparada para navegación con Cámara de Máquinas desatendida se han instalado todos los indicadores, controles y alarmas necesarios para cumplir los requerimientos de la Sociedad de Clasificación.

Se ha incorporado un sistema Integrado de Monitorización y Control (IMC), para desarrollar tanto los procesos de dragado como los procesos de cámara de máquinas y sistema de alarmas. El sistema de posicionamiento dinámico controla las hélices propulsoras, los timones y la hélice transversal. Puede ser usado durante la navegación, dragando, descargando (tanto por la proa como por las puertas del fondo). La consola de este sistema está integrada en la mesa de navegación.

2.0 PARTES DEL EQUIPO DE DRAGADO

2.1 CUBIERTA

2.1.1 TOLVA

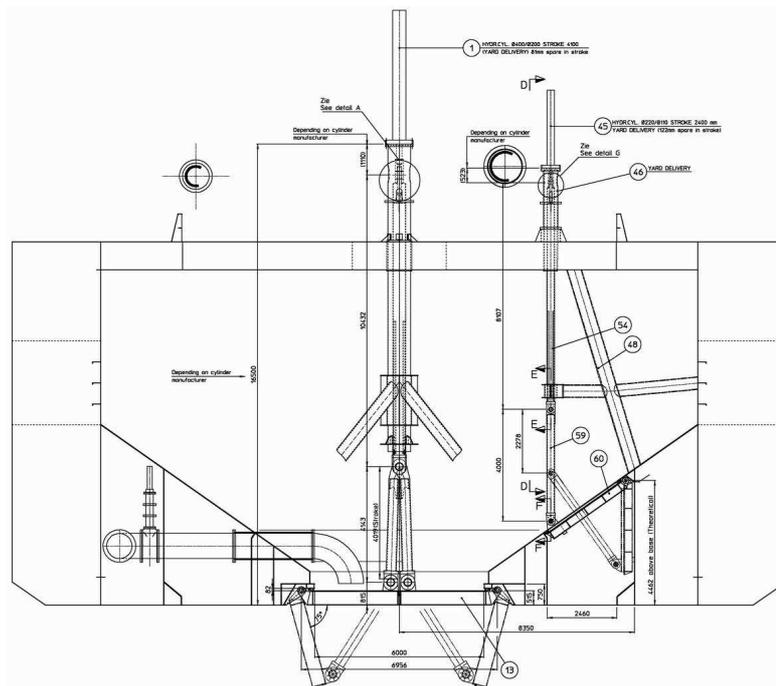
La tolva tiene una capacidad para 11.300m³, que es el volumen hasta el nivel de máxima altura de los reboses (13 mts sobre la base) y está dividida en 6 secciones. El volumen de la tolva se ve incrementado por una brazola perimetral para evitar derrame de material en cubierta en movimientos de cabeceo y balanceo del buque, permitiendo un ángulo de cabeceo de 2° y un ángulo de escora de 5° tomando como referencia un volumen máximo de 11.300m³.



Lleva instaladas tres cajas de carga situadas a proa, popa y media eslora de la misma, operadas desde la consola de dragado, accionadas hidráulicamente mediante sus respectivas válvulas de dragado por el sistema IMC.

Tanto a proa como a popa de la tolva va instalado un sistema de rebose cuyo funcionamiento será detallado más adelante junto a un sistema manual de sondaje compuesto por 12 puntos de sonda distribuidos longitudinalmente a ambos costados y crujía.

La forma de la tolva está maximizada para una carga y descarga eficientes, estando en su mayor parte libre de obstáculos, evitando pilares y varengas que puedan dificultar el flujo horizontal del material, favoreciendo su sedimentación. Consta de 6 compuertas dobles en línea para descarga en zona, dos compuertas de aguas poco profundas y de un sistema de descarga formado por 6 válvulas (una por sección) a tierra que será tratado en los próximos capítulos. Cada sección de compuerta doble tiene una superficie de 6mx6m con una altura bajo quilla por compuerta de 3,4 mts una vez completamente abierta.



La tolva dispone de un sistema de agua a presión impulsado por dos bombas en paralelo distribuido en dos líneas, una a cada uno de los costados con un total de 98 boquillas laterales distribuidas a razón de 12 por sección (6+6) y 96 boquillas de fondo distribuidas a razón de 16 por sección

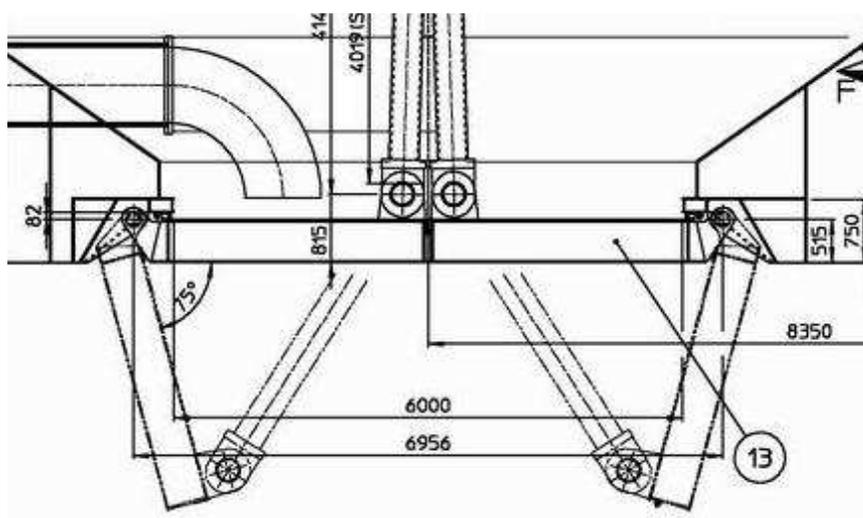


2.1.2 COMPUERTAS DE DESCARGA

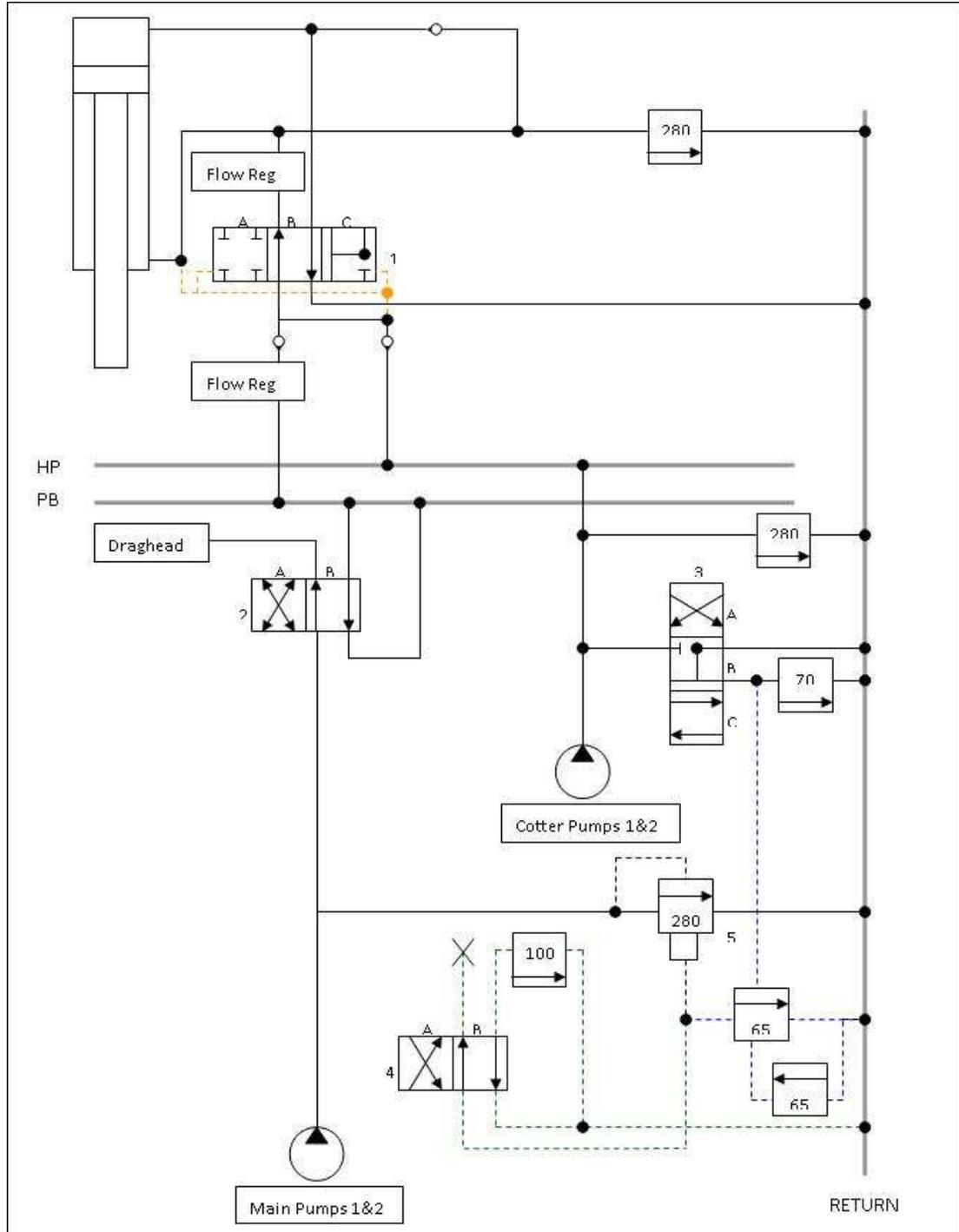
Para la descarga del material la tolva consta de seis compuertas dobles en línea (6mts x 6mts) y dos compuertas de aguas poco profundas una a cada costado. Cada compuerta es abierta y cerrada mediante un cilindro hidráulico hecho firme mediante tres pilares a la base y a una varenga en su parte superior de la tolva, que es monitoreado por el sistema IMC a través de sensores eléctricos indicando la posición de las compuertas.



Cada compuerta doble está conectada a su cilindro correspondiente mediante dos vástagos de acero forjado a modo de bisagra, permitiendo la apertura hasta un máximo de 75° con respecto a la cubierta de fondo



El esquema representa las presiones de las líneas hidráulicas principales para las seis compuertas (280 bar) y de la línea “Cotter” accionada por dos bombas independientes que mantiene la presión suficiente para que las compuertas no se abran durante la carga (308 bar)



Las compuertas comienzan a abrirse a una presión de 250 bar. Cuando las compuertas activadas superan el 2% de apertura, la presión disminuye a 170 bar.

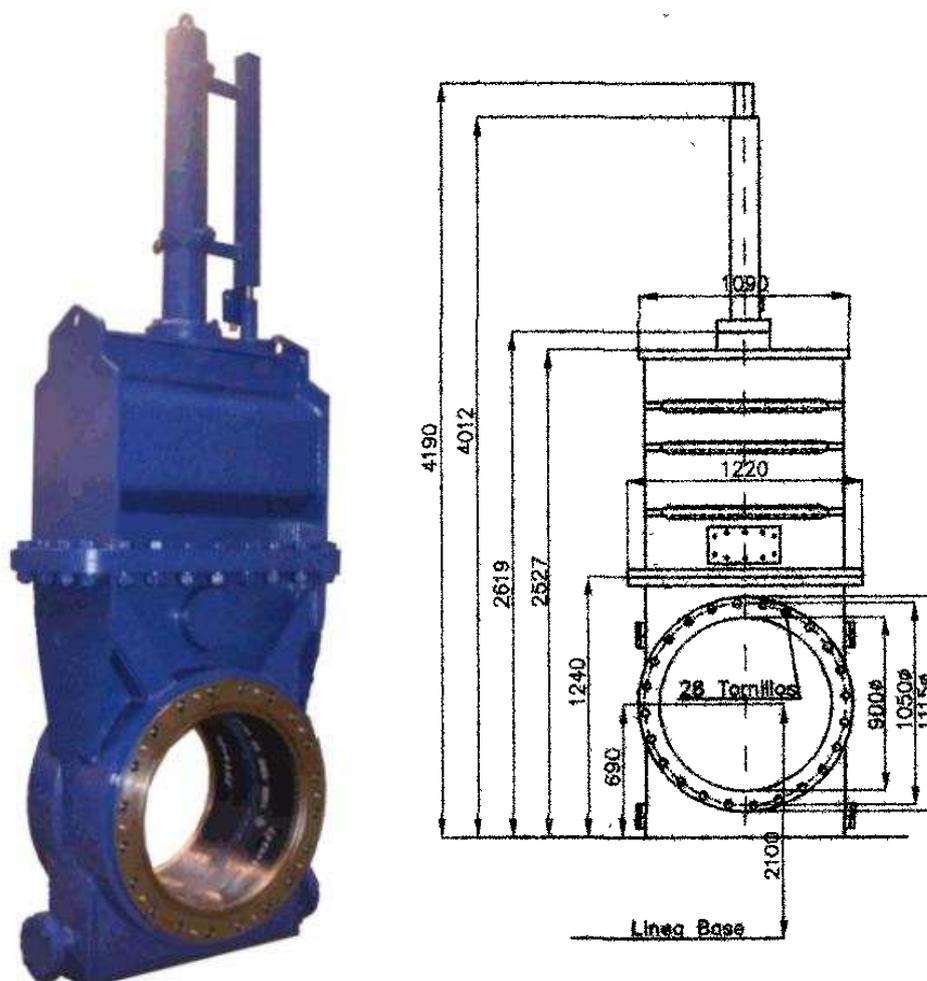
En el proceso inverso, la presión de las líneas al empezar a cerrarse es de 65 bar. Una vez superado el 2% de su recorrido, la presión asciende a 308 bar hasta que la compuerta se cierra completamente. Transcurridos 10 segundos, la línea Cotter entra en funcionamiento relevando a las bombas principales y seguirá manteniendo una presión constante de 308 bar hasta la siguiente vez en que las compuertas sean accionadas.



2.1.3 VALVULAS DE DRAGADO

Distribuidas a lo largo de todas las líneas de carga y descarga, se trata de válvulas de compuerta accionadas hidráulicamente mediante el sistema IMC.

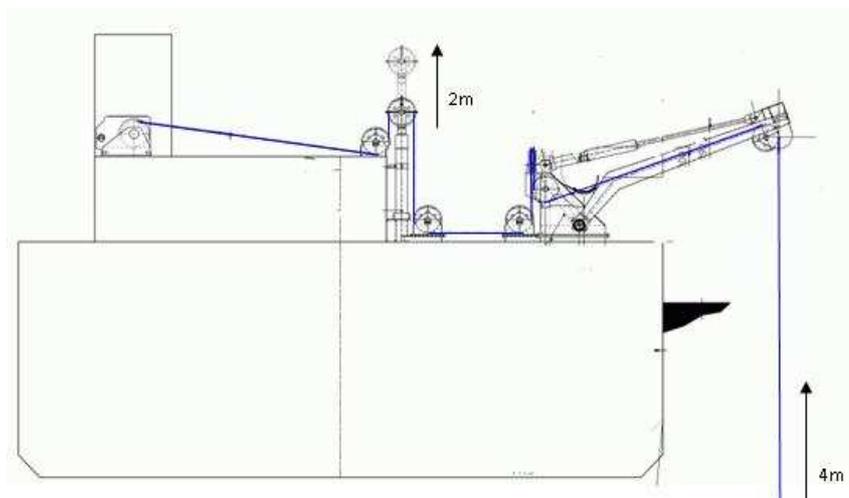
Constan de un cuerpo superior e inferior de planchas de acero soldado con un diámetro de 1200mm para las válvulas de dragado y 900mm para las situadas en la línea de descarga. La compuerta está fabricada en acero inoxidable (X5 CrNi Werkstoff)



La compuerta es accionada por un cilindro hidráulico situado en la parte superior con un pistón de acero inoxidable conectado a la compuerta. Para su monitorización el cilindro hidráulico consta de sensores “fin de carrera” abierto/cerrado para las líneas de carga y sensores eléctricos que indican el porcentaje de abertura en las de descarga. El cuerpo inferior de las válvulas consta de un sistema de agua a presión accionado automáticamente para mantener las guías de compuerta libres de sedimento una vez la válvula ha sido accionada.

2.1.4 COMPENSADOR DE OLEAJE (SWELL COMPENSATOR)

Se trata de un sistema imprescindible para el dragado de tal forma que el cabezal permanece sobre la superficie del fondo marino independientemente del movimiento del barco debido al estado de la mar. Esto se realiza montando el cable de izado del cabezal sobre el bloque colocado sobre el cilindro hidráulico en cubierta del sistema del compensador de oleaje. Dicho cilindro se mantiene bajo presión por medio de un acumulador situado en la sala de propulsión de estribor, haciendo la función de amortiguador, manteniendo el cable del cabezal sobre el fondo sin dejar seno en todo el recorrido.



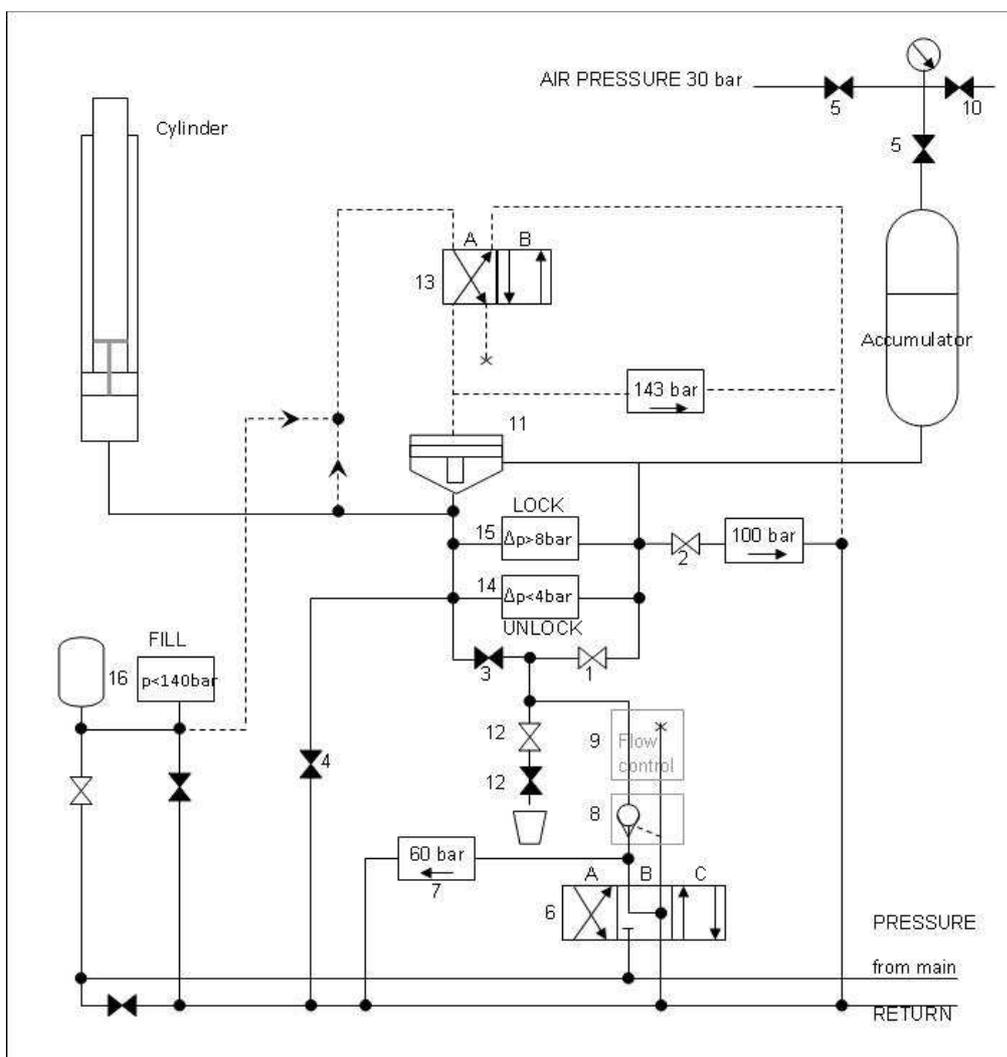
La carrera del cilindro del compensador de oleaje es de 2 mts, permitiendo un movimiento flexible del cabezal de 4 mts con relación al barco, sin operar la maquinilla.



El cilindro consta de un máximo de capacidad de aceite de 377lts con una carrera de 3000 mm y un diámetro de biela de 400mm.

El operador de dragado puede controlar la presión del compensador mediante el sistema IMC. Una vez el sistema ha detectado un cambio, abre el solenoide de llenado o vaciado dependiendo del ajuste.

El llenado y vaciado de los acumuladores se para respectivamente en bajo nivel (7300L) y alto nivel (13600L) del tanque hidráulico o respectivamente en alto nivel (1400L) o bajo nivel (400L) de los acumuladores.



En caso de rotura del cable del cabezal, el compensador de oleaje se bloquea. El sistema detecta dicha rotura a través de la señal delta-p entre el barco y la línea de suministro al cilindro. El bloqueo se produce tan pronto como la diferencia de presión alcanza los 4 bar.

En dicho caso el cilindro del compensador se expande completamente y un contactor eléctrico se cierra, produciendo el bloqueo.

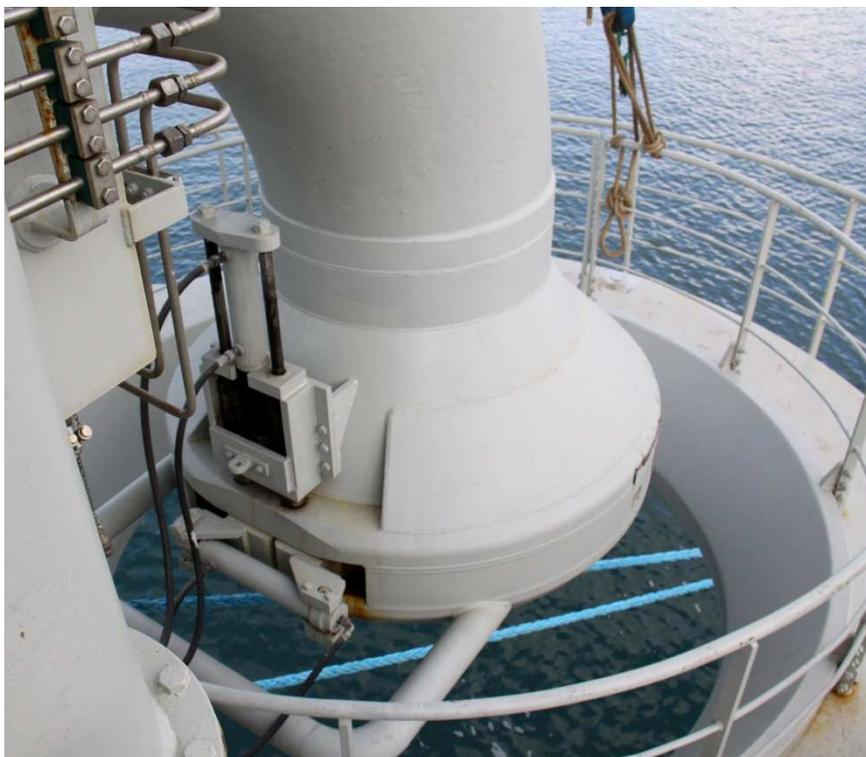
2.1.5 CONEXION DE PROA

Utilizada para conectar la manguera flotante en operaciones de descarga a tierra que serán detalladas en los siguientes apartados (marca Van der Graaf), se encuentra situada en el Castillo de proa y consiste de:

- Acople hembra de 900mm que ajusta sobre la cabeza de la manguera, accionado mediante un sistema hidráulico que permite una presión de trabajo de hasta 24 bar a un ángulo máx. De 15°.
- Pescante
- Maquinilla
- Control remoto



En proyectos de reclamación de arena, también es posible el uso del “Bow Jet”.
Dependiendo del material, producción y diseño del área a reclamar, se puede ajustar la boquilla a un diámetro de 450,500 y 550 mm con un ángulo de 35° o 45°



El mecanismo de sello es accionado por control remoto y monitoreado por el sistema IMC desde el puente, permitiendo empezar la descarga una vez los sensores han dado “luz verde” indicando un acople perfecto

2.1.6 REBOSES (OVERFLOWS)

Dos reboses cilíndricos idénticos con un diámetro de 1.9 mts se encuentran instalados tanto a proa como a popa de la tolva. Son ajustables desde los 13 mts (11336 m³) sobre la base hasta 7.05 mts (4642 m³) por medio de un cilindro hidráulico de 5.95 mts de carrera.

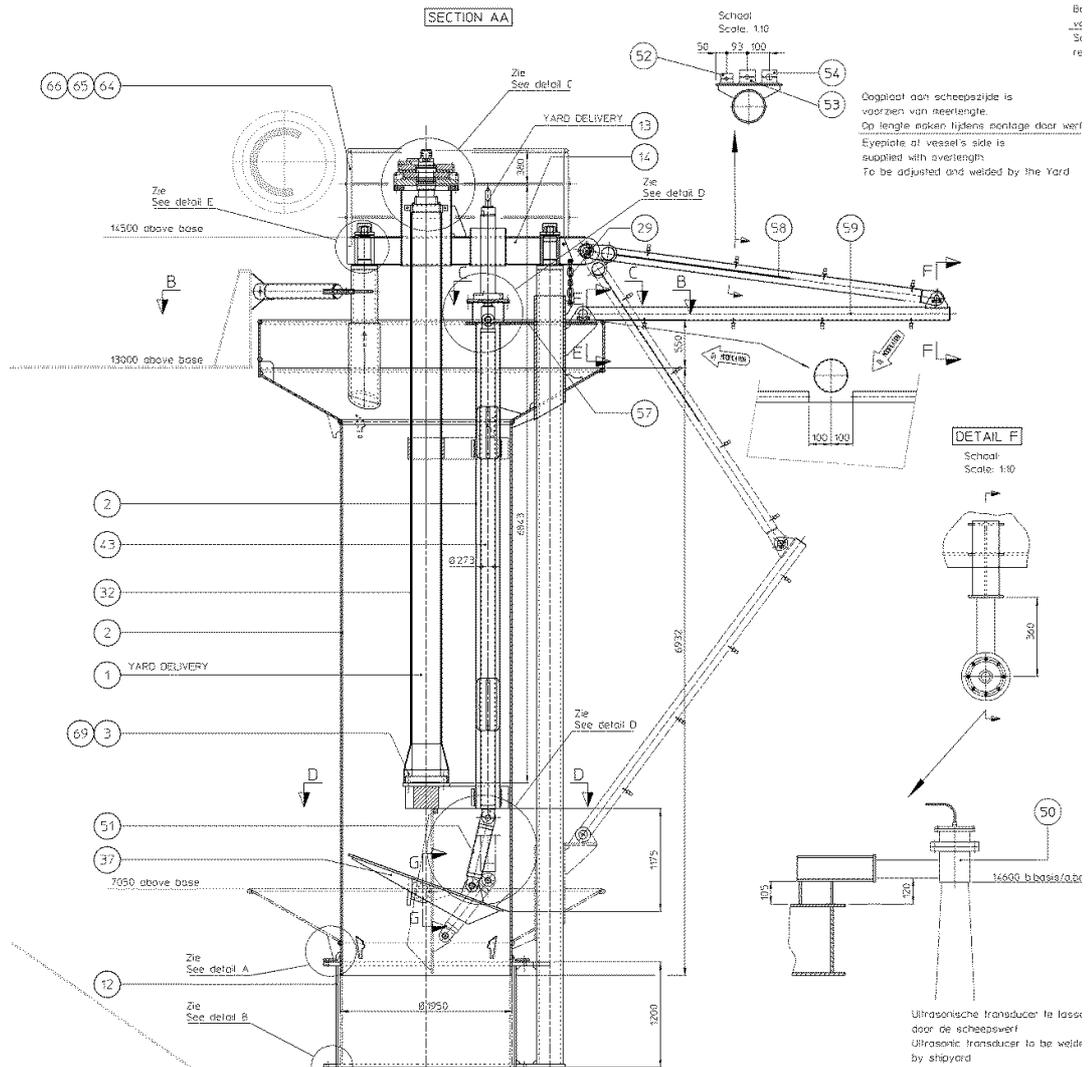
En la parte móvil del rebose, se instala una válvula anti turbulencias. Ajustando dicha válvula, el nivel de agua en el rebose se ajusta a la altura deseada para reducir así la diferencia de nivel de agua entre la tolva y el conducto del rebose, evitando así las turbulencias. Dicha válvula es accionada hidráulicamente mediante el sistema IMC.



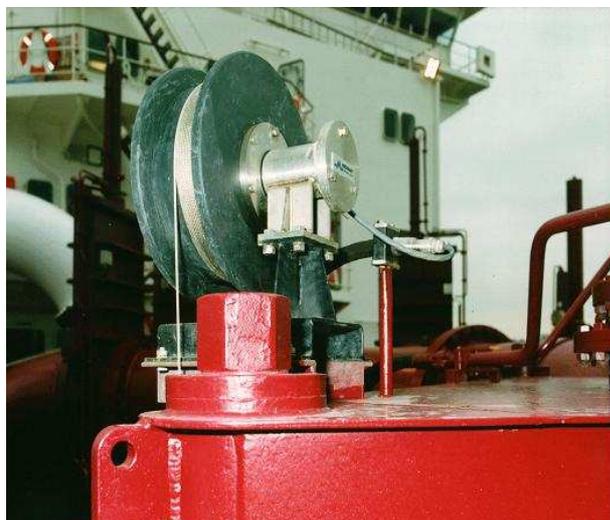
La altura de los reboses puede ser monitoreada automáticamente por el sistema IMC de forma que los calados máximos no sean superados durante el proceso de carga.

El espesor de la capa de agua por encima de cada rebose también puede ser controlada por el sistema IMC mediante la función “ ANTITURBIDITY AUTO”

Mediante el control de dicha capa de agua, se controla el nivel de sedimentación del material en la tolva, especialmente en el dragado de arena para proyectos de reclamación de material.



La monitorización automática es posible mediante los sensores eléctricos (transducers) colocados en la parte superior, mandando señal al sistema IMC de la altura exacta a la que se encuentra el rebose (de 13 a 7.05 mts)



2.1.7 BOMBA DE DESCARGA

Con un peso de 100Ton, se encuentra instalada a popa de la sala de bombas banda de babor, bomba centrífuga fabricada por IHC del tipo HRHD 260-43-100, impulsada por un electromotor a través de un eje propulsor.

Con **una potencia nominal de 7500Kw (440V, 60Hz)**, la velocidad de giro es determinada por la velocidad del electromotor, a su vez controlado por el convertidor de frecuencia desde el control de maquinas.

La velocidad de giro puede ser calibrada de 0 a 269 rpm con un par constante y desde 269 a 324 rpm a potencia constante.

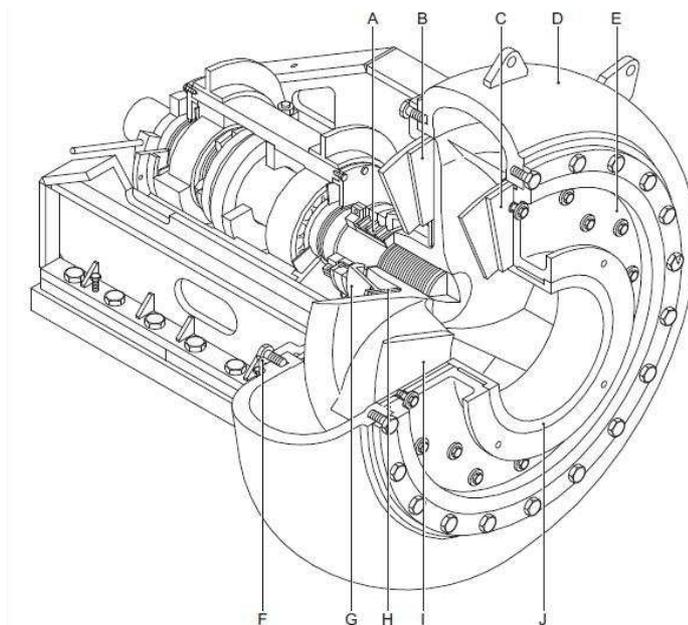


El impelente es de tipo cerrado de cuatro palas, con un diámetro de 2.6 mts y paso esférico de 345mm. Están fabricados en acero forjado TGS7H (47 VA, 36-39HRC) de media dureza para sedimento blando (barro, arcilla) y en acero forjado TGS7HH (48-50HRC) de gran dureza para sedimento duro (arena de alta densidad, piedra)



El sello del árbol de transmisión es protegido contra la penetración de sedimento por un sistema de agua a presión (gland system) ,con dos bombas independientes, instalado en una cámara diseñada para dicho fin .

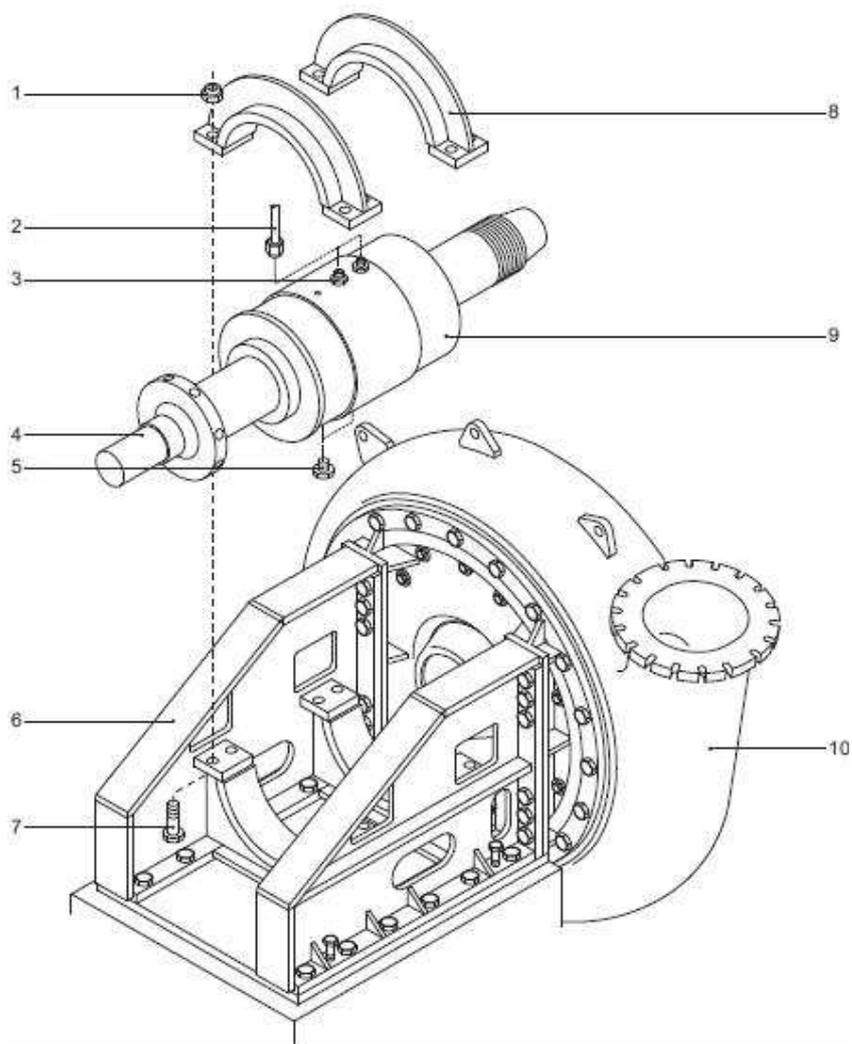
El eje de transmisión de la bomba se encuentra sellado por un sello tipo “liquidyne” ,con su propio sistema de chorro manteniéndolo libre de arena y suciedad durante el giro.



- | | |
|------------------------|-------------------------|
| A- Sello del eje | F- Cubierta del eje |
| B- Plancha de desgaste | G- Camara de agua |
| C- Plancha de relleno | H- Placa del acelerador |
| D- Caja de Bomba | I- Impelente |
| E- Cubierta de succion | J- Boquilla de succion |

La bomba de descarga es del tipo “doble pared” con una carcasa interna resistente al desgaste MAX5 (hierro forjado GX300CrMo15 3, 58-62HRC).La carcasa externa es resistente a la presión de carga generada a máxima potencia nominal fabricada en acero forjado GS 52.





- | | |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1- Perno | 6- Soportes |
| 2- Tubo de engrase | 7- Pernos |
| 3- Boquilla engrase del sello | 8- Sujeciones del eje |
| 4- Embrague | 9- Eje transmisor |
| 5- Perno | 10- Caja de Bomba |

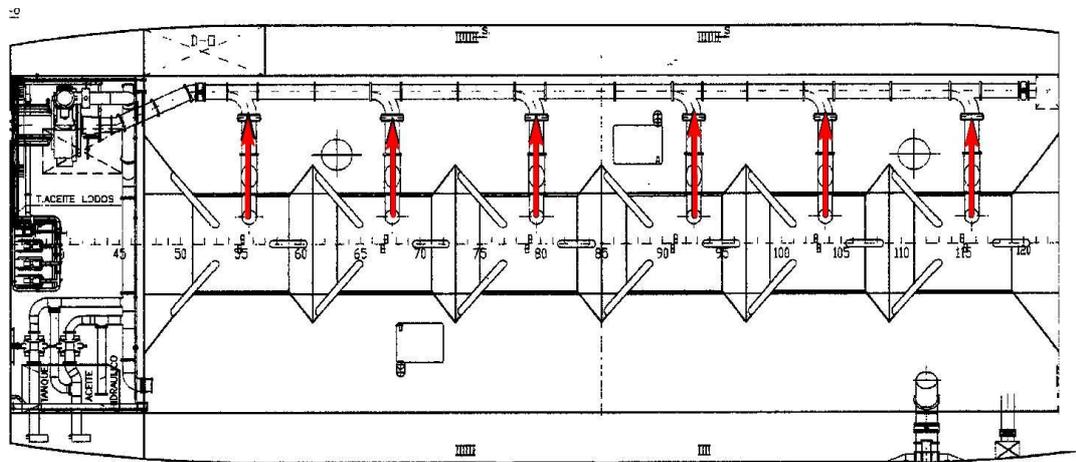
La bomba de descarga puede ser utilizada para:

- Descargar el material a través de la conexión de proa a tierra por línea, o “rainbowing”
- Vaciar la tolva a través de la línea Self-Emptying *
- Añadir agua a la tolva a través de la línea “crossover” entre la línea de carga y descarga (operaciones de descarga o razones de estabilidad)

- Chorreo de la tolva a través de la línea “crossover” desde la línea de agua a baja presión de la sala de bombas (avería de las bombas Jet)

*Línea Self-Emptying

El sistema de línea “Self-emptying” se encuentra situado en los espacios vacios de babor. La línea de succión de 900mm de diámetro está compuesta por 6 válvulas de descarga vinculadas a cada una de las secciones de la tolva y una válvula de toma de mar, de apertura regulable por el sistema IMC.



2.1.8 SISTEMA BOMBAS JET (JET PUMPS)

Dos bombas idénticas están instaladas en la sala de bombas para el suministro de agua a chorro (jetwater) tanto para el cabezal del tubo como para la tolva. Están conectadas al motor de Estribor mediante una caja de engrane con dos ratios de engranaje, pudiendo funcionar tanto en serie como en paralelo.



Se trata de dos bombas centrifugas idénticas marca Nijhuis con un flujo nominal de 1750 m³/h a una velocidad de 990 rpm en alta.

Pueden operar a los siguientes puntos de trabajo:

Función	Modo	Velocidad	Flujo por bomba	Flujo por instalación
Chorro de Tolva	Paralelo	Baja	4500m ³ /hr 5bar	9000m ³ /hr 5bar
Cabezal (Baja presión)	Serie	Baja	3800m ³ /hr 6bar	3800m ³ /hr 12bar
Cabezal (Alta presión)	Serie	Alta	2850m ³ /hr 9bar	2850m ³ /hr 18bar

LINEAS DE AGUA A CHORRO (JET WATER LINES)

Todo el sistema de tubería está dimensionado y construido de forma que se evite cavitación y sobrecarga de las bombas. El sistema está construido en acero con una pared mínima de 8,8 mm y un diámetro de 508 mm basado en una velocidad máxima de flujo de 6 m/s en línea de descarga (5m/s para tubo de dragado).

Todas las válvulas en el sistema de agua a presión son de tipo mariposa de acero forjado con mecanismo actuador Danfoss de acero inoxidable y casquillo de bronce, operadas hidráulicamente y controladas desde la consola de dragado mediante el sistema IMC.

LINEA CABEZAL DE DRAGADO

El agua a chorro es conducida al cabezal a través del tubo de dragado en combinación con mangueras flexibles a modo de bisagra. El sistema está diseñado para un flujo máximo de 3.800 m³/hr y presión máxima de trabajo de 1,800 KPa. Dependiendo del tipo de material a dragar, el agua puede ser descargada en tres posibles configuraciones:

- Toda el agua a las boquillas en la parte fija del talón de la cabeza
- El agua es distribuida sobre las boquillas en la parte fija y el visor de la cabeza
- Toda el agua es dirigida a las boquillas del visor



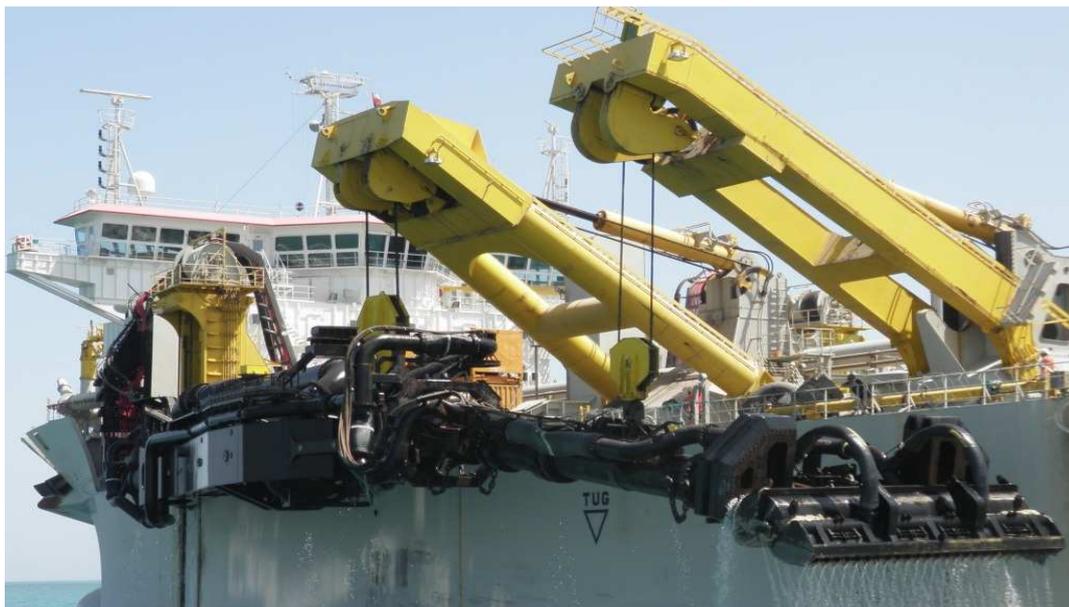
LINEA LIMPIEZA DE TOLVA

En este caso las bombas trabajarán en paralelo con un flujo máximo de 9000 m³/hr, pudiendo elegir el operador el número y zona de boquillas a utilizar con un máximo de 48 abiertas y un mínimo de 12 para evitar la sobrecarga.

2.2 TUBO DE DRAGADO

El buque está provisto de un tubo de dragado con un peso total de 280 Ton, cuyos componentes han sido diseñados para soportar una carga axial de 1800 KN y un ángulo de trabajo de hasta 15°.

Dicho tubo tiene un diámetro interno de 1200mm con un grosor de 20mm. Dependiendo de la configuración del tubo, se puede dragar a profundidades de hasta 32.8mts, 52.7mts y 72.5mts



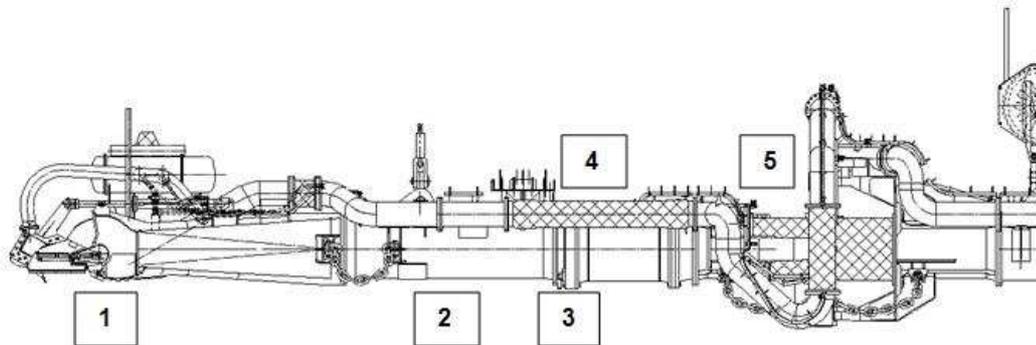
El tubo es operado mediante un sistema de tres pescantes (Gantries) accionados hidráulicamente desde la consola de dragado, mediante el sistema IMC.

Mediante maquinillas hidráulicas, el tubo pasa de la posición 0 a máxima altura en cubierta. A partir de ahí es abatido por pescantes hidráulicos hasta su posición “fuera borda”(Overboard Position) en proximidad de zona de dragado.

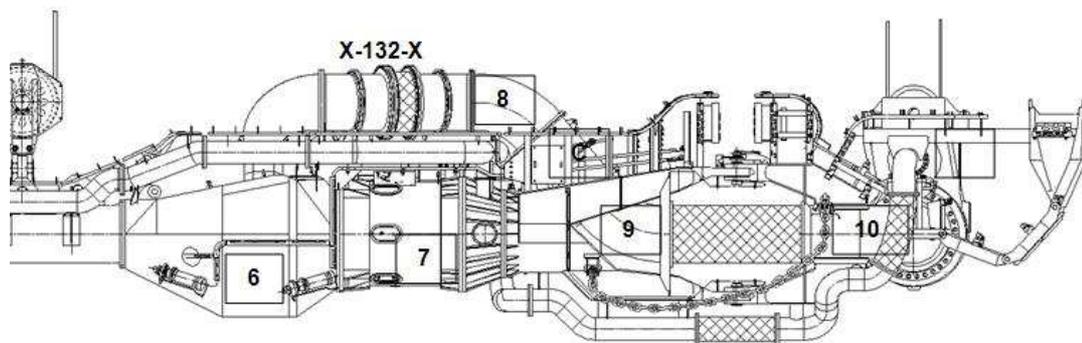
MAQUINILLAS

Las tres maquinillas (St52) son activadas por tres motores hidráulicos independientes a 1500rpm y V. nominal de entre 10 y 16 m/min, provistos de un freno hidráulico de 1,2 veces la fuerza de tiro de la maquinilla, montando un cable de acero de 50mm. El control de los diferentes solenoides del sistema, tanto para izado como arriado, se realiza por el sistema IMC mediante el movimiento de los tres joysticks en la consola de dragado.

2.2.1 PARTES PRINCIPALES DEL TUBO DE DRAGADO



- 1- Cabezal activo (active Draghead)
- 2- Tubo bajo (Lower Pipe)
- 3- Engranaje Giratorio (Turning Gland)
- 4- Sistema Cardan Tubo Inferior (Lower Pipe Cardan System)
- 5- Linea sistema de bombas Jet (Jet Pipe System Pumps)

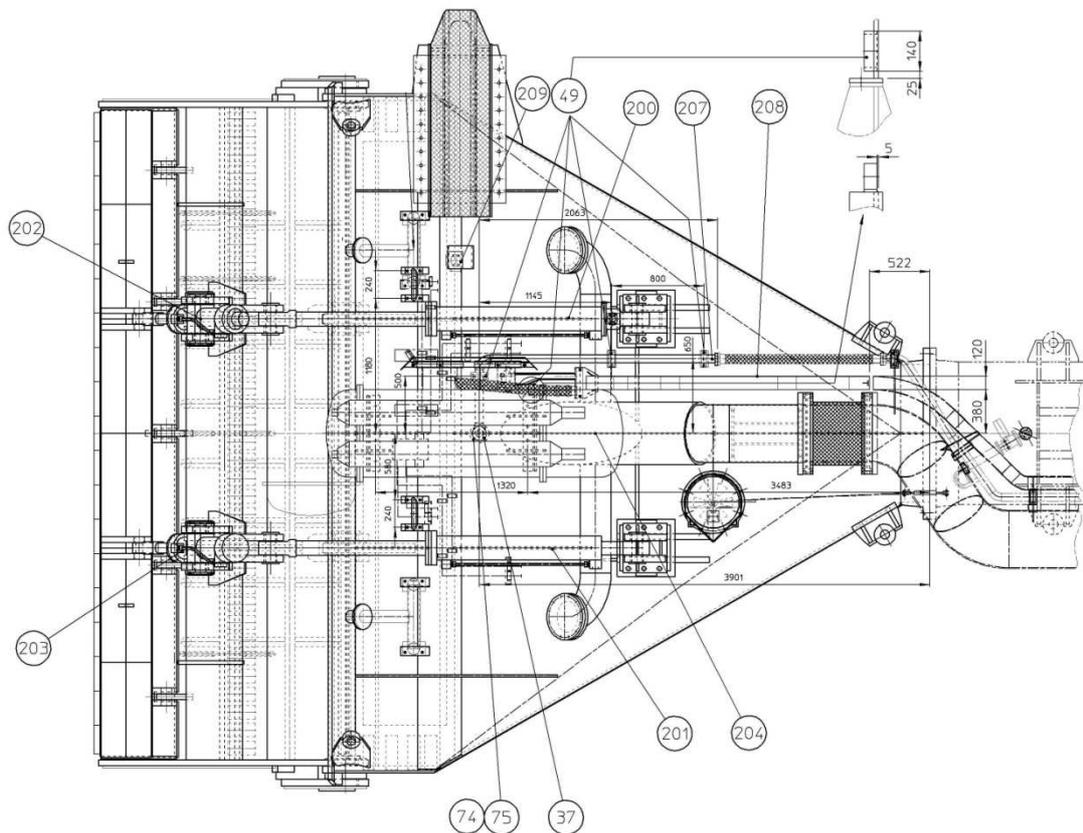


- 6- Bomba Sumergible (Under Water Pump UWP)
- 7- Electromotor Bomba Sumergible (UWP Electromotor)
- 8- Tubo de Dragado (Dredging Pipe)
- 9- Sistema Cardan Tubo Superior Upper Pipe Cardan System)
- 10- Codo de Succión (Suction Bend)

El sistema hidráulico del cabezal activo(marca Hydrauvision),se compone de:

1. Dos cilindros hidráulicos para el movimiento del visor.
2. Dos cilindros hidráulicos para el movimiento de las flaps de agua
3. La unidad hidráulica en la parte superior del cabezal consiste en una bomba hidráulica con un electromotor, un tanque de aceite con línea de expansión hacia el buque y una unidad PLC conectada al sistema IMC.

Uno de los cilindros del visor y un cilindro de las flaps de agua están equipados con un equipo de monitorización continuo tipo Baluff.El pistón de estos cilindros es hueco con un imán inductivo instalado en su interior, el cual suministra información al sistema IMC monitoreado en la consola de dragado acerca de la posición del pistón y en definitiva la posición del visor con respecto al cabezal.



Los **cilindros del visor** tienen una carrera de 1100mm, un calibre de 180mm y constan de un vástago de 125mm de diámetro.

Los **cilindros de las flaps** de agua tienen una carrera de 380mm,un calibre de 160mm y constan de un vástago de 90mm de diámetro.



El electromotor, bomba principal, y bomba de chorro están instaladas en la sala de bombas. El motor tiene una potencia nominal de 30KW con diseño adaptado para funcionar en ambiente hidráulico

La **bomba principal** es impulsada directamente por este motor, y equipada con un sensor de control de carga (calibrado a 30bar), un controlador de presión (calibrado a 160bar) y un limitador de carga (30kW a 1780rpm).

La **bomba de agua a presión** está instalada en línea con la bomba principal, circulando a flujo constante a través del filtro de retorno.

Dos acumuladores llenos de nitrógeno están instalados en la parte superior de la unidad. Un acumulador es pre llenado a 2 bar, el otro a 4 bar. El retorno de aceite durante el movimiento de los cilindros es absorbido primeramente por los acumuladores, y descargado durante la expansión. Un tanque de compensación de presión (a 3,5 bar presión de aire) se encuentra en a proa de la sala de bombas conectado a la unidad mediante una línea hidráulica sobre el tubo de succión.



El sistema hidráulico del cabezal activo, el visor y las flaps son operados y monitoreados por el sistema IMC desde la consola de dragado situada en la parte posterior del puente.

La producción del cabezal depende de varios factores:

- Peso del cabezal (indirectamente controlado por el compensador de oleaje)
- Flujo y presión de las bombas de agua a presión (jet pumps)
- Número y tipo de cuchillas:



- Velocidad del buque
- Dureza del material (arena, barro, arcilla, etc)



En la parte del cabezal contigua al casco, va instalada una defensa para proteger de una vía de agua y la unidad hidráulica en caso de colisión especialmente en zonas poco profundas y consiguiente bajo resguardo bajo quilla

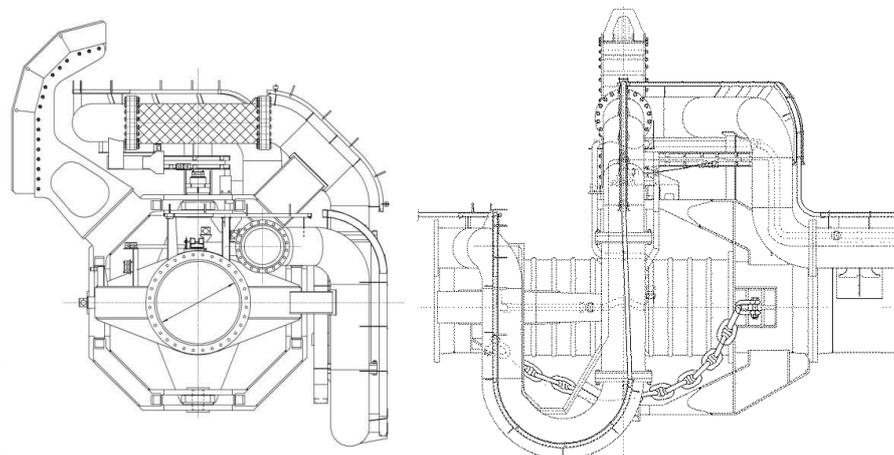


2.2.3. ANILLO CARDAN

Con la función principal de “bisagra”, permite que tanto el cabezal como el tubo bajo, tengan libertad de movimiento en el fondo hasta una distancia máxima de 15 mts respecto al costado del buque. Se trata de dos estructuras de acero reforzado (Ovako 280) conectadas entre sí por dos pines Acero ST50, conectados a su vez a sensores del sistema IMC, permitiendo un movimiento rotatorio respecto a su eje vertical, complementadas por un tubo flexible de 1200mm de diámetro y 3,5 de longitud que sustituye el tubo de carga de acero en dicha zona, hecho firme a dos brazos de acero que constituyen la estructura principal del tubo en dicha parte.



Las pinzas de acero van unidas al sistema cardan mediante dos pines de acero ST50 con sus respectivos sensores, permitiendo libertad de movimiento del tubo en el plano horizontal. Las defensas del tipo Omega, de alta compresión con una energía de absorción de 60KN a una fuerza de 350 KN/m, están distribuidas a lo largo de la parte interior y superior con el propósito de proteger no solo la estructura principal, sino también la línea de agua a presión.



2.2.4. BOMBA SUMERGIBLE (UNDERWATER PUMP UWP)

Se trata de una bomba centrífuga sumergible montada sobre el propio tubo de dragado e impulsada por un motor eléctrico de 3400 Kw también preparado para funcionar bajo el agua.

Es posible operar con ella a potencia constante con un régimen entre 280rpm a 320rpm.

Se trata de una bomba de pared simple construida en acero forjado TGS7HH de 50HRC (500HB) de alta resistencia al desgaste



El impelente es de tipo cerrado de tres palas tipo 193-48-110, con paso esférico de 350mm y un diámetro de 1.93 mts. Está construido en acero forjado 47VA o TGS7H, con una dureza de 38HRC (380HB)



El impelente se conecta con el eje del electromotor por medio de un acople tipo “Ringfeder”. Del mismo modo que la bomba de descarga, la bomba está equipada con un sistema de limpieza con agua a presión “Gland system” encargado de mantener el eje del motor libre de sedimento.



Modelo	S-800-Z/A-8
Fabricante	Bakker/ Indar
Potencia	3400kW
Voltaje	2x3x4400V
Velocidad	0 to 280rpm par cte.- 280 to 320rpm potencia cte
Refrigeración	Motor con aceite a sobrepresión con refrigeración por agua
Aceite	Shell Tellus T46 – 3000L (hydraulic oil)
Sello del eje	Greaselubricated shaftseals “liquidyne”

La presión en el motor de la bomba se mide por medio de un sensor transducer controlado electrónicamente por el sistema IMC, requiriendo en modo operativo una sobrepresión de 0.4 bar. Para ello lleva instalada una bomba de compensación de



presión que entra en funcionamiento cuando la presión baja de los 0.35 bar y pasa a modo “standby” cuando la presión supera los 0.49 bar en función de la profundidad a la que se encuentre.

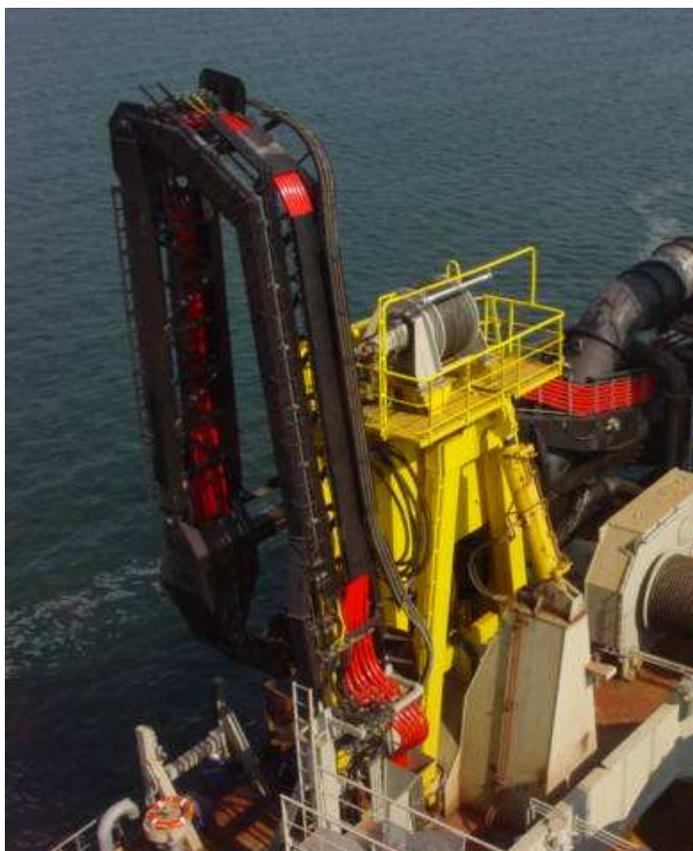
Teniendo en cuenta la sobrepresión requerida (0.4bar), la densidad del aceite del motor (0.88 Kg/L), distancia francobordo y densidad del agua (1kg/L en mar):

- El motor se encuentra 25m bajo línea de agua
- Presión del agua fuera del motor: $2.5 \times 1 = 2.5 \text{ bar}$
- Presión de aceite dentro del motor: $(0.4 + 0.4 + 2.5) \times 0.88 = 2.9 \text{ bar}$
- Sobrepresión dentro del motor: $2.9 - 2.5 = 0.4 \text{ bar}$
- No se necesita compensación (Bomba en standby)

- El motor se encuentra 40m bajo línea de agua
- Presión del agua fuera del motor: $4.0 \times 1 = 4.0 \text{ bar}$
- Presión de aceite dentro del motor $(0.4 + 0.4 + 4.0) \times 0.88 = 4.2 \text{ bar}$
- Sobrepresión dentro del motor: $4.2 - 4.0 = 0.2 \text{ bar}$
- 0.2bar de compensación (bomba en funcionamiento)

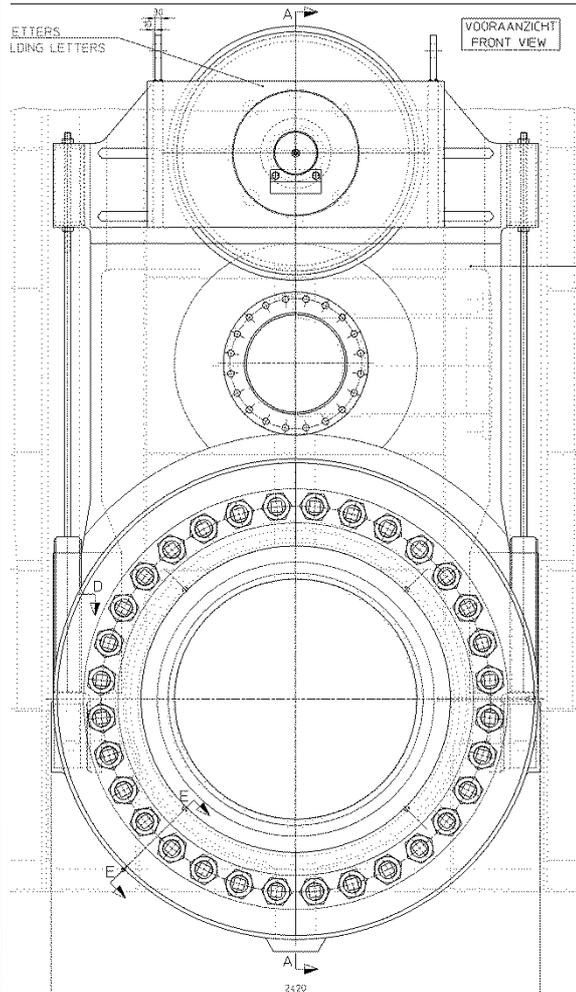
2.2.5. SERVICE FRAME & SLIDING PIECE

Las dos piezas van instaladas en el pescante Trunnion. La primera de ellas sirve de guía para el cableado de la fuente de alimentación de la bomba sumergida con todos los auxiliares, sistema eléctrico de los sensores STPM y circuito hidráulico del cabezal activo.

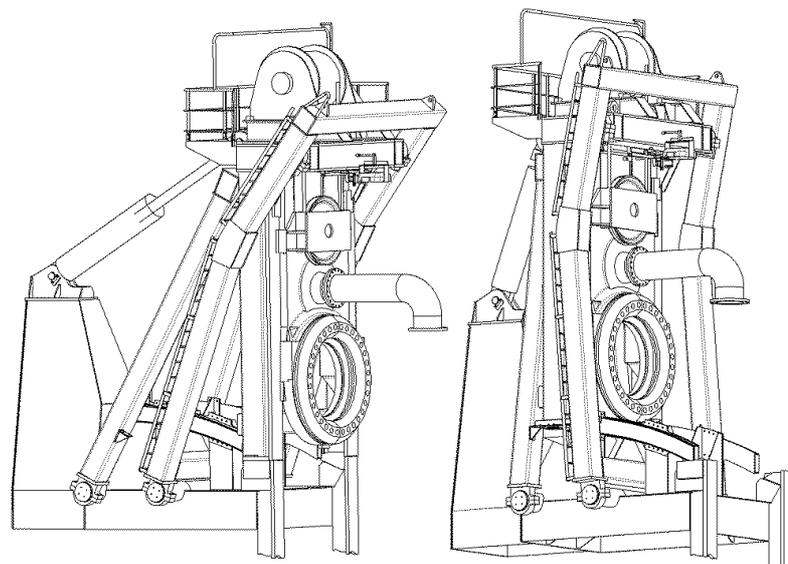


La segunda (Sliding piece), se trata de la pieza de unión entre el tubo de carga y el casco del buque que se desplaza verticalmente por unas guías con banda de rodadura de acero inoxidable, desde su posición en cubierta una vez abatido el tubo, hasta la posición “punto 0” donde se acopla a la zona de succión y es sellada por un anillo neumático.

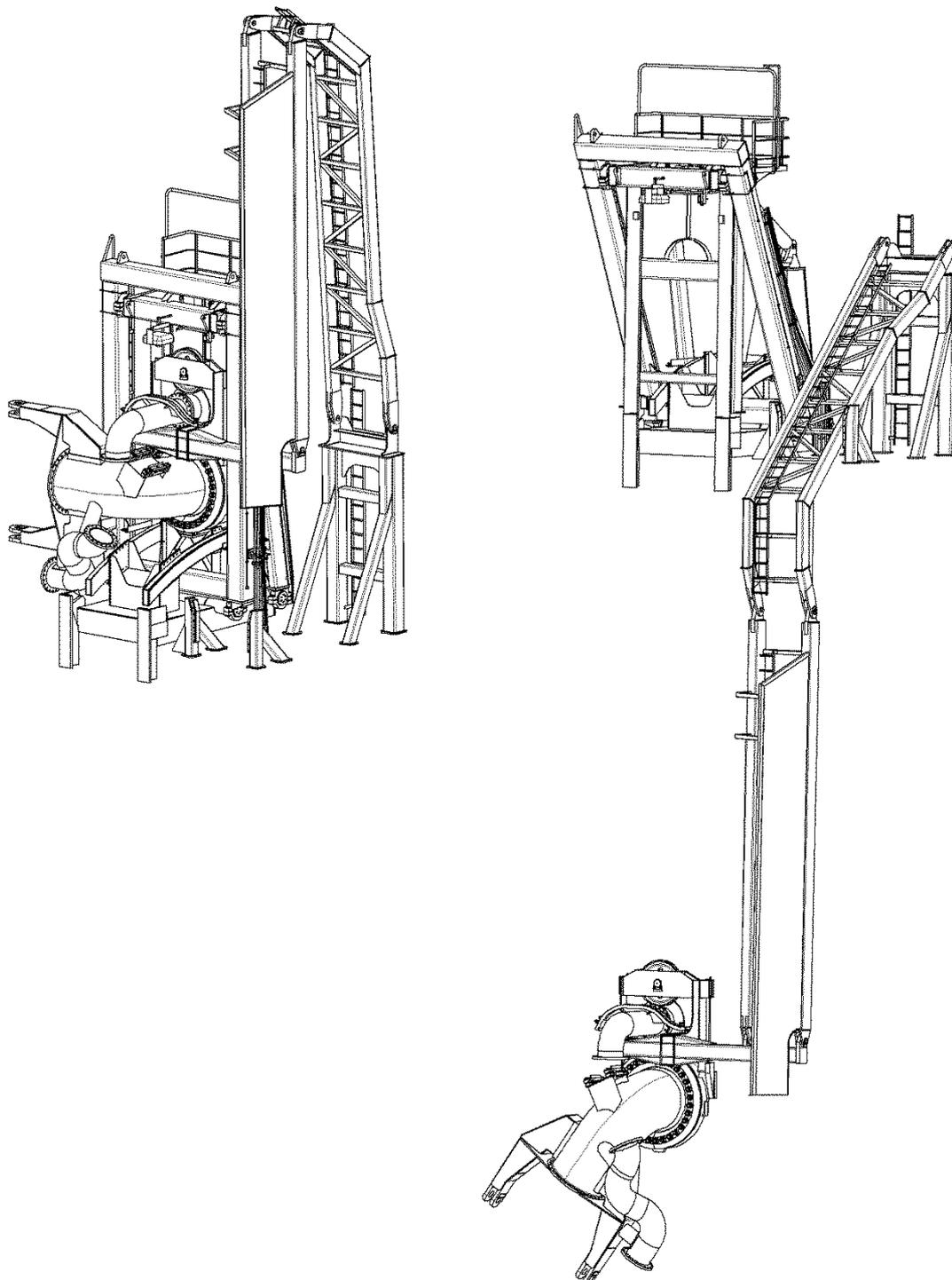




El pescante Trunnion es del tipo paralelogramo y consta de dos pórticos de giro que soportan una pieza de guía para la pieza deslizante con curva, montado en una parte fija y movido por un cilindro hidráulico.



La parte fija es una construcción de acero soldada a cubierta con la incorporación de los ejes de pivote de los dos pórticos provistos de casquillos de bronce y las bases para el cilindro hidráulico. La parte fija también incorpora un soporte para la pieza deslizante cuando está en posición intraborda .



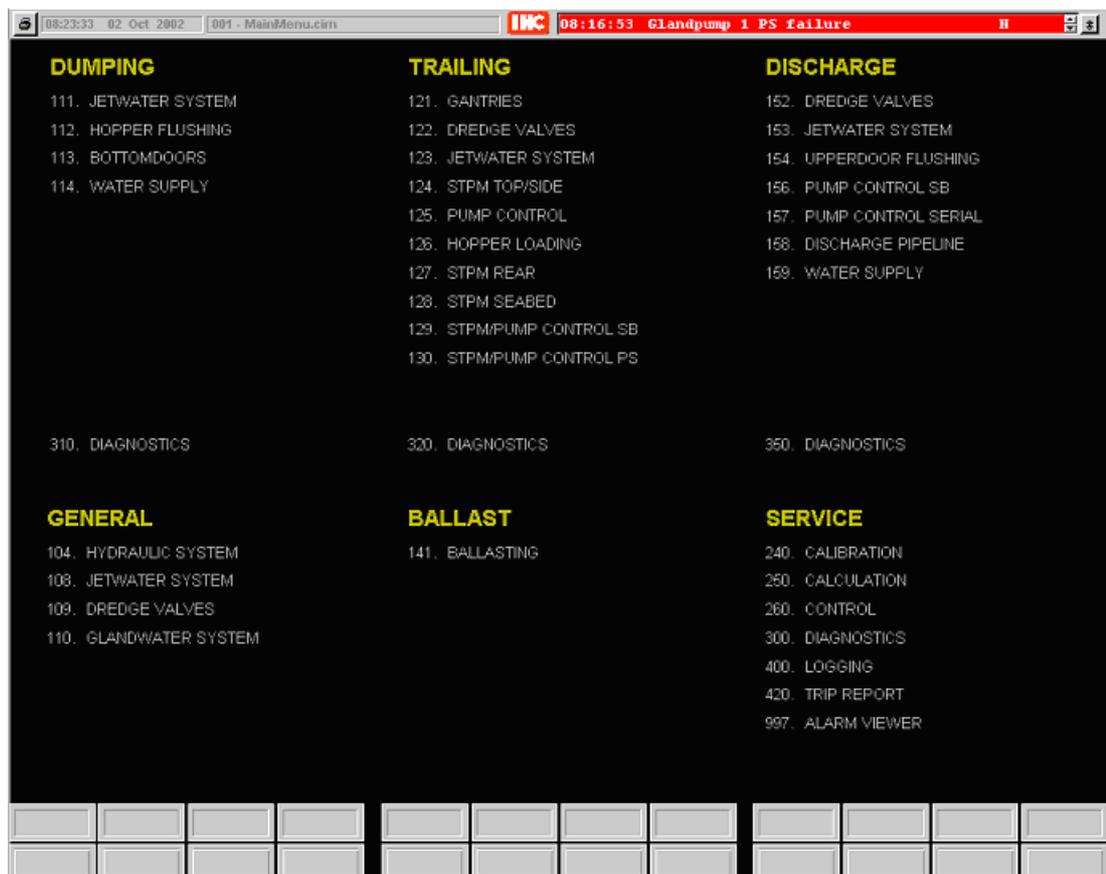
Una vez en posición fueraborda el “sliding piece” está en línea con las guías en el casco, donde la pieza deslizante puede entonces ser arriada hasta la posición “punto0”, monitoreada por el sistema IMC.

3.0 SISTEMA IMC

El buque está provisto de un sistema integrado de seguimiento y control de las principales funciones y equipos a bordo llamado Sistema Integral Monitoreado de Control (Integrated Monitoring Control)

Dicho sistema consiste básicamente en la automatización de todas las funciones relacionadas con el:

- Sistema de dragado (Tubo de dragado, rpm Bombas, Líneas y Válvulas, Tolva, Compuertas)
- Sistema de navegación (Sistema de Propulsión, equipos de Navegación, etc)
- Sistema de Posicionamiento Dinámico
- Sistema ECDIS
- Sistema en Control de Maquinas (Generadores, Motores, Convertidores de frecuencia, etc)
- Sistema hidráulico (Solenoides, Bombas)



Para ello consta de una serie de sistemas de seguimiento programables PLC con seis estaciones de trabajo de pantalla táctil vinculados entre si por sistema de red, localizados en el Puente, Consola de Dragado y Control de maquinas, encargados de las lecturas de los diferentes sensores, control de la automatización de las bombas, válvulas y componentes hidráulicos, ajustes y acoplamientos eléctricos y electrónicos en el control de maquinas, entre otras. Para ello constan de:

- 2 DCD Control y seguimiento del sistema de dragado
- 1 CNC Control y seguimiento del sistema de dragado
- 1 Sistema CNC DP
- 4 CNC multifuncional
- 1 Mesa de cartas Multifuncional
- 2 PC's para monitoreo y alarmas de los sistemas de la sala de máquinas
- 1 PC para monitoreo de sistema de dragado y los sistemas de la sala de máquinas
- 1 PC para monitoreo Oficina del sistema de dragado y los sistemas de la sala de máquinas



IMC = Integral de Seguimiento y el sistema de control = Draga + DHS

DHS = Monitoreo de Alarmas y Control (parte sala de máquinas del IMC)

CNC = Consola de navegación central

DCD = Dragado de Control Desk

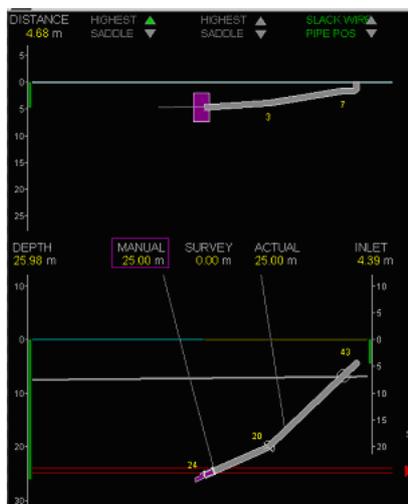
MFW = estación de trabajo multi funcional



3.1 SENSORES

Todas las funciones del sistema IMC pueden ser monitoreadas gracias a un conjunto de sensores instalados a bordo cuya transmisión eléctrica hace posible el ajuste todos los componentes del sistema para optimizar la producción:

-Sensores Sistema STPM



Está compuesto por:

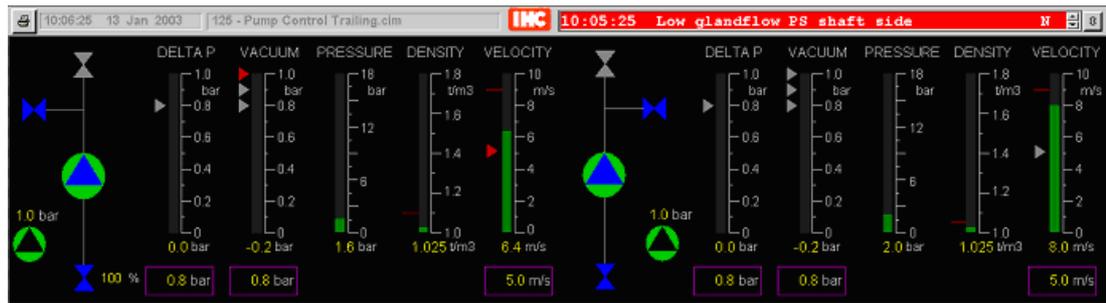
Un Transduser de presión con centro cerámico montado en la toma de succión del casco a la altura del Trunnion

Dos Transducers “synchro-angulo” (tipo péndulo) encargados de medir el ángulo entre los tubos inferior y superior con el plano horizontal

Dos transducers “synchro-angulo”, para medir el ángulo entre el tubo y el Trunnion en el plano vertical.

Un sensor de profundidad instalado en el cabezal.

-Sensores IMC en tubo de Dragado y línea de descarga



Sensor DeltaP .Mide la diferencia de Presión entre el interior del cabezal y la profundidad de dragado (Sensor Trafag señal de salida 4-20 mA en carcasa de acero inoxidable IP68)

Dos Sensores de vacío. Miden la presión de vacío en la cara anterior de la bomba, tanto de carga como descarga (Sensor Rosemount con señal de salida de 4-20 mA en carcasa de acero inoxidable IP67)

Dos Sensores de presión. Miden la presión de carga en la parte posterior de la bomba tanto de carga como de descarga(Sensor Rosemount con señal de salida de 4-20 mA en carcasa de acero inoxidable IP67)

Dos sensores de presión en línea de descarga de las bombas Jet (agua a presión)

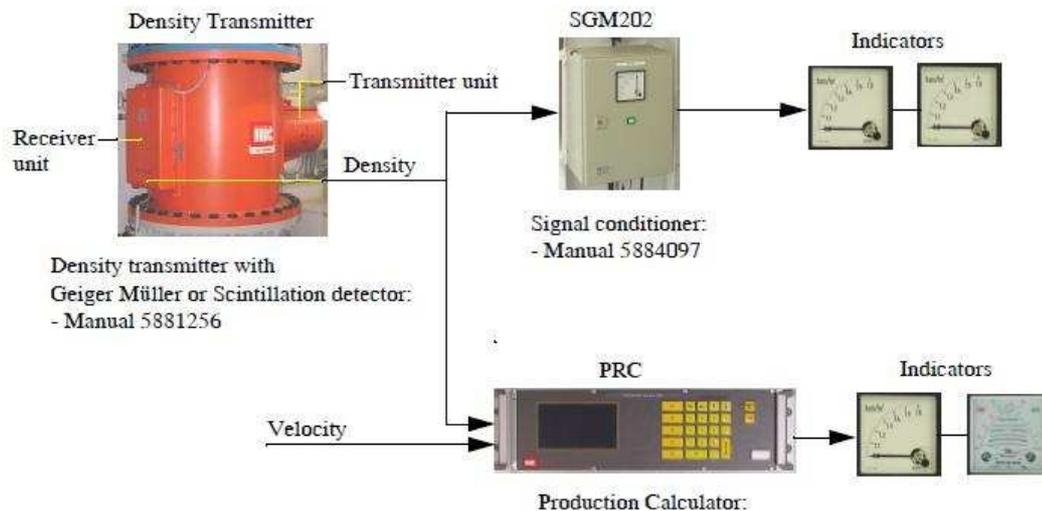
Dos sensores de vacío en línea de succión de las bombas Jet (agua a presión)

-Sensores de Velocidad / Densidad de carga:

Tanto para la bomba sumergible (carga) como para la bomba de descarga, está instalado un sistema combinado de medición de densidad/velocidad de carga tipo IHC SGM202 indicando la producción instantánea en los monitores del sistema.(T/seg,m3/seg)



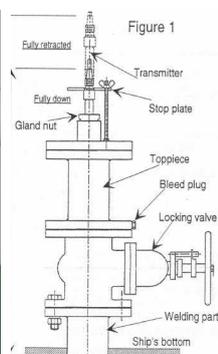
Formado por un microprocesador acoplado a una sección de tubo GM (Greiger-Muller) compuesto de celdillas cerámicas con un grosor de 28mm sobre las que se aplica un sistema de medición radioactivo Co 60 (Actividad 8,51 GBq)



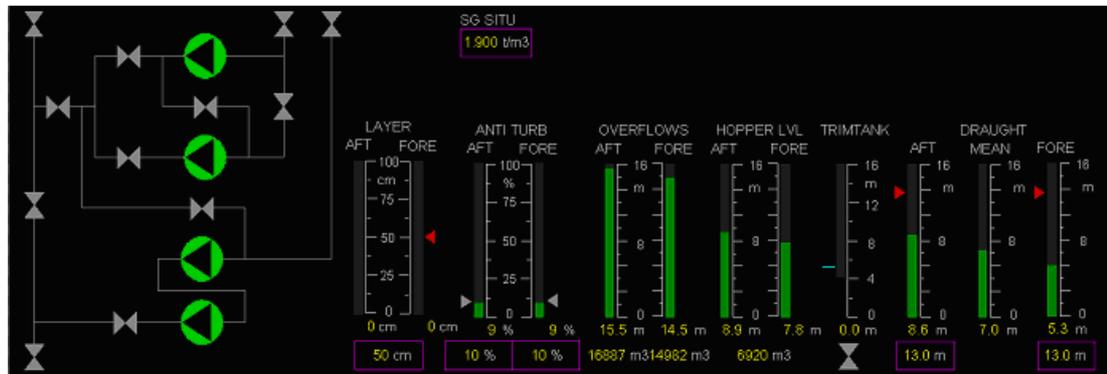
Para medir la velocidad, el tubo GM consta electrodos de acero inoxidable de medición inductiva

-Sensores de Carga/Calado/Desplazamiento/Asiento y Escora

Se trata de un sistema combinado formado de sensores eléctricos formados por: Dos Transducers eléctricos de presión con sensor cerámico montados sobre la quilla a nivel de las perpendiculares dando información sobre calados P. proa popa, calado medio, Desplazamiento



Dos Transducers de acero inoxidable con plataforma de gravedad estabilizada de medición inductiva de inclinado para el calculo del Asiento y Escora (4-20 mA - 10/+10V)

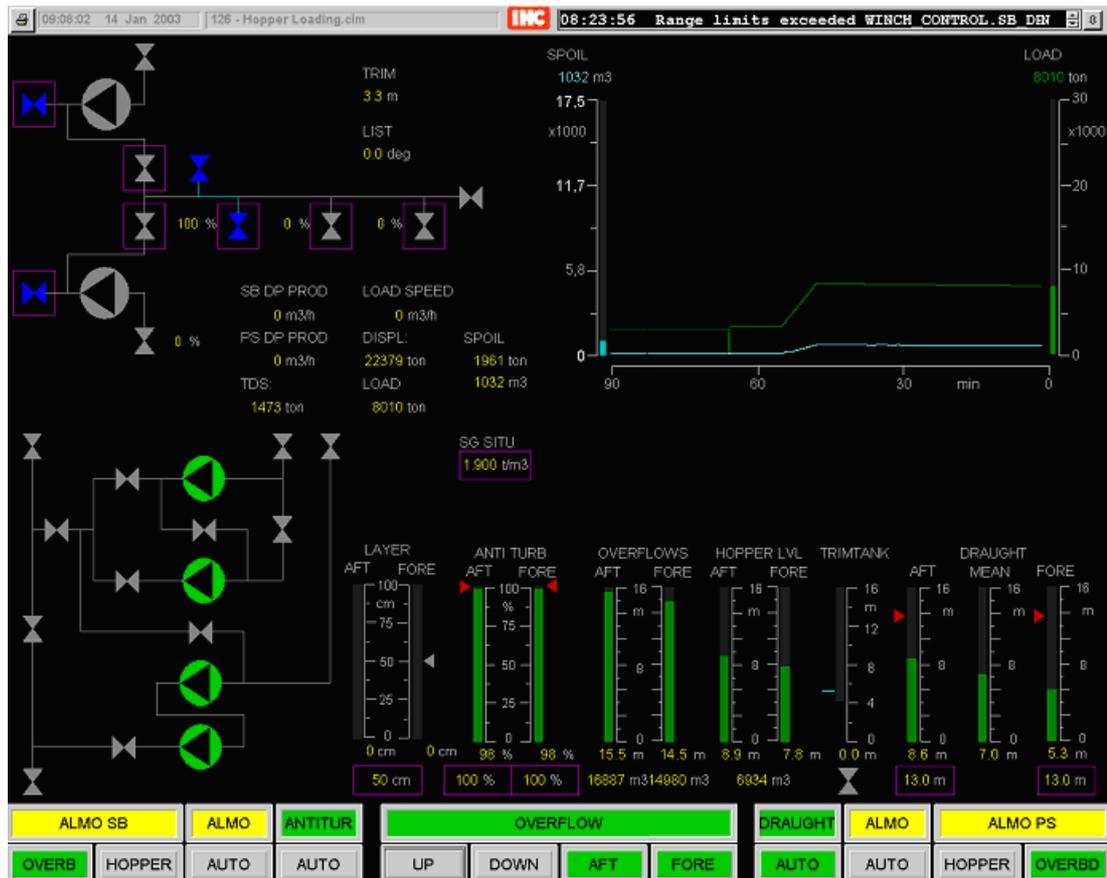


-Pinguers.

Cuatro transducers con carcasa de acero inoxidable y sensor ultrasónico de poliuretano distribuidos dos a cada banda de la tolva a la altura de cubierta superior.



Miden la altura de la superficie de agua sobre la tolva, calculando el volumen en m3
El conjunto de la señal de todos los sensores se manifiesta en una grafica primordial para la operativa de dragado, donde se hace el seguimiento del desplazamiento, calados, sedimento y el factor más importante: la producción.



3.2 CALIBRADO DE EQUIPO

A lo largo del proyecto y debido principalmente a los distintos consumos (Fuel, Agua, etc), el desplazamiento en lastre del buque varía, por lo que ha de ser calculado diariamente en orden de obtener una grafica de carga lo más precisa posible (Empty Ship Calibration).





La calibración se realiza en la zona de descarga, buque parado y compuertas abiertas. En ese momento el Sistema IMC toma como referencia los calados recibidos por los sensores y calcula automáticamente el desplazamiento en lastre, esencial a la hora de calcular la producción en el proceso de carga.

Debido a los esfuerzos a los que es sometido el tubo de succión, los sensores del sistema STPM se calibran del orden de una vez por semana, tanto vertical como horizontalmente.

El calibrado del sensor de profundidad del cabezal se hace trimestralmente; para ello se conecta un sensor independiente a dicho cabezal mediante un cable unido a una unidad electrónica en cubierta, midiendo la diferencia de profundidad entre ambos; para ello es fundamental trabajar sobre datum, es decir, con una altura de marea igual a 0.

4.0 SISTEMA DP / DT

El buque está equipado con un sistema DP/DT IHC Clase1 cuyo PLC controla las salidas al timón, la propulsión principal y la hélice de proa. El núcleo del sistema consiste en un PC (JDN -305) que funciona como un servidor desde el que se ejecutan todos los algoritmos de procesamiento de señal y control.



El sistema DP/DT se interconecta con el IMC, aunque con sistemas de red independientes.

El control de la propulsión principal y la hélice de proa se ejecuta a través de la red PLC , el control de los timones es directa , es decir, independiente de la red PLC .

El PLC funciona como un dispositivo de E / S que proporciona las siguientes interfaces:

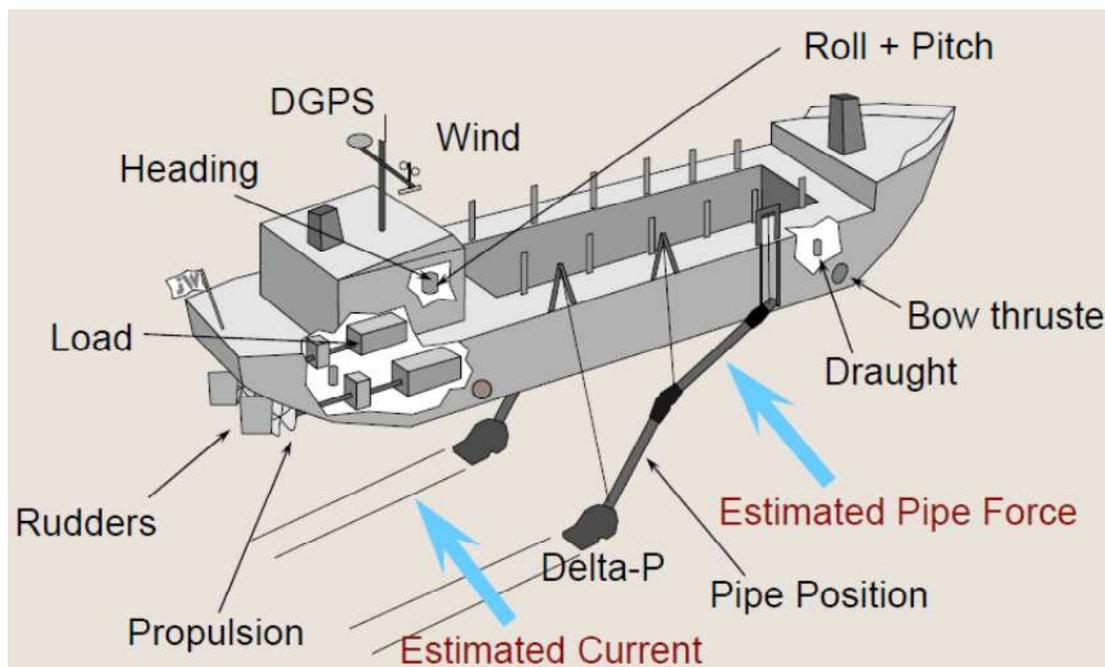
- Interfaz con la consola del Puente (pulsador / lámparas, pomos giratorios y palanca)
- Interfaz con el timón, hélice de proa y de CPP
- Interfaz con el control remoto
- Interfaz con el sistema de medición de la velocidad (Doppler Log)
- Interfaz a las fuerzas del tubo de dragado (a través de los sensores STPM)

Un servidor de ECDIS y dos servidores de radar de banda X se instalan en la consola de del puente. Su función es la interconexión de ECDIS y de radar con la red, de manera que en cada estación el radar y las pantallas ECDIS puedan ser mostrados.



El DPDT tiene interacción directa con:

- El sistema de posicionamiento (DGPS): latitud, longitud, velocidad respecto al suelo y el rumbo
- El giróscopo
- La unidad de referencia de movimiento (MRU): balance y cabeceo
- El anemómetro: velocidad del viento y dirección relativa
- El sistema ECDIS para el intercambio de la planificación y la navegación



Todos los sistemas de propulsión son controlados por el DP después de seleccionar modo " DP" en la consola de navegación ajustando automáticamente el valor de todos los propulsores seleccionados a excepción de la velocidad de los motores principales.

Las fuerzas que operan en el buque durante las operaciones de dragado tienen que ser compensadas por los algoritmos de control. Estas fuerzas son medidas por dos

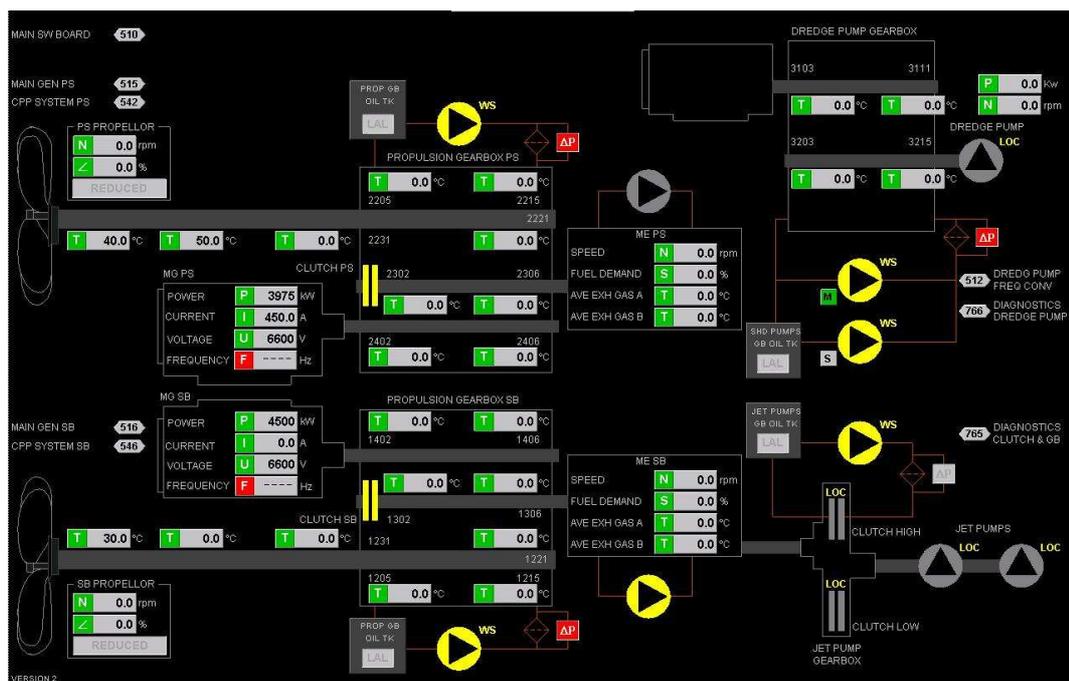
sensores instalados en el tubo de succión sobre en la toma de succión del casco. En caso de fallo, las fuerzas se pueden calcular utilizando la medición de Delta- P sobre el cabezal.

El sistema de propulsión principal está compuesto por dos hélices en tobera de cuatro palas de paso variable y dos timones articulados tipo “Becker”



4.1 INSTALACION DE MAQUINAS EN SISTEMA DPDT

	Marca	Tipo	Potencia	Velocidad
Motor principal Br	MAN B&W	12V 32/40	5750 kW	750 rpm
Motor principal Er	MAN B&W	12V 32/40	5750 kW	750 rpm
Auxiliar	Caterpillar	3512B	1424 kW	1800 rpm
Motor Emergencia	Caterpillar	3306DITA	187 kW	1800 rpm

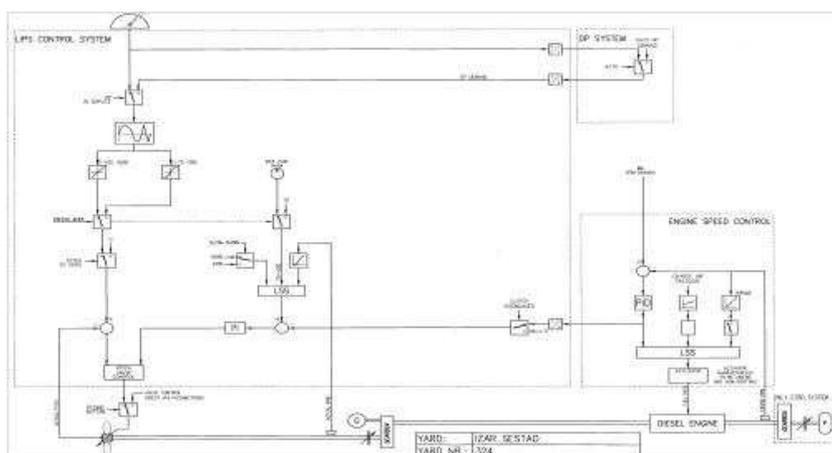




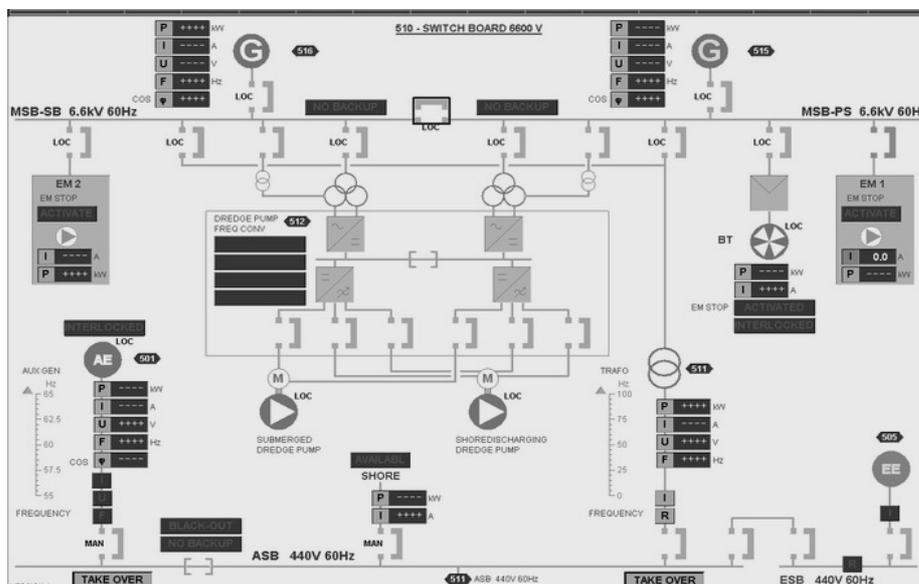
Los dos motores principales pueden funcionar a velocidad constante en modo navegación y dragado (750 rpm) proporcionando mediante una reductora de disco múltiple hidráulico, una velocidad de giro de hélice constante de 148 rpm. Los dos motores principales llevan acoplados dos generadores de cola suministrando una corriente de 3x6600V a 60 Hz.

Mediante la selección desde el puente del modo de navegación, los limitadores de carga en la sala de maquinas se vuelven activos. La carga de los motores puede ser reducida manualmente no siendo posible el funcionamiento de ninguna bomba de dragado.

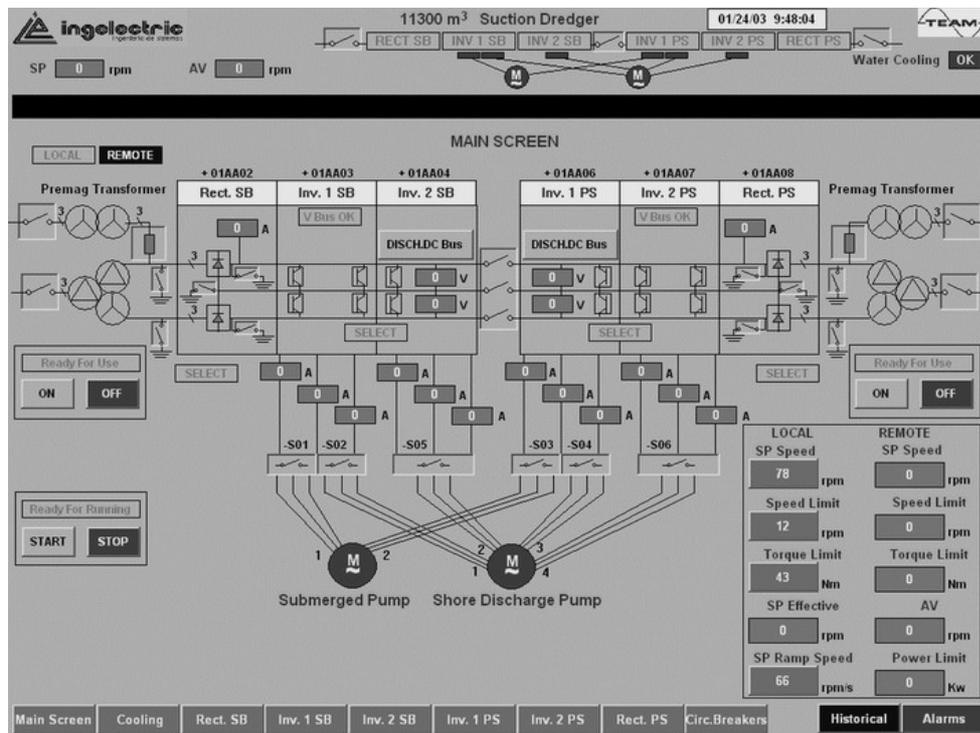
Mediante la selección desde el puente del modo de dragado, la velocidad de los motores principales permanece constante y los limitadores de carga en la sala de maquinas se desactivan, distribuyendo la potencia eléctrica a un ratio máximo de 70-30 entre el sistema de propulsión y sistema de dragado.



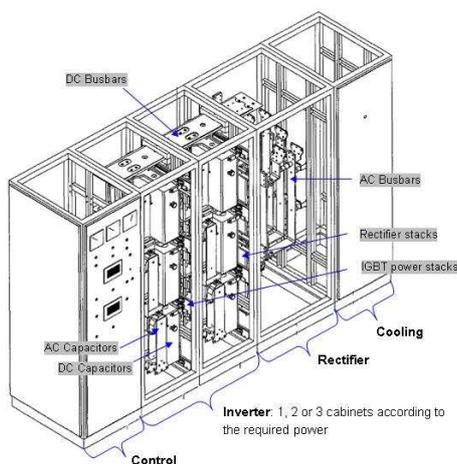
4.2 PLANTA ELECTRICA SISTEMA DPDT

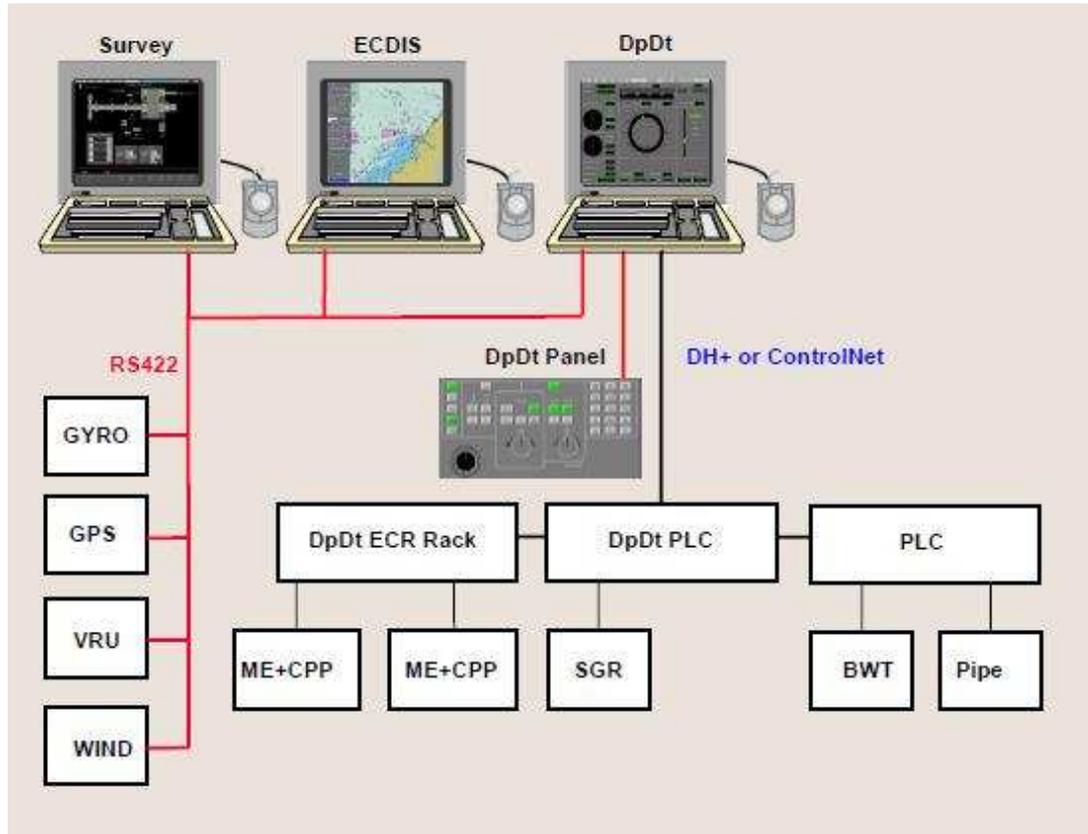


Compuesta por dos generadores de cola Indar que suministran una potencia de 6750 kVA a una frecuencia constante de 60 Hz a sus respectivas centralitas, conectadas cada una de ellas a un convertidor de frecuencia del tipo Motocon MP-MT 3300 Vac 8500 Kw encargados de rectificar y convertir la frecuencia y tensión para el funcionamiento de los motores de las bombas.



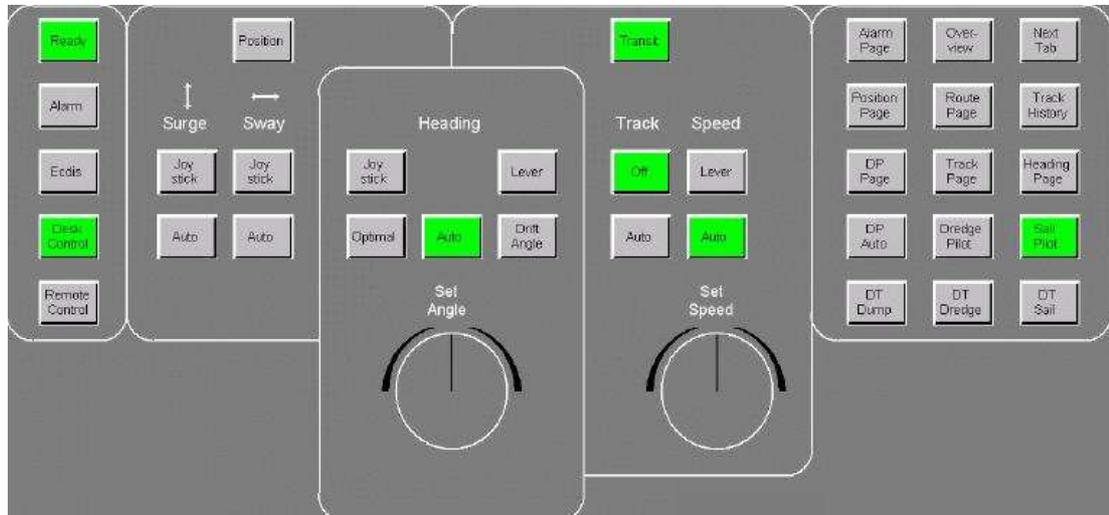
Cada convertidor de frecuencia esta compuesto por un rectificador de 5500kVA, dos inversores de 2400kW cada uno, una unidad de ventilación y panel de control





5.0 PANEL DP/DT

Todas las operaciones de dragado y navegación del sistema IHC- DPDT son seleccionadas desde este panel configurado con ocho modos operativos, dos de los cuales específicos para buques de dragado, donde se incluye un sistema compensatorio de fuerzas del tubo de dragado y donde se incluyen puntos de pivote específicos para tal efecto.



El sistema cuenta con una pantalla LCD de 10' desde donde se monitoriza todo el sistema integrado con pantallas específicas para cada modo operativo, como se explica más adelante.



Se selecciona el sistema de posicionamiento dinámico para controlar el rumbo, velocidad y posición por el operador. Las correcciones por viento, corriente, dirección, giro y velocidad de giro son calculadas automáticamente por el sistema.

5.1 MODOS OPERACIONALES SISTEMA DP

- Sail Pilot (Piloto automático de alta velocidad)

Este modo está diseñado para navegar a través de largas distancias mediante el control de rumbo en la velocidad dada con una actividad mínima del timón. Debajo de 5 nudos el rendimiento se degrada rápidamente.



- Dredge Pilot (Piloto automático con compensación de la fuerza de dragado)

Este modo de control está diseñado para mantener el rumbo del buque durante las operaciones de dragado con velocidad entre 2 a 4 nudos. Adecuado para el dragado a granel en puertos y canales de acceso, no tanto por la excavación de zanjas.



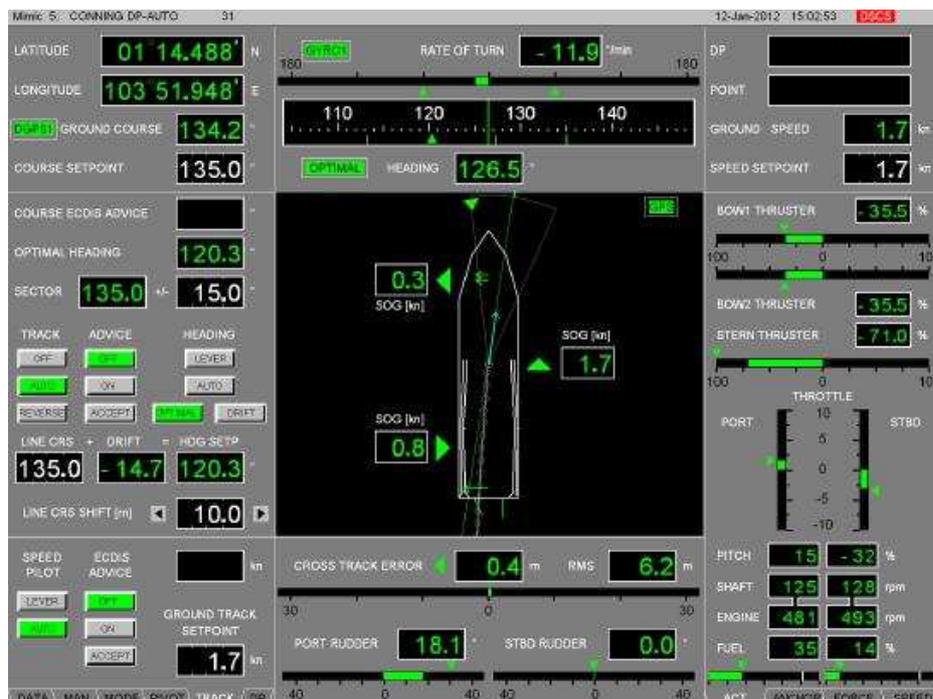
- DT -Sail (Adaptive High Speed Track Pilot)

Este modo está diseñado para controlar el rumbo del buque a lo largo de una pista a una velocidad dada, usando los ángulos del timón. Se recomienda un mínimo de 6 nudos.

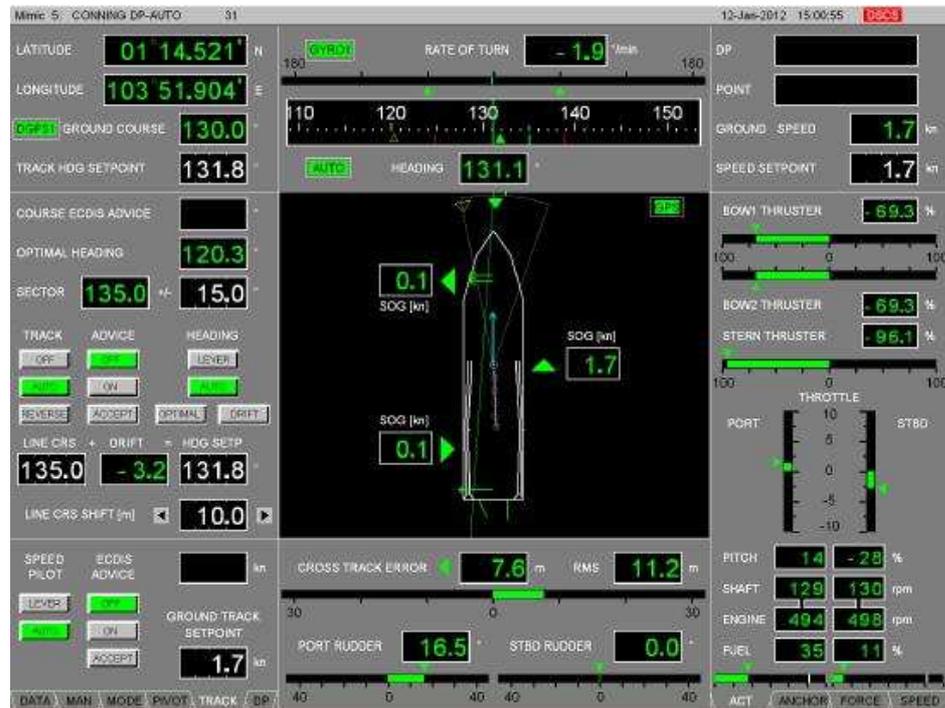


- DT- Dredge (Track pilot con la compensación de la fuerza de dragado)

Adecuado para ser utilizado cuando la velocidad del buque es de entre 2-6 nudos, en particular, cuando las fuerzas actuantes del tubo de dragado son altas. El rendimiento mejorado se debe principalmente a la aplicación de la hélice de proa y propeller pitch.

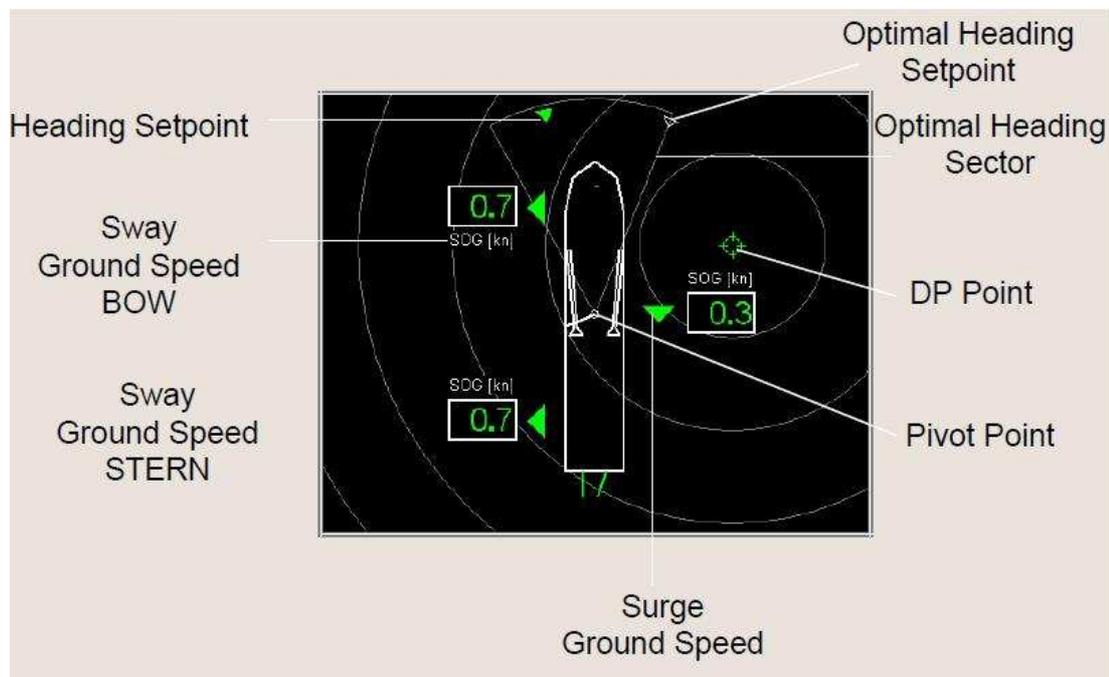


- DT- Slow (piloto de pista con rumbo seleccionable)



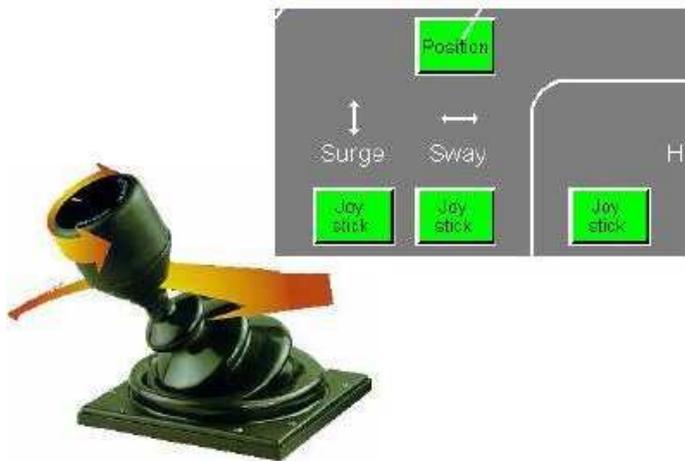
- DP- Auto (posicionamiento dinámico)

Este modo es utilizado en operaciones de descarga a tierra y rainbowing donde el punto de pivote se sitúa en la conexión de proa.



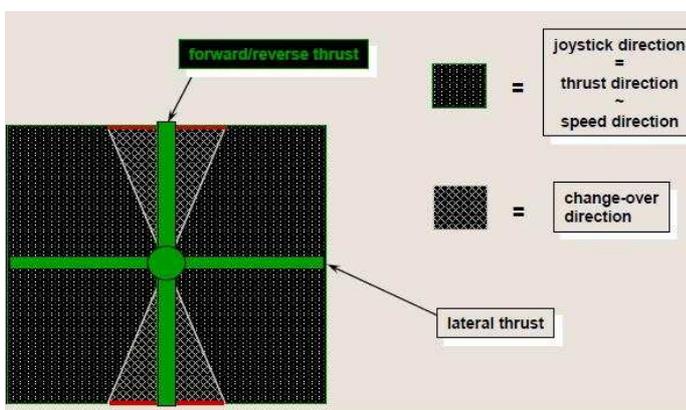
- DP Joystick (Manual de control de posición)

Este modo de control está diseñado para ser una manera fácil de usar para cambiar la posición y el rumbo del buque, cuando la velocidad es casi nula.



- DP Joystick remoto

Las funciones básicas DP pueden operar también desde un panel de control remoto inalámbrico. Para las operaciones de DP manuales (joystick) que tiene un botón (para la rotación del buque) y una palanca de mando (SB / PS o avance / inversor de empuje).



El sistema remoto funciona con una conexión de radio frecuencia. Las antenas se instalan en el techo de la timonera.

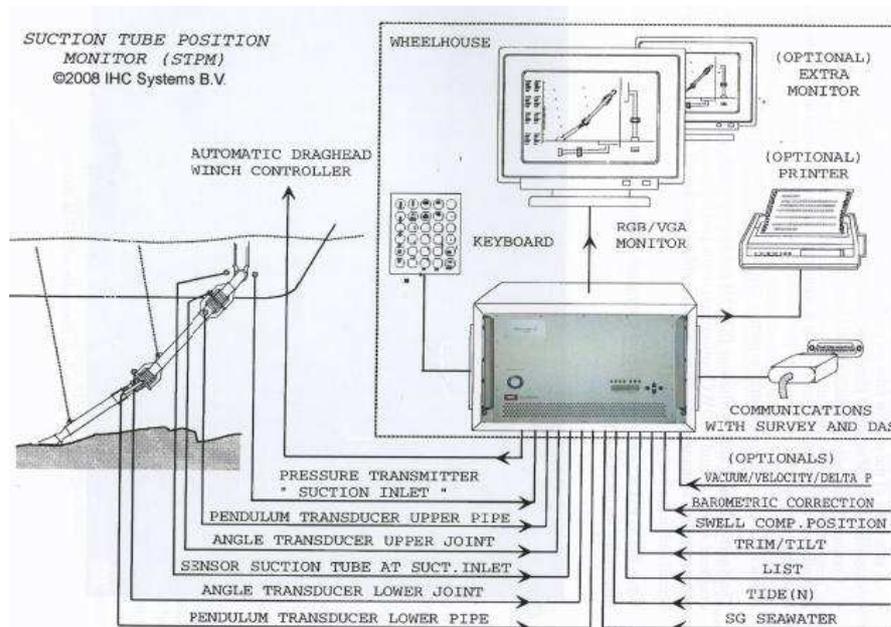
En caso de fallo del sistema de radio, una conexión de cable con el cable está provisto de un enchufe de conexión en el panel frontal de la mesa de encuesta

6.0 SISTEMA STPM

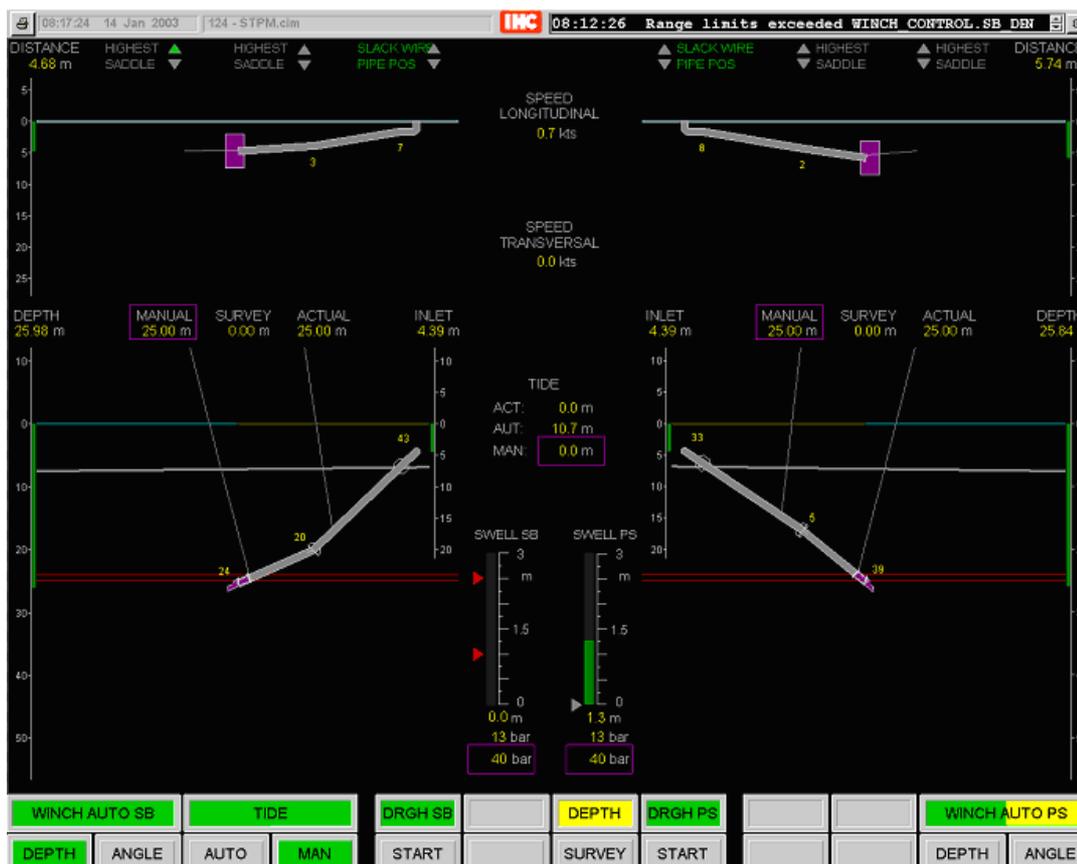
Acrónimo para “Suction Tube Position Monitor” (Monitoreado de la posición del tubo de succión), se trata de un sistema esencial y específico para buques de dragado ligado al sistema DP/DT, IMC y Survey, encargado de monitorear la posición exacta tanto del tubo de dragado con relación al casco, como de la profundidad del cabezal.



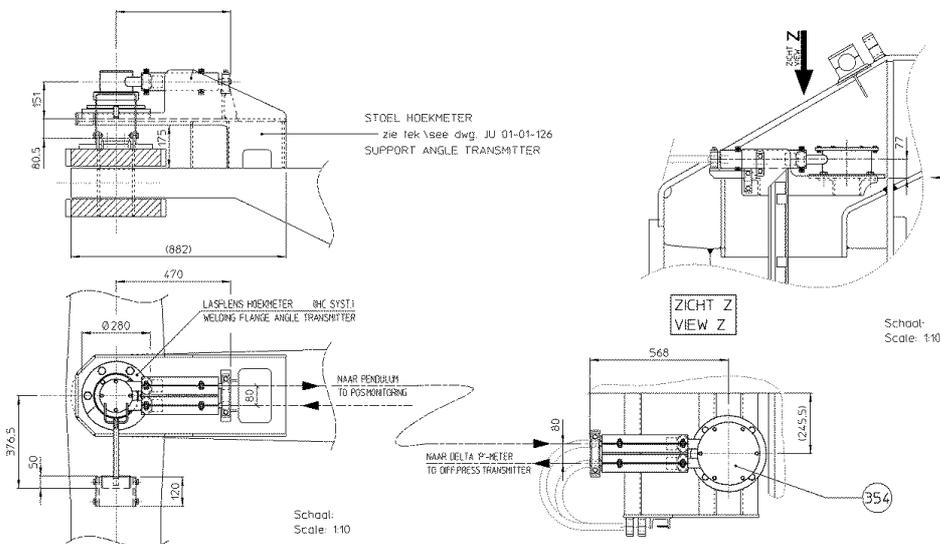
Dicho sistema se basa en una serie de sensores electro-mecánicos (verticales y horizontales) integrados con el sistema IMC, fijados a partes específicas del tubo de succión proporcionando la posición exacta con un margen de error muy bajo una vez el sistema ha sido calibrado.



La transmisión de la señal se realiza mediante separadores galvánicos (4-20mA. Signal) incorporados en los sensores transmitida a la CPU del sistema IMC

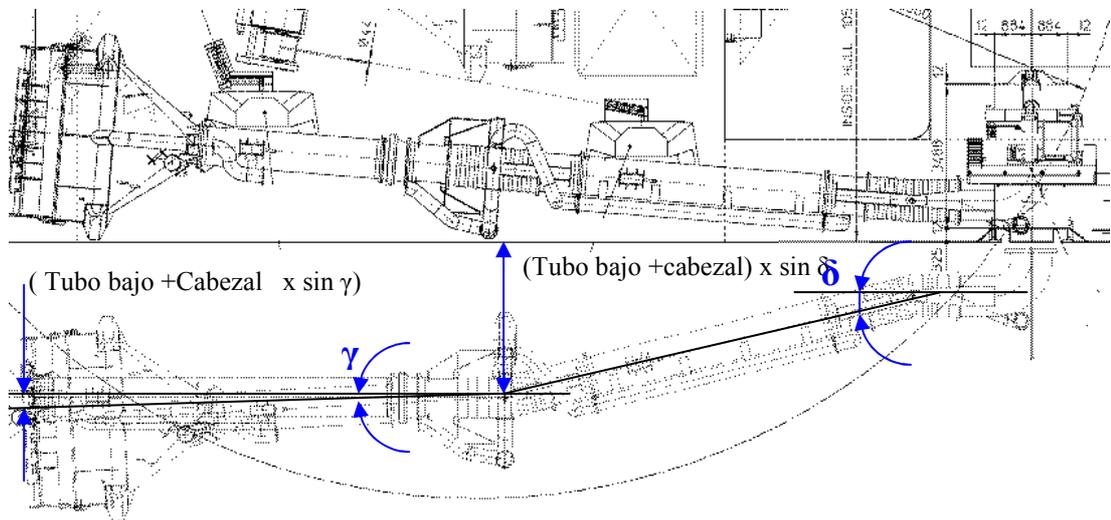


La precisión del sistema STPM depende de varios factores como la precisión de la transmisión de la señal, calibración de los sensores, precisión de los componentes de sistema DP/DT en especial Gyro, DGPS, MRU. La posición tanto del cabezal como del tubo de succión viene determinada por medición de ángulos en plano horizontal (X,Y) y vertical (Z)



6.1 POSICION HORIZONTAL (X,Y)

Dicha posición se calcula mediante cuatro sensores posicionados en el eje de giro de los dos anillos Cardan.



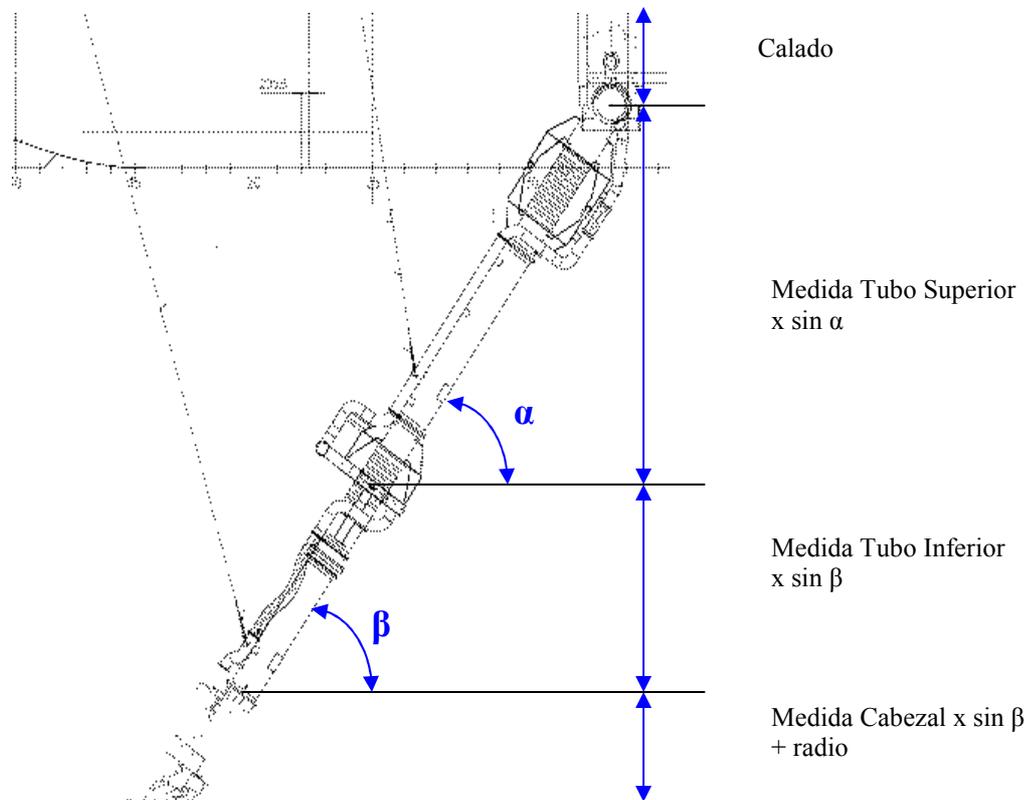
Dichos transducers angulares tienen un desvío máximo de 1‰ en 355°, o 0.355°.

Tenido en cuenta por el sistema IMC: $E_{hor} = \tan(0.355^\circ) \cdot L_1 + \tan(0.355^\circ) \cdot L_2$



6.2 POSICION VERTICAL (Y)

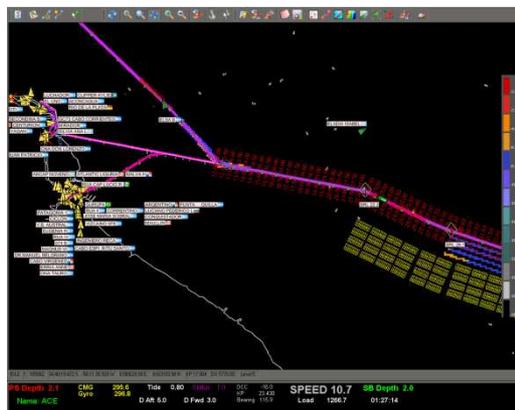
Se realiza mediante cuatro sensores tipo pendular instalados en los puntos de giro del tubo de succión con una precisión de $0,2^\circ$.



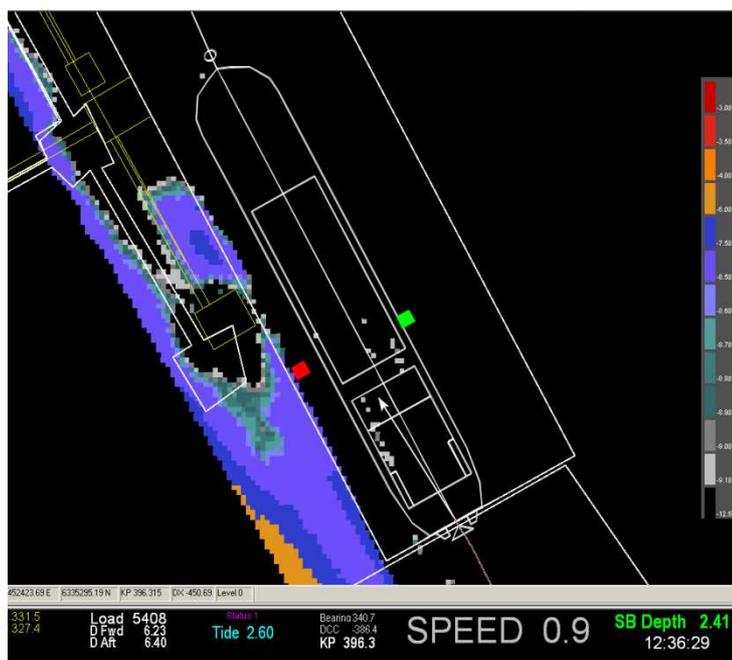
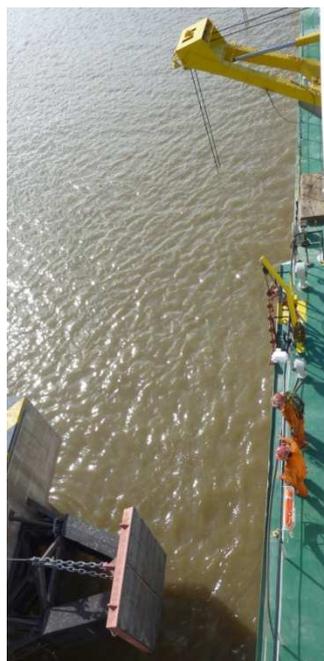
Estos ocho sensores junto a un sensor de profundidad situado en la parte interna del cabezal, proporcionan la información necesaria para realizar operaciones de dragado con un margen de error por debajo de un metro en proyectos de alta precisión (Ej. Cableado Submarino)

7.0 SISTEMA DE DRAGADO QUINSY

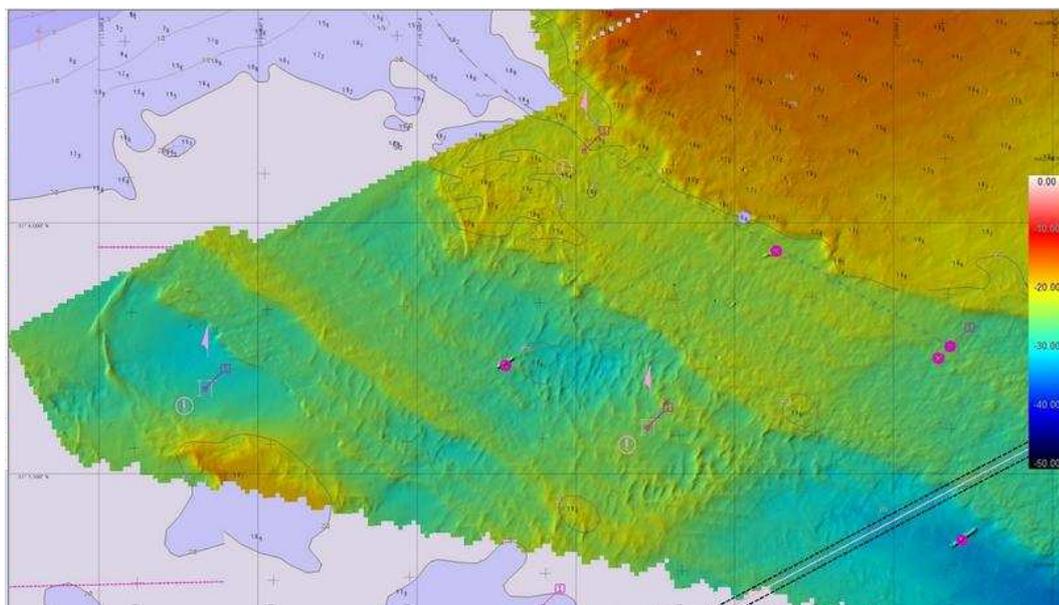
El sistema QINSy (*Quality Integrated Navigation System*), constituye una pieza esencial dentro del dragado con Posicionamiento Dinámico. Se trata de un programa modular con una serie de aplicaciones conectadas entre sí en comunicación directa con los sistemas informáticos de dragado a bordo, recibiendo toda la información necesaria de los sensores de los sistemas STPM e IMC, para posicionar la embarcación con máxima precisión en la zona de dragado.



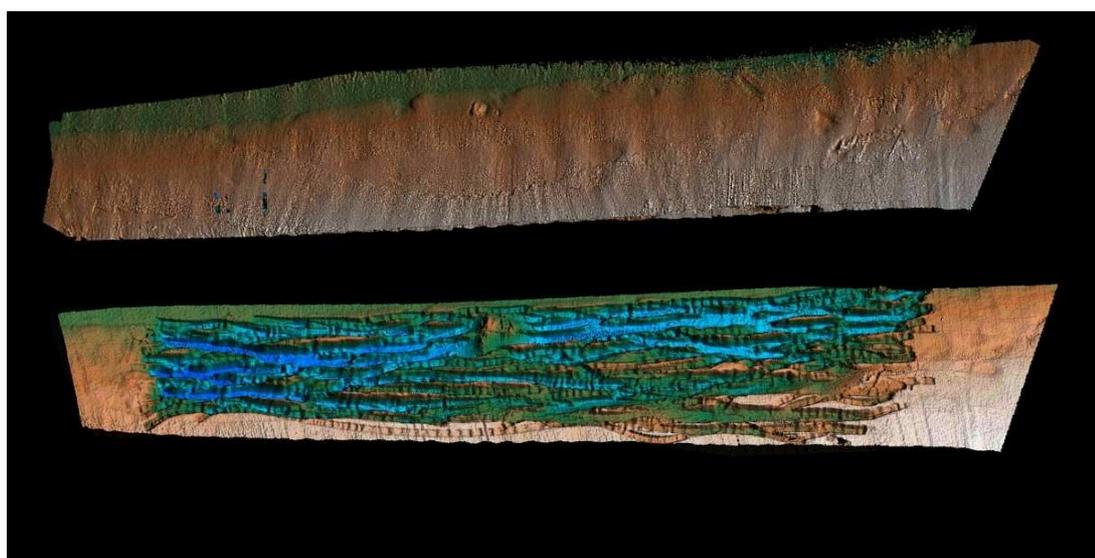
QINSy usa datos de los sensores de densidad y de velocidad del sistema IMC para calcular la producción de la embarcación y señales de los sensores de dragado del sistema STPM para la automatización.

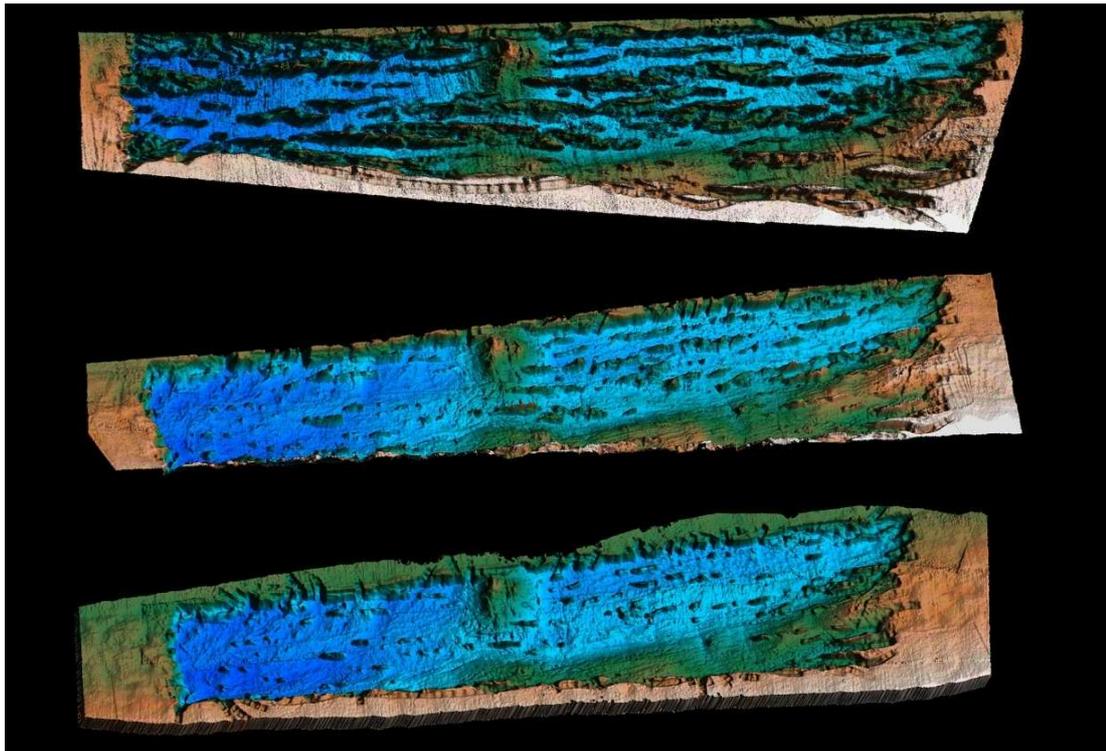


Antes de comenzar el proyecto de dragado se realiza una batimetría de la zona para su importación en QINSy (grid File), así como la superficie de diseño que prescribe la forma del fondo a fin de proyecto. Ambos DTM se importan a la red para que las diferencias se puedan visualizar y seguir la producción.



Para el seguimiento y visualización del proceso de dragado, se dispone de una serie de monitores tanto en la consola de dragado, puente y sala de batimetría del DTM excavado y del DTM de diseño en 2D (en planta y vistas de perfil) y en 3D. A medida que se retira o deposita el material, QINSy actualiza la forma del DTM previo al dragado proporcionando así una imagen realista de la profundidad trabajada y el progreso general.



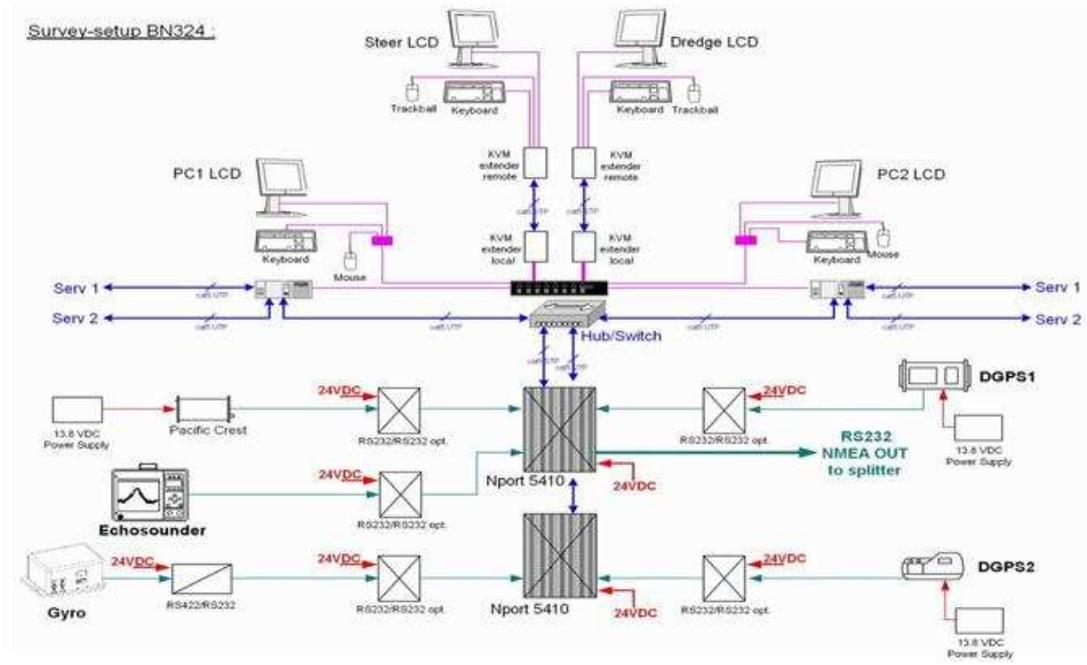


La "red de resonancia" de varias capas se complementa con sondeos intermedios de retro dispersión y barrido lateral a lo largo del proyecto consiguiendo un "nivel de confianza del 95%" para ofrecer garantías de calidad al cliente de los datos recogidos en tiempo real.

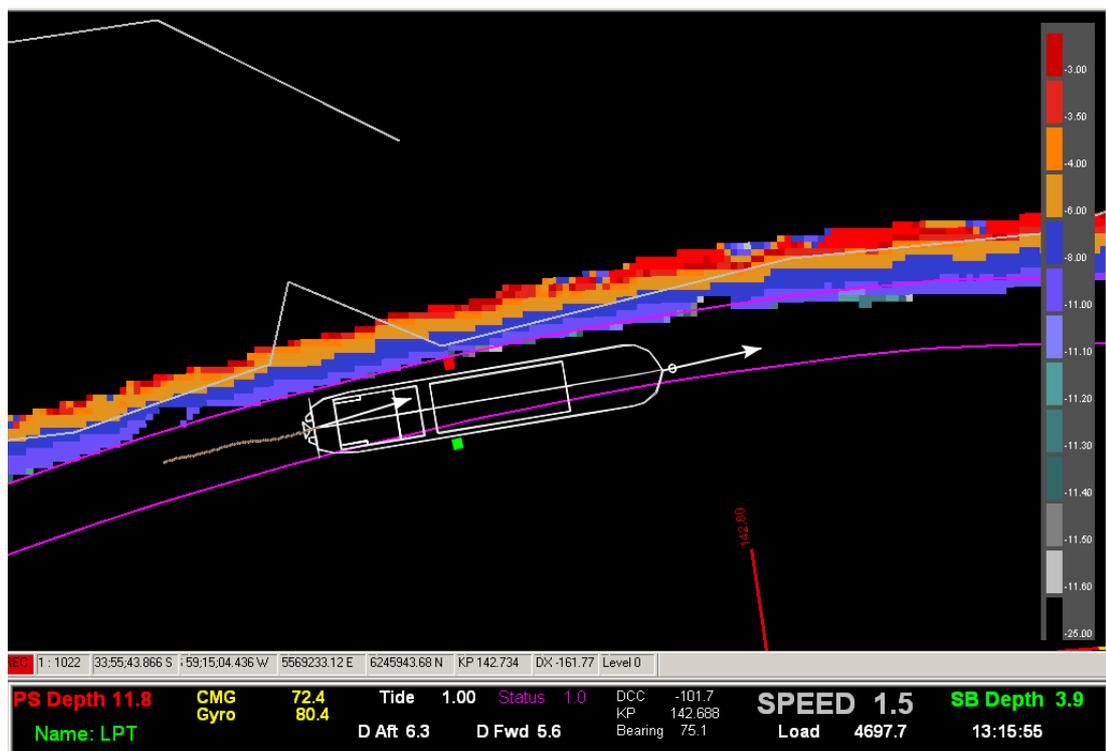
7.1 CONFIGURACION DE SISTEMA

Una vez definidos los parámetros geodésicos, el siguiente paso es integrar los distintos dispositivos de medición:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| PPS System | Sidescan Sonar |
| Gyro Compass | Sidescan Sonar (old) |
| Pitch Roll Heave Sensor | Magnetometer |
| Position Navigation System | Output System |
| Satellite Navigation System | Closure Output System |
| Differential Corrections System | AIS System |
| Surface Navigation System | ARPA System |
| Layback System | Gun Controller |
| USBL System | Eventing System |
| Underwater Sensor | P5/94 Generator |
| Speed Log | Miscellaneous System |
| Tide Gauge | Dredging Sensor |
| Sound Velocity Profile System | Dredging System |
| Singlebeam Echosounder | Rotation Angle Sensor |
| Multibeam Echosounder | Acceleration Velocity Sensor |
| Multi-Transducer Echosounder | Bundle Gyro Compass |



Todo ello nos dará como resultado una imagen virtual en pantalla con todos los datos necesarios para la monitorización del proceso de dragado tanto para el operador de dragado (junto a pantalla IMC) como para el operador DP:





2. CALCULOS

8.0 ETAPAS EN PROYECTOS DE DRAGADO

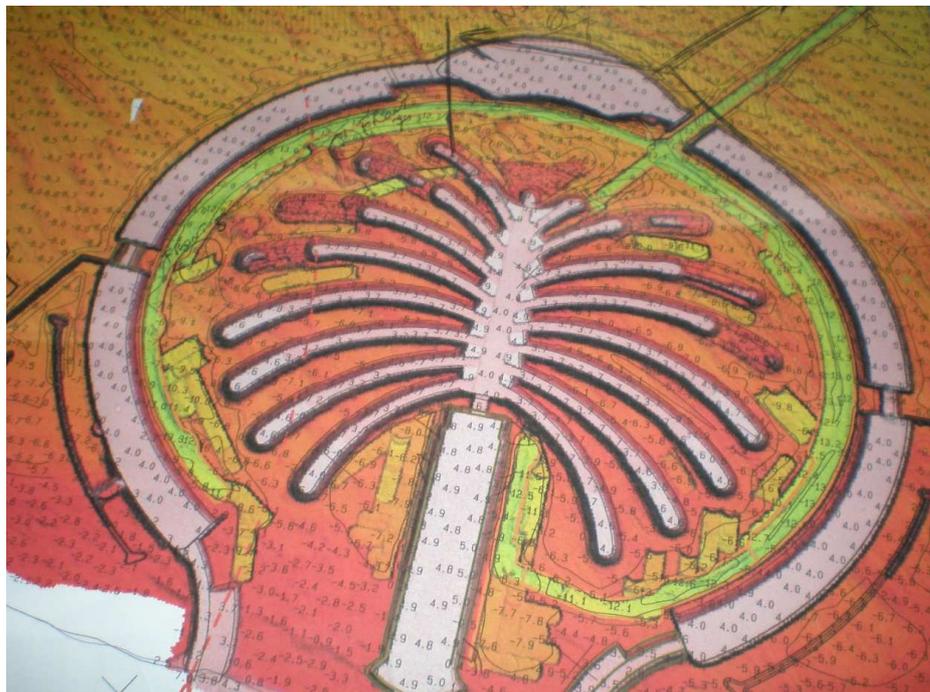
Una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre.

Se trata de una operación necesaria para el desarrollo y el mantenimiento de las infraestructuras en dichos medios, y de su realización depende el desarrollo de los puertos y del tráfico marítimo. Sin embargo, a pesar de su importancia en las obras marítimas y su vinculación al desarrollo económico y social, las técnicas de dragado siguen siendo una de las ramas más desconocidas de la ingeniería civil.

Primera etapa

La primera etapa tiene que ver con la recopilación de información llevando a cabo un levantamiento hidrográfico para establecer la cantidad de sedimento a eliminar.

La batimetría de la zona de dragado y vertido, se complementa con una evaluación ambiental para determinar si hay alguna especie protegida en la zona, si se trata de un sitio de especial interés científico, o y si hay restricciones de algún tipo ya sean de tipo climático, de tráfico o demás naturaleza, que puedan significar un retraso en la ejecución del proyecto.



Se toman muestras y análisis de sedimentos para evaluar las características geológicas y geotécnicas del material. Se supervisa la zona de dragado con los contratistas, el personal de la autoridad marítima correspondiente junto con el director y manager del proyecto.

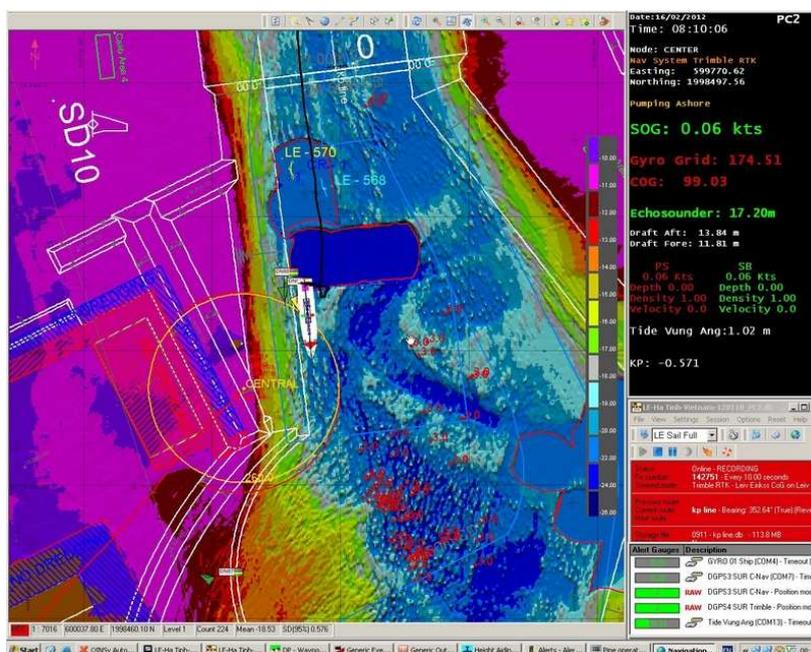
Su definición es fundamental a la hora de abordar una operación de dragado y por tanto en la minimización de costes tanto ambientales como económicos, así como en el impacto que las operaciones de vertido van a tener sobre la zona.

Segunda etapa

La segunda etapa se basa en la planificación y fijación de precios y periodos de ejecución de las obras. Durante esta etapa, se consulta con las partes interesadas y los reguladores, buscando el consentimiento formal de la Autoridad de Planificación, Agencia de Medio Ambiente, Organización de Gestión Marítima o sus equivalentes entre otras. El contratista negociará la libertad de acceso y rutas con los propietarios de terrenos lindantes así como la gestión de la navegación de la draga en la zona del proyecto (maniobra restringida, exoneración y / o servicios de practicaaje, etc)

Una vez aprobado el proyecto, el contratista prepara un estamento en el que viene reflejado el método de ejecución de obra y las evaluaciones de riesgo.

Al mismo tiempo se acondiciona el buque en lo referente al material de dragado utilizado (tipo de cabezal, longitud de tubo, conexión de proa, cables, etc) junto al programa QUINSI con el archivo electrónico de la batimetría inicial.





Tercera etapa

La tercera etapa consiste en llevar a cabo y supervisar las obras. Para ello se realizan batimetrías diarias que son actualizadas en los equipos y en caso de proyectos de reclamación de arena, se realizan sondajes por carga para determinar la cuantía de metros cúbicos, en presencia del representante del contratista a bordo del buque durante todo el proyecto.

Cuarta etapa

En la etapa final se realiza una batimetría con presencia del delegado del contratista, donde se comprueba y da fe de la ejecución del proyecto completo acorde con lo pactado. Se trata de ver en pantalla que no hay cotas sobre datum por encima de la profundidad prefijada en el contrato y, en caso de proyectos de reclamación, los metros cúbicos de arena entregados corresponden con los sondajes realizados a bordo.

De una forma más detallada, se puede planificar las obras de dragado como:

- El Comitente detecta la necesidad de realizar la obra de dragado
- El Comitente contrata una empresa Consultora para hacer los estudios y proyecto de la obra y determinar los costos. Puede hacerlo con técnicos propios
- Se subcontratan los estudios especiales como relevamientos batimétricos, estudios geofísicos y geotécnicos, estudios ambientales, estudios sedimentológicos, entre otros
- El Comitente consigue los recursos, elabora los pliegos y llama a licitación de la obra
- El plazo entre la venta de pliegos y la presentación de ofertas para Licitaciones Internacionales puede ser de meses.
- Los Oferentes compran el pliego, realiza los estudios de campo y gabinete que considere necesarios y prepara la oferta. En obras complejas el costo de preparación de una oferta puede superar fácilmente la suma de varios millones de dólares. En casos de licitaciones internacionales es usual que haya asociaciones entre empresas extranjeras y nacionales
- Los Oferentes realizan la presentación de ofertas
- El Comitente estudia las ofertas y precalifica a uno de los Oferentes



- Los otros Oferentes no precalificados presentan usualmente alguna impugnación administrativa que en algunos casos puede llegar a ser judicial
- El Comitente resuelve las impugnaciones
- Se adjudica la licitación
- El Adjudicatario presenta las garantías de contrato para su aprobación
- Se discute y se firma del contrato
- Se inicia la ejecución de la obra
- El Contratista realiza la ejecución de la obra
- El Comitente realiza por medio del Ingeniero la supervisión y aprobación de los trabajos
- El Comitente realiza el pago estipulado en el contrato.

Las partes que participan activamente en la obra son:

COMITENTE

Se lo denomina también Cliente. Es el dueño de la obra. Es el que necesita que se ejecute el trabajo. Es el que paga por los trabajos. Habitualmente no tiene buena capacidad técnica. Puede ser una entidad pública o una empresa privada.

CONSULTOR

Es una empresa de ingeniería que está contratada por el Comitente para que le resuelva todos los aspectos técnicos. Hace el proyecto de la obra y puede realizar el seguimiento y control de los trabajos. En ese caso se desempeña como Inspector de la obra.

SUBCONTRATISTAS

Son empresas que realizan tareas específicas vinculadas con el proyecto. Pueden ser contratadas directamente por el Comitente o por el Consultor. Pueden realizar las siguientes tareas:

- Estudios de suelos
- Relevamientos batimétricos
- Relevamientos geofísicos
- Estudios de impacto ambiental



DRAGADOR o CONTRATISTA PRINCIPAL

Es una empresa especializada en este tipo de obras. En obras importantes suele ser una empresa internacional. Cuenta con experiencia, equipos, personal y medios económicos para realizar la obra. Cuando compra pliegos para presentarse en una licitación se denomina el Oferente. Si le pre adjudican o adjudican una licitación se denomina el Pre adjudicatario o el Adjudicatario.

INSTITUCIONES FINANCIERAS

Muchas obras de dragado son financiadas mediante préstamos otorgados por instituciones financieras internacionales como el Banco Mundial. En el otorgamiento de estos préstamos las instituciones participan, entre otras, en la elaboración de los pliegos para la licitación y en la selección de los contratistas

INSTITUCIONES MEDIOAMBIENTALES

Los aspectos relacionados con el medio ambiente han tomado un desarrollo muy significativo y la oposición a un proyecto de una organización medioambiental, aunque no está plenamente justificado desde el punto de vista técnico puede implicar aumento de costos de obra y de demoras en su ejecución

POLITICOS Y MEDIOS DE COMUNICACION

La difusión de las ventajas y desventajas de una obra de dragado pueden ser adecuadamente reflejadas por la prensa o presentadas mediante ciertas distorsiones.

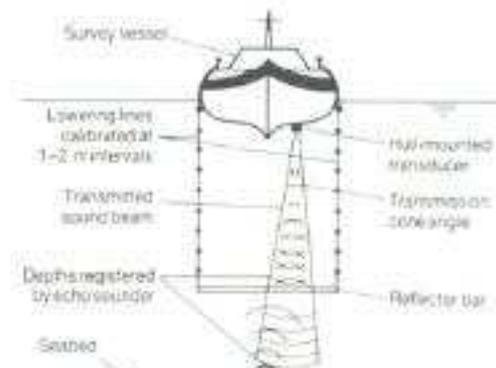
9.0 DEFINICION BATIMETRICA

Para poder calcular de forma precisa los volúmenes disponibles y delimitar las zonas tanto de dragado como de vertido, es imprescindible tener un buen conocimiento del fondo marino. Esta información no suele estar disponible, por lo que resulta vital realizar una campaña batimétrica que debe contener la siguiente información:

- Profundidad del fondo en varios puntos de medida bien espaciados.
- Posición planimétrica de estos puntos.
- Medidas de las variaciones del nivel medio del mar.

En la actualidad el uso de ecosondas para reconocer el relieve marino está muy extendido llegando a determinar profundidades superiores a los 5.000m, valor muy por encima a los requeridos en operaciones de dragado.

El principio de funcionamiento de la ecosonda es la determinación del tiempo transcurrido entre el envío de la señal desde el transductor hasta que es alcanzada por el receptor después de reflejarse en el fondo. De esta forma la ecosonda permite medir la profundidad tanto del fondo como de cualquier objeto sumergido.



El retardo del pulso sonoro enviado y recogido por el receptor permite calcular la profundidad siguiendo la siguiente ecuación:

$$P = (V_s * t) / 2$$

donde t es el tiempo de retardo en segundos, V_s la velocidad del sonido ($V_s = 1500\text{m/s}$) y P es la profundidad. La división por dos se utiliza para tener en cuenta el viaje de ida y vuelta del impulso en el agua.

Es importante realizar una correcta calibración de la ecosonda, donde uno de los factores básicos es la determinación de la temperatura y la salinidad del medio en el que nos encontramos puesto que repercuten directamente en la velocidad de propagación de la señal.

Estos dos parámetros tienden a cambiar a lo largo del día, según la estación, la marea, la precipitación y la profundidad, por lo que deberá calibrarse la ecosonda como mínimo una vez al día, y al comenzar y al finalizar la campaña batimétrica.

Los equipos de sondeo varían fundamentalmente en la frecuencia alcanzada por sus pulsos sonoros, quienes a su vez determinan la resolución de los resultados y la capacidad de penetración en el fondo. Para trabajos de dragado se requieren frecuencias de onda de 33 kHz a 210 kHz. Las frecuencias altas son inmediatamente reflejadas por la primera capa de sedimentos, por lo que sólo aportan información acerca de la superficie del fondo. Por el contrario, las frecuencias bajas penetran más en el terreno y son reflejadas por las capas de sedimento inferiores.

Todos los equipos son empleados simultáneamente a bordo lo cual permite llevar a cabo el levantamiento geofísico. Para que la información pueda plasmarse en planos descriptivos del área en estudio se requiere de computadoras para la interpretación geofísica y geológica.

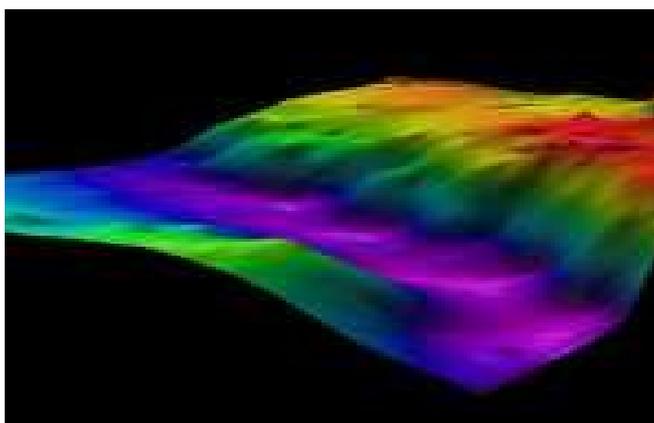
Los equipos empleados están constituidos por ecosondas (figura 4.1) y sonares de barrido lateral (figura 4.2 y 4.3), permitiendo obtener la magnitud del tirante de agua y la topografía del fondo marino.



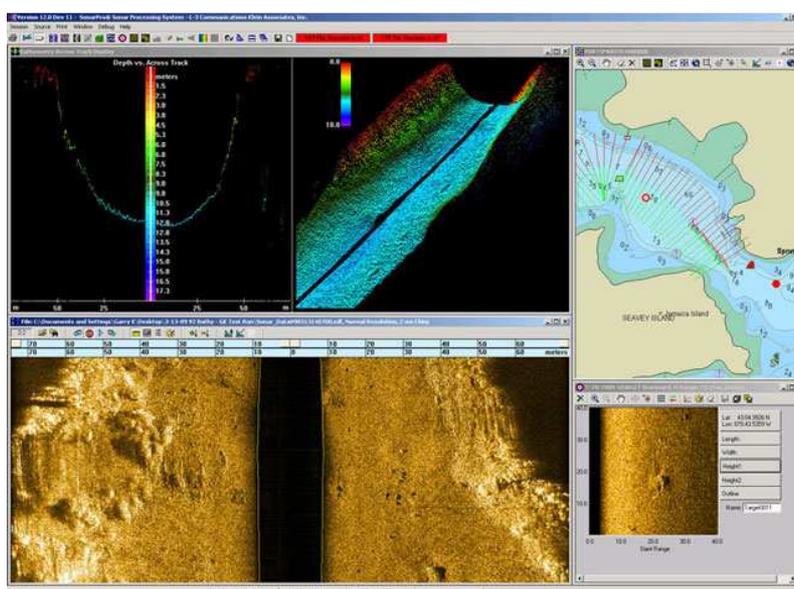
El funcionamiento de estos equipos es similar y se basan en el principio de pulsos acústicos de alta frecuencia. Las frecuencias normales de operación de la ecosonda y el sonar lateral son de 200 y 100 Khz.

La diferencia entre estos dos aparatos es que el pulso acústico de la ecosonda está dirigido hacia abajo y permite obtener sólo el perfil batimétrico del fondo.

Esto es en la ecosonda mientras que el sonar emite los pulsos a ambos lados del transductor con un grado de inclinación vertical prefijado, lo cual permite obtener una fotografía acústica del fondo.



El sonar de barrido lateral representa una técnica fácilmente accesible para obtener imágenes acústicas del fondo marino que en la época actual mediante la tecnología de la electrónica digital ha permitido la fabricación de equipos miniaturizados, de fácil empleo y de una gran calidad de imágenes, susceptibles de ser empleados desde embarcaciones muy ligeras. De esta forma es posible obtener imágenes como esta.

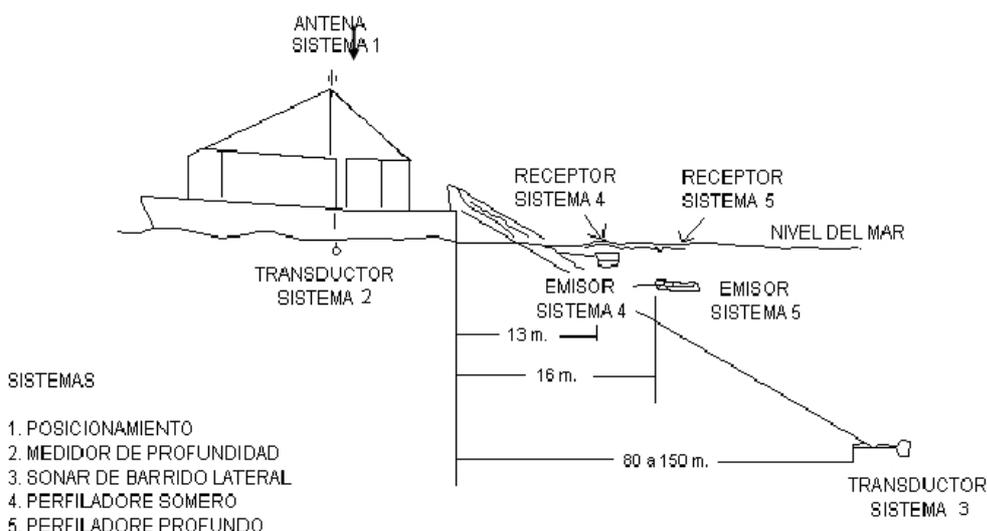


Los componentes de estos dispositivos: fuente de emisión de señal, unidad receptora de señal y unidad de grabación.

Recientemente, la tecnología de la sonda multi-haz, ha permitido la obtención de imágenes del fondo de una gran resolución cubriendo amplias extensiones de fondo marino y admitiendo mayores velocidades de arrastre con lo que su rendimiento es muy superior al sonar de barrido lateral.

Tiene el inconveniente de exigir una embarcación de mayor porte, dotada de sensores de movimiento para compensar cambios en la orientación del haz introducidos por los efectos del estado del mar en la embarcación, por lo que el costo de sus operaciones es notablemente más caro que el sonar de barrido lateral, aunque es el método de elección para la cartografía de precisión de fondos marinos que tienen como objetivo levantamientos batimétricos y topográficos. Sin embargo, la necesidad de ser transportado en embarcaciones de mayor eslora limita su utilización en los fondos más someros, donde el sonar de barrido lateral resulta más manejable, como ya se ha comentado anteriormente. No obstante, su utilización para levantamientos batimétricos y topográficos de áreas de extracción se considera el método de elección.

Los equipos destinados a proporcionar información del subsuelo marino pueden clasificarse en perfiladores someros y profundos, su operación se basa en los principios básicos de reflexión marina.



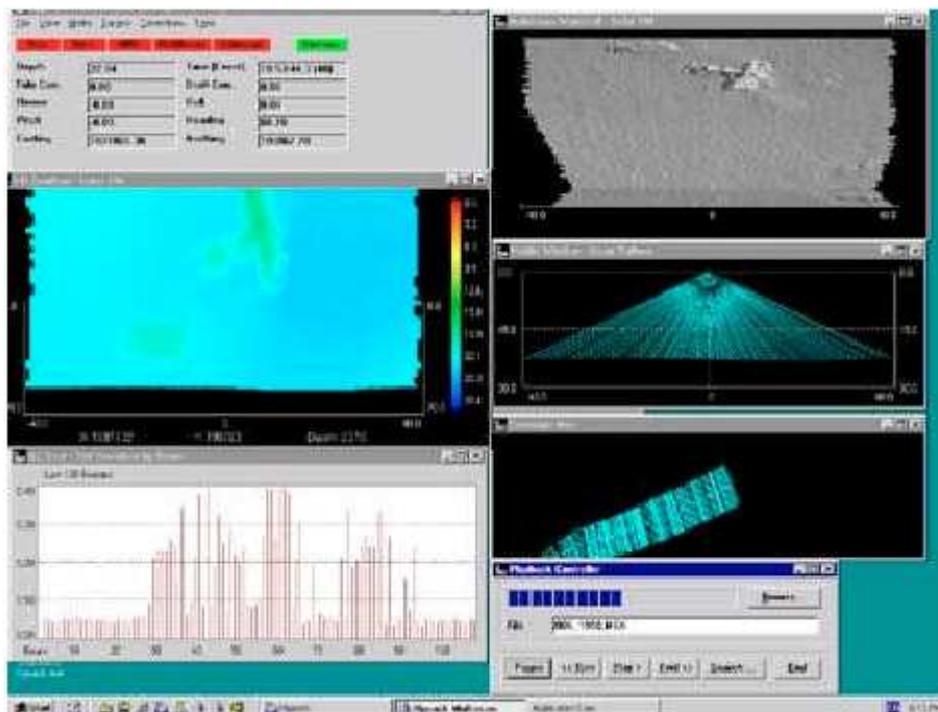


Los perfiladores someros son equipos de mayor resolución y frecuencia en sus señales de emisión. El sistema más simple funciona con la vibración discreta de un diafragma activado electrónicamente. El rango de frecuencia de operación está entre 400 y 4,000 Hz. Los perfiladores más profundos son los que producen una descarga eléctrica que crea un impulso acústico en el agua salada, también los de explosión de gases a través de válvulas neumáticas. Estos operan en rangos de entre 20 y 6,000 KHz.

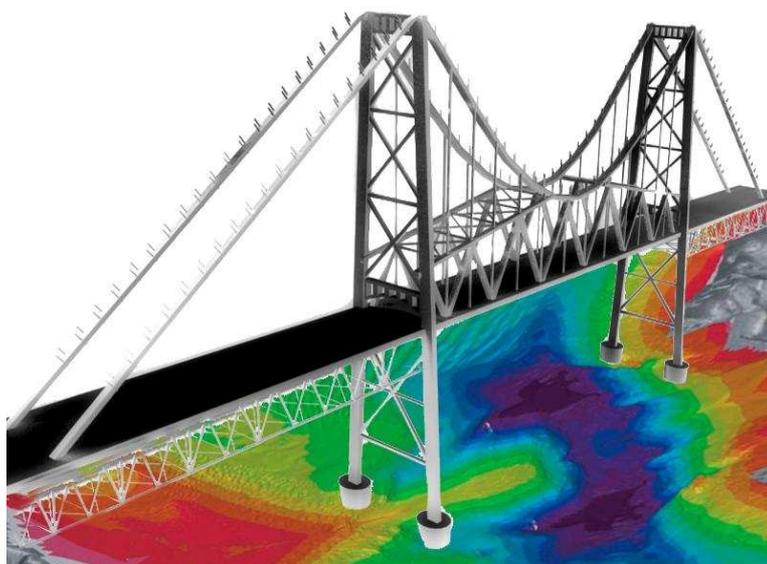
Las bases teóricas de la geofísica de exploración están relacionadas intrínsecamente con la propagación y reflexión del sonido en las diferentes capas de los medios geológicos.

Posteriormente se efectúa la lectura de los registros analógicos de campo que proporciona cada uno de los sistemas electrónicos, así como el proceso numérico de los datos digitales.

Los registros de la ecosonda proporcionan el nivel de transductor al fondo del mar, por lo que se tendrá que añadir la distancia que se tiene del mismo a la superficie del agua para conocer el tirante local. Estos registros se corrigen en forma automática en un micro procesador que configura la altimetría de la zona estudiada. Los registros del sonar lateral o monograma proporciona una fotografía del fondo del mar con base en reflejos laterales. Se sujetan a un proceso de interpretación y edición de los eventos mencionados a efecto de ubicarlos en la proyección octogonal del levantamiento. En los registros de los perfiladores se eligen los horizontes reflejados que han de ser reproducidos en planos y perfiles para después medir los tiempos de reflexión de los eventos geológicos. Los datos de sondeos geotécnicos es posible obtener el significado geológico de cada uno de los reflectores, así como sus características mecánicas.



Con los datos de la ecosonda debidamente corregidos, se forma el plano batimétrico, interpolando las profundidades para obtener la configuración del fondo del mar. Con los datos del perfilador somero se obtiene un plano batimétrico que representa los espesores de los sedimentos no consolidados que se encuentran entre el fondo del mar y la primera capa consolidada.



El método sísmico de refracción es otro método geofísico, que puede tener la modalidad de arreglo vertical.

Esta técnica consiste en poner un sistema de geófonos en posición vertical y generar energía, a diferentes distancias, logrando con esto penetrar en los materiales del fondo marino. Con ellos se obtienen las velocidades de propagación de las ondas en los bloques de roca y en las arenas, además de su espesor.

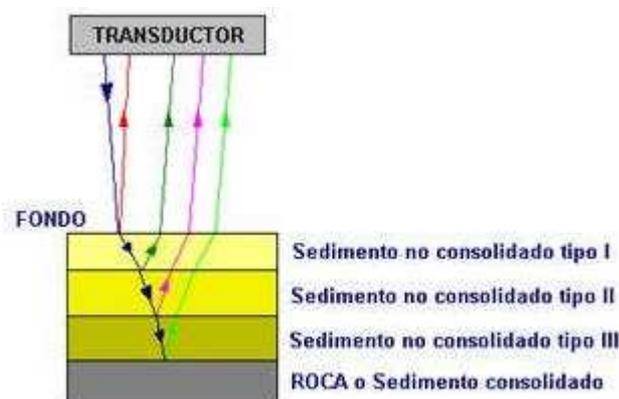
El sistema sísmico de alta resolución 3.5 kHz, principios básicos se ha utilizado un sistema sísmico de muy alta resolución, conocido como perfilador de fondos (sub-bottom profiler, SBP). Este sistema es a menudo denominado como sistema 3.5 kHz debido a la frecuencia que utiliza.

Los sistemas de 3,5 khz utilizan transductores para emitir y recibir la señal sísmica, permitiendo la emisión de un pulso acústico bien definido con una anchura de haz suficientemente estrecha para permitir una alta resolución.

Los transductores pueden ser ubicados en un sensor hidrodinámico que es remolcado desde el barco, o bien estar instalados en la barquilla de sondas, en la quilla del buque oceanográfico.

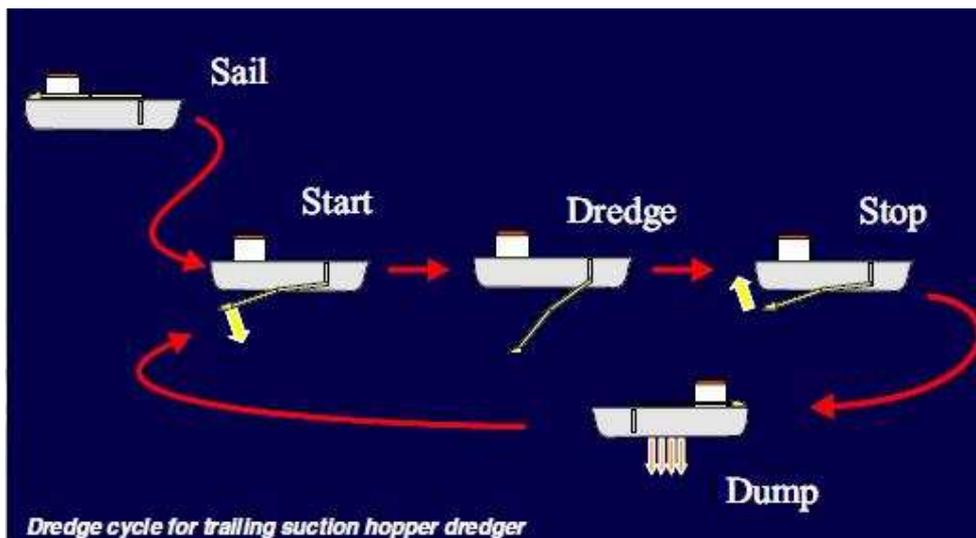
Por lo tanto, la ventaja de este sistema está en una buena resolución vertical (30-40cm.) y horizontal, aunque solo penetra en sedimentos no consolidados.

Es el sistema ideal para determinar la arquitectura sedimentaria y las fases sísmicas del registro sedimentario del pleistoceno terminal-holoceno, lo que permite estimar los procesos sedimentarios y tectónicos más recientes y por tanto un complemento magnífico de los sistemas sísmicos más profundos.



10.0 TECNICA Y CICLOS DE DRAGADO

La técnica de dragado en una draga de succión se puede resumir en extraer el material diluido por bombeo, con una concentración entre el 10 y el 20%. La bomba sumergible aspira el material a través del tubo de succión mientras el cabezal se desplaza por el lecho acompañando la navegación de la draga. En la draga, los sedimentos se depositan en la cántara o tolva.

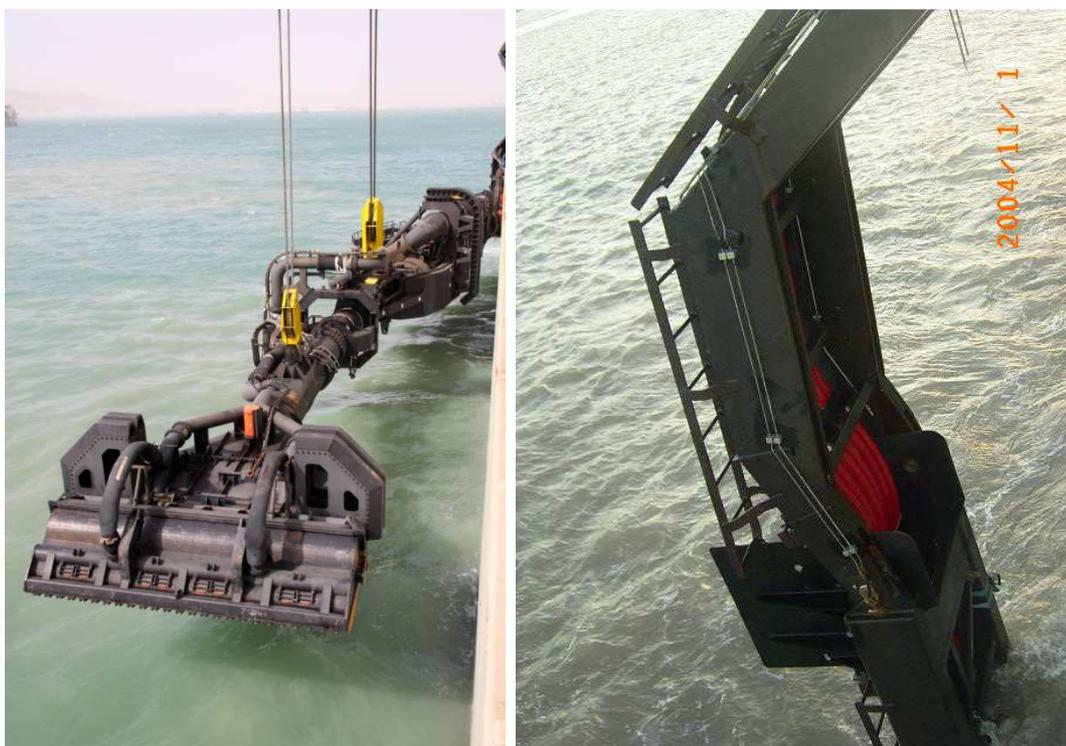


Una vez allí los sedimentos decantan hacia el fondo de la misma quedando agua sobrenadante por encima de ellos (en el caso de suelos finos la decantación de las partículas en la cántara puede ser muy lenta). Una vez que se llena la cántara, el líquido sobrenadante comienza a salir por los reboses. El dragado continúa hasta que la concentración de la mezcla succionada es del orden de la que rebalsa por la cántara. La duración de la operación de llenado de la cántara depende, en consecuencia, del tipo de suelo dragado, pudiendo ser óptimo no utilizar el rebalse en el caso de suelos muy finos o por el contrario, en caso de proyectos de reclamación, la duración del proceso de dragado se prolongará hasta una vez maximizada la producción a ser entregada.

10.1 CICLO DE TRABAJO

Al aproximarse a la zona de dragado la velocidad se va reduciendo a la vez que el operador de dragado aprovecha para poner en posición fuera borda el tubo de succión.

Una vez moderado a 5 nudos, y a una distancia de cuatro, cinco esloras de la zona de dragado, el tubo es arriado horizontalmente a la posición punto 0 hasta que el codo de succión se encuentre acoplado a la toma de succión del casco, momento en que el sistema IMC pondrá en funcionamiento un sello neumático entre ambas piezas para garantizar le estanqueidad.



Una vez en dicha posición el skipper seleccionará el modo de dragado en la consola del sistema DP, permitiendo distribuir la potencia de los generadores a las bombas de dragado mediante el convertidor de frecuencia en un ratio 70-30.



Una vez próximos a la zona de dragado, a una distancia aproximada de una eslora, se reduce la velocidad hasta 3 nudos (1,5 m / s), dependiendo de la dureza del material, el operador de dragado pone en marcha la bomba sumergible junto al sistema de chorro al mismo tiempo que se arrían los pescantes del cabezal e intermedio hasta una profundidad 4 ó 5 metros por encima de la cota de dragado.



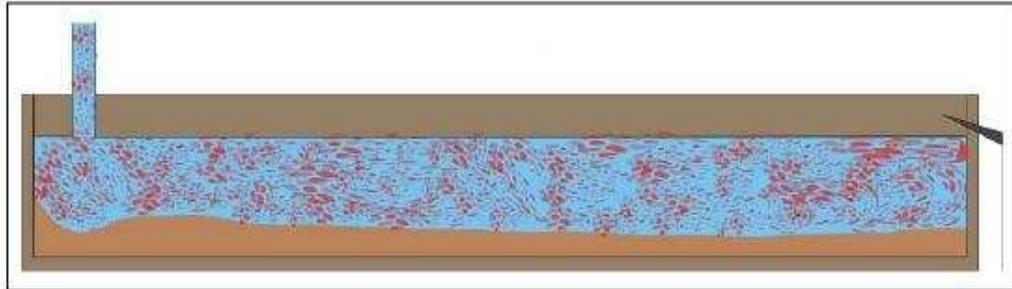
En este momento todo está preparado para iniciar la operativa de dragado, llegado el momento en el cual se entra en zona, se arria el pescante del cabezal hasta ver entrar en funcionamiento el compensador de oleaje indicativo de que el cabezal ha tocado fondo y se aumentan las rpm de la bomba por encima de 200rpm. en función del material a dragar.



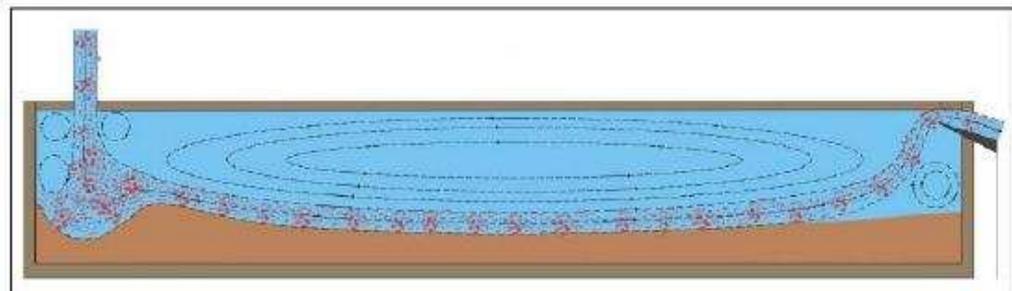
A partir de este momento, todo el proceso se monitorea desde el puente, tanto desde la consola de dragado como desde la consola de navegación teniendo el skiper como función principal la de mantener el buque a rumbo para que el cabezal se deslice con gran precisión sobre las tracas de dragado, mientras el operador de dragado se encargará de maximizar la producción.

10.1.1 CICLO DE CARGA

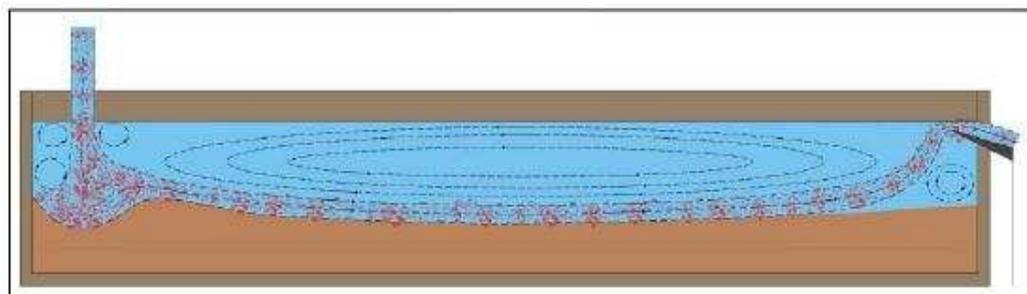
Comienza el dragado y la cántara se empieza a llenar con mezcla hasta el límite del rebose. Durante esta fase se asume que el 100% del material se deposita en la cántara.



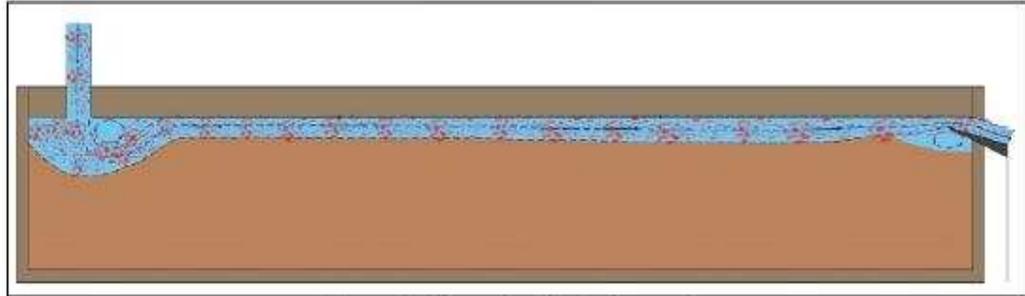
Se continua la carga con pérdidas mínimas por el rebose. Durante esta fase un porcentaje de los granos se asientan en la cántara. Este porcentaje depende de la distribución del tamaño de grano de la arena.



Se alcanza el máximo calado (sistema CTS – Tonelaje Constante). Desde este momento en adelante, se baja el rebose telescópico.



Los sedimentos de la cántara aumentan, se incrementa la velocidad de flujo sobre los sedimentos dando lugar a un proceso de socavación. Esta es la causa del rápido incremento de pérdidas por rebose.



El agua sobrante fluye por el rebose. El rebose se va bajando hasta alcanzar el nivel del material asentado de manera que el agua sobrante vaya descargándose.

Básicamente hay dos métodos principales de cargar la cántara. El “Sistema de Volumen Constante” (Constant Volume System – CVS) y el “Sistema de Tonelaje Constante” (Constant Tonnage System – CTS).

El “Sistema de Volumen Constante” tiene un nivel de rebose fijo de forma que el volumen efectivo de la cántara es constante. Estas dragas están diseñadas para cargar sedimentos con una densidad de 1,9-2,0 T/m³.

El “Sistema de Tonelaje Constante” tiene un nivel de rebose ajustable. La cántara está diseñada para materiales con densidades de 1,3-1,7 T/m³ en combinación con un tonelaje máximo. Cuando el contenido de la cántara alcanza su máximo tonelaje, el rebose telescópico se baja con el fin de mantener constante el tonelaje del contenido de la cántara. Este sistema presenta ciertas ventajas, como es la de alcanzar el máximo tonelaje antes que con el sistema CVS, lo que deja a la bomba en una posición más baja y por tanto con capacidad para dragar mayor densidad.

La sedimentación en la cántara ocurre durante las fases 1,2,3 y 4. Durante la fase 1 la cántara se llena con mezcla hasta alcanzar el nivel del rebose. Durante esta fase se asume que el 100% del material permanece en la cántara y asienta. Cuando se alcanza el nivel del rebose en la fase, dependiendo de la distribución del grano, un



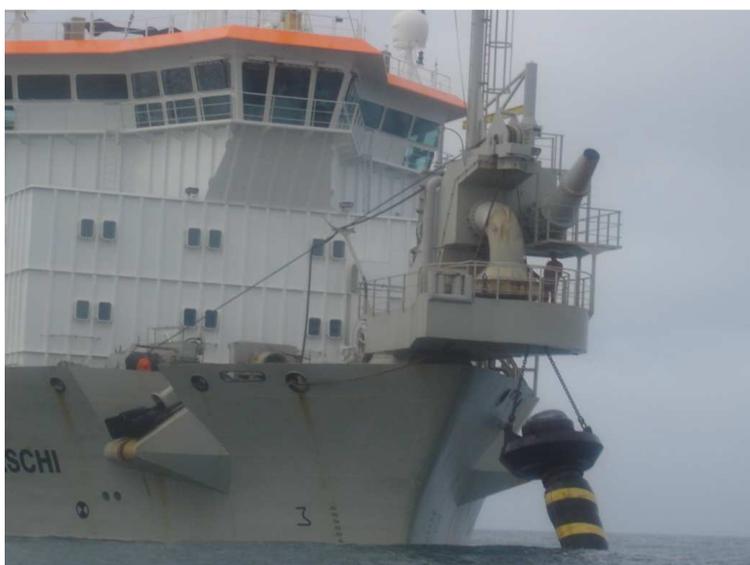
porcentaje especificado de material no se depositará y saldrá de la cántara a través del rebose. Durante estas fases el efecto de socavación no tiene mucho efecto en el proceso de sedimentación. Cuando se alcanza el peso máximo de los contenidos de la cántara, el rebose se mantendrá constantemente descendiendo con el fin de mantener el peso del contenido de la cántara constante en su máximo valor (solo para el sistema CTS). Cuando el nivel de sedimentos aumenta (fase 4), la velocidad del flujo por encima de los sedimentos se incrementa y el efecto de socavación que se produce pone a parte de las partículas depositadas en suspensión de nuevo, incrementándose las pérdidas por el rebose.

10.1.2 CICLO DE DESCARGA

Una vez finalizado el llenado, el material dragado es transportado en la draga hasta el sitio de vertido, donde se descarga el contenido de la cántara. Existen tres formas de descarga. La forma de descarga más habitual es mediante compuertas de fondo que pueden ser deslizables o de apertura hacia abajo.



Una segunda opción de descarga, es la de bombeo a distancia por conexión de proa (para lo cual se las conecta a una tubería de descarga mientras la draga permanece en DP y las bombas de la draga producen el vaciado de la cántara).



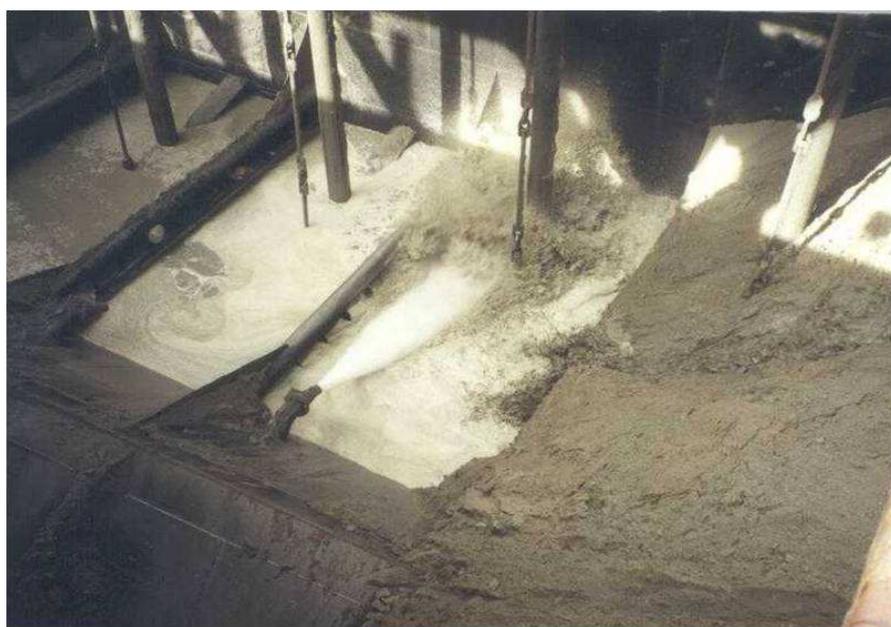
El acople a la línea flotante se denomina coupling. Una vez conectado el cable de la maquinilla se va virando hasta que la cabeza acople en la conexión, momento en el que se cierra hidráulicamente mediante un control remoto.



Una vez finalizado el acople y seleccionada la conexión de proa como punto pivote en el sistema DP, se selecciona el modo DP Auto para evitar tensiones que pudiesen partir la línea conectada a tierra durante la descarga

la descarga se realiza en uno, dos, o incluso tres fases, con lo que el primer paso es a menudo llamado "la descarga a granel", con la máxima densidad. En la fase siguiente conocida como "striping", se comienza a limpiar a la vez que se bombea material más diluidos, con una densidad mucho menor, por lo que la producción disminuye. En función de la producción de ciclo, los últimos pases se pueden omitir. Este proceso de mezcla se realiza por un sistema de jetpumps y jetnozzles.

El diseño de este sistema de limpieza a chorro y la posición de las boquillas en la tolva son de suma importancia para la eficiencia de la de descarga.



El sistema de limpieza a chorro ofrece capacidad de mezclar el material en el proceso de descarga. Si esta capacidad de mezcla es inadecuada, la producción de descarga será menos óptima. Un importante criterio de diseño debe ser que el jetwater-system debe ser capaz de mezclar suficiente arena y agua para conseguir que las bombas de descarga funcionen a su potencia máxima, por lo general durante la primera fase solamente.



La tercera opción es la conocida como “rainbowing”, en la cual el proceso es similar al descrito precedentemente pero el material se arroja libremente a través de una tubería en forma de cañón situada en la proa (este sistema es especialmente útil en los procesos de rellenos costeros, pero su alcance es muy limitado no superando una eslora).



Al igual que en el proceso anterior, se selecciona el modo DP Auto con el objetivo de mantener la posición de la proa y compensar la fuerza de retroceso ejercida por la descarga del material.

La eficiencia de estas dragas depende del tipo de material de fondo, de la potencia de las bombas, de las condiciones hidrometeorológicas, de la velocidad de operación, del diseño de los cabezales y de la distancia entre la zona de trabajo y la zona de vaciado. Actualmente existen variedades de cabezales que se adaptan a distintos tipos de fondo y exigencias ambientales. Para cada tipo de fondo se puede optar por un cabezal específico.

El dragado de suelos de arenas compactas y gruesas o gravas se puede efectuar mediante un cabezal denominado California. Este cabezal contiene una rejilla o reja que regula la entrada de objetos. De esta manera, se controla el ingreso de objetos de gran tamaño que pueden dañar la bomba de succión.

El dragado de arenas se puede efectuar mediante un cabezal denominado Venturi. Este diseño fue promovido alrededor de 1970, y está conformado por dos partes principales:

- En el eje central, una sección con capacidad de regular la apertura de la boca de succión
- Jets de agua de alta presión para remover las arenas de mayor densidad.



Si se quiere dragar arcillas medianas, firmes y compactas, es necesaria la utilización de un cabezal de tipo activo. Estos cabezales pueden estar integrados por una serie de cuchillos dispuestos en forma circular que rotan. Este sistema de rotación en una draga que se encuentra en movimiento mientras draga genera piezas pequeñas de material. Otro diseño de cabezal de tipo activo contiene una cuchilla dispuesta perpendicularmente al suelo. Este sistema corta el suelo a la profundidad de dragado que sea necesaria.

Para poder dragar suelos más duros, como arcillas consolidadas, se confeccionó un diseño de cabezal denominado DRACULA (Dredging and cutting using liquid action). Este sistema integra chorros de agua a presión en el cabezal. Como resultado se solucionan ciertos problemas como el apelotonamiento del material en el cabezal que dificulta la succión del mismo.

Para el dragado de suelos finos y compactos (arenas muy finas consolidadas) se construyó un cabezal denominado Wild Dragon. Para poder lograr un mayor



rendimiento, en los cabezales se instalan chorros de alta presión de agua en los dientes. Con estos sistemas se pueden extraer suelos de arenas finas consolidadas.

El aumento de la turbidez de las aguas es mayor en estos equipos que en las dragas mecánicas, pero se puede disminuir si la velocidad de dragado es menor. Por esta razón es recomendable que este tipo de draga se utilice con sedimentos no contaminados. De lo contrario deberían tomarse precauciones como, por ejemplo, no usar el sistema de rebalse, realizar el dragado a una mínima velocidad para evitar turbidez y posible contaminación de las aguas, utilizar medidas de contención de la dispersión (por ejemplo, barreras o cortinas) o utilizar cabezales especiales.

Las dragas de succión por arrastre operan habitualmente en el mantenimiento de los canales navegables, siendo las más usadas para efectuar dragados en aguas abiertas por su superior capacidad de maniobra en aguas agitadas. Estas dragas presentan ventajas en zonas de intenso tráfico marítimo por que depositan el material en la cántara y no necesitan de tubos de descarga que interfieran con la navegación. Adicionalmente, también presentan ventajas cuando los sitios de disposición se encuentran muy alejados haciendo económicamente impracticable el bombeo. Pueden operar en condiciones climáticas bastante adversas en comparación con otros tipos de draga, pero por ser equipos complejos, sus costos de inversión y operación son muy elevados.

11.0 CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE DRAGADO

Las operaciones de dragado deben cumplir con una doble función: Extraer el material y conducirlo hasta el lugar de descarga.

El llamado dragado de construcción se realiza cuando es necesario crear o aumentar profundidades, las dimensiones en planta, o ambos, donde es conveniente emplear el material extraído para relleno si este es apropiado para el fin, ya que es práctica usual y además económica, la combinación de éstas dos funciones; la excavación del material subacuático sirve para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de este material, descargándolo directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un área que se desee utilizar.

El llamado dragado de conservación, se efectúa con la finalidad de retirar los azolves que originan corrientes, marejadas, acarreo litorales, etc. Este puede ser periódico o permanente.

Debe efectuarse el dragado, para conservar las tres dimensiones (largo, ancho, profundidad) de proyecto, particularmente la profundidad.

Los dragados continuos se requieren principalmente en los canales de navegación, dársenas y barras de puertos fluviales, en los que frecuentemente los depósitos de sedimentos son permanentes y de mucha consideración.



El dragado de conservación puede ser de tipo periódico o discontinuo y de tipo continuo o permanente.

El primero se efectúa con cierta periodicidad o intervalo de acuerdo con la cantidad de material que se deposite en la zona. Los dragados discontinuos se llevan a cabo en



los puertos, canales, etc., en que los aportes de azolve son de poca importancia y se difunden en dársenas con reserva de profundidad. La observación periódica mediante sondeos, indicará el agotamiento de esa reserva y el tiempo en que debe disponerse el dragado para eliminar los depósitos.

Los dragados continuos se realizan esencialmente en los canales de navegación, barras de los ríos, puertos, etc., en que los arrastres de los sedimentos son de tal consideración que exigen que continuamente sean retirados con el fin de mantener permanentemente la máxima profundidad requerida por los buques que operan en los puertos.

Las obras de dragado están especialmente relacionadas con la construcción o mantenimiento portuarios y con la regeneración de playas, aunque sus aplicaciones son mucho más diversas. De esta manera, se pueden clasificar las obras de dragado en función de su objetivo o destino.

Por otro lado, las condiciones en que se desarrolla el dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra y de las características del terreno a dragar.

Los dragados tienen gran importancia en las obras portuarias, tanto en el mantenimiento y mejora de sus calados, como en el desarrollo de nuevas instalaciones o en la creación de nuevos puertos. La mayoría de puertos necesitan en algún momento trabajos de dragado para mejorar las condiciones de navegación en su interior.

11.1 Según el objetivo o destino del dragado:

Dragado de mantenimiento.

Consiste en remover el sedimento necesario para garantizar una profundidad en canales de acceso, ríos puertos y esclusas mejorando su capacidad de desagüe. Constituyen un 60% de las actividades de dragado a nivel mundial. Las redes de drenaje naturales, o sea, ríos y arroyos necesitan un mantenimiento en forma periódica. Por lo tanto para mejorar el escurrimiento se dragan los ríos, aumentando la sección transversal, efectuando correcciones de márgenes o construcción de obras de márgenes.



Infraestructuras portuarias

Los dragados tienen gran importancia en las obras portuarias, tanto en el mantenimiento y mejora de sus calados, como en el desarrollo de nuevas instalaciones o en la creación de nuevos puertos. La mayoría de puertos necesitan en algún momento trabajos de dragado para mejorar las condiciones de navegación en su interior.



La realización de obras portuarias exige la excavación de las dársenas y zonas de giro y el relleno de las zonas de muelles. Cuando el material es apto se trata de compensar volúmenes de excavación y relleno. Esta excavación es más eficiente y económica realizarla mediante dragas avanzando y abriendo camino desde el agua



Reclamación de tierra

Otro destino cada vez más común del material dragado es su uso como material de relleno o de sustitución. En diversos tipos de obra se requieren rellenos con tierra, como puede ser el trasdosado de muelles, en bases de carreteras, en aeropuertos, o bien en la sustitución de terrenos de mala calidad, para mejorar las condiciones geotécnicas en cimentaciones de muelles o de cualquier otro tipo de estructura.



En otros casos, el dragado forma parte de actuaciones de corrección ambiental, como limpieza de fondos contaminados o el drenaje de zonas pantanosas. La obtención de arenas y gravas como materiales de construcción es una de las aplicaciones más habituales de las técnicas de dragado. Inglaterra tiene una flota importante dedicada a este efecto. Las dragas son de succión por arrastre, de pequeñas dimensiones y con la cántara diseñada especialmente para este fin.



Relleno de playas

Las actividades recreativas en la zona costera son muy populares en todo el mundo. Por razones naturales o por influencia antrópica las playas tienden en muchos casos a perder material disminuyendo su valor turístico. Es habitual que frente a problemas de erosión se recurra a tareas de relleno o restauración de playas con material aportado mediante dragas. En algunos casos el material de aporte puede ser utilizado para el recrecimiento de dunas que son la protección natural del sistema costero.



Protección contra inundaciones

El tema de los CEDA Dredging Days 2008 realizados en Amberes, Bélgica incluyen dentro de uno de los tópicos a tratar el tema obras a realizar mediante movimiento de materiales a través del dragado para la protección de áreas costeras (building coastal defences, dredging for coastal flood protection) Este tema está relacionado con el aumento del nivel del mar en las próximas décadas y la preocupación de países como Bélgica y Holanda (los Países Bajos) por los efectos que ello puede tener sobre sus territorios.



Construcción de islas artificiales

Se han construido islas artificiales con diferentes objetivos entre los que se pueden mencionar:

- para explotación de petróleo en el ártico (Canadá)
- aeropuertos: como el aeropuerto de Hong Kong, Check Lap Kok Island
- Aeropuerto Kansai – Japón

Servicios Off-Shore

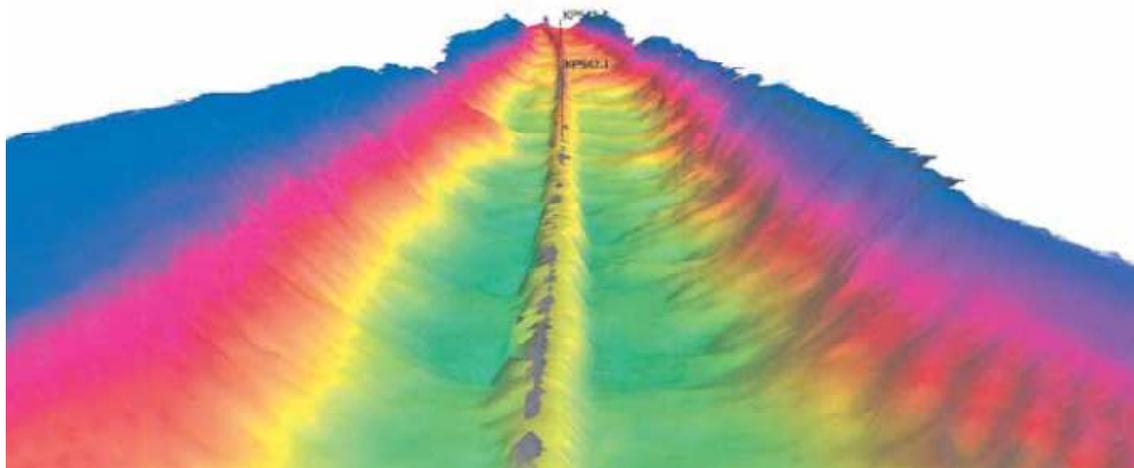
El dragado de succión también permite realizar proyectos Off-Shore excavando zanjas para tuberías o cables.

Hay cada vez mas tendidos de cables y ductos para transporte de gas o petróleo en las zonas marítimas. Habitualmente es necesario realizar una operación de nivelado del fondo para el tendido de las tuberías o de dragado de una trinchera donde se instala la tubería y posteriormente se cubre con material adecuado. En el Mar del Norte se han realizado muchas obras de esta naturaleza.

El tramo donde la tubería llega a la costa es de particular importancia. Por un lado se produce la disminución de profundidades a medida que se aproxima a la costa hasta llegar a cero. En muchos casos esa disminución de profundidades es determinante en el momento de la selección de equipos para realizar el dragado. Un ejemplo interesante, ver Malherbe, B (2008) es el caso de Port Sudan donde se realizó la trinchera para el tendido de dos tuberías para exportación de petróleo de 36" con una longitud de 2,850m.



Dado la dureza del material a dragar (Hard coral rock) se utilizó una draga de succión por arrastre con un cabezal especial para roca en la zona de mayores profundidades y una draga tipo retroexcavadora en la zona de menores profundidades.



11.2 Según el emplazamiento:

Las condiciones en que se desarrollan las obras de dragado son también muy distintas en función del emplazamiento de la obra respecto a la línea de costa, pudiendo realizarse en mar abierto, en la zona costera, o en aguas abrigadas, ya sea en el interior de un puerto, un río o lago.





11.3 Según las características del terreno:

Los terrenos a dragar pueden ser de naturaleza muy diversa, desde rocas duras hasta fangos por lo que el comportamiento frente a la excavación, al transporte y al vertido es diferente en cada caso. La naturaleza del material a dragar condiciona pues en gran medida la draga y la técnica de dragado utilizada.

Antes de proyectar cualquier obra de dragado es necesario disponer de información geotécnica y geológica sobre el material a dragar.

Esta información permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado, estimando los rendimientos del mismo y las posibles sobrexexcavaciones. En España se adoptan las recomendaciones geotécnicas en el diseño de obras marítimas y portuarias recogidas en la R.O.M. 05.94, y más concretamente en el apartado 2 de caracterización geotécnica de los materiales y en el apartado 4 de dragados y rellenos.

Según esta ROM, para describir con precisión los suelos, se recomienda utilizar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, donde se distinguen los materiales en no cohesivos (o granulares), cohesivos y rocas. En general, de los suelos deberemos analizar su granulometría, límites de Atterberg, densidad, humedad y resistencia.

Cuando el material a dragar sean rocas nos interesará conocer su naturaleza, resistencia, estratificación, grado de alteración y diáclasis.

Las propiedades del suelo tienen una gran influencia en las diferentes etapas del proceso de dragado que son:

- Excavación: comprende la disgregación, fragmentación o corte del suelo o roca.
- Elevación: desde el fondo hasta la superficie mediante medios mecánicos o hidráulicos.
- Transporte: del material excavado a un sitio de disposición o relleno en las cantaros de los buques, en barcazas o mediante tuberías como mezcla de agua y sedimentos.
- Disposición o uso del material dragado.

Suelos no cohesivos

La granulometría es la propiedad más característica de los suelos, puesto que determina aspectos tan dispares como el grado de abrasión sobre las tuberías, la

eficiencia del dragado (por pérdida de finos) y la potencia de las bombas de succión (en caso de utilizar dragas hidráulicas).

Los ensayos más frecuentes para caracterizar este tipo de suelos son los análisis granulométricos y los ensayos de penetración estándar (SPT).



El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que forman el material. En suelos gruesos suele realizarse mediante tamizado, que consiste en hacer pasar el suelo por una serie de tamices de aberturas conocidas y se registra el % de partículas retenidas en cada tamiz. Para analizar la porción fina del suelo se utiliza una columna de sedimentación, donde la distribución granulométrica se determina a partir de la velocidad de caída de las partículas, que es función de su tamaño. Este ensayo está basado en la ley de Stockes, que rige la caída libre de una esfera en un líquido.

El Test de Penetración Estándar, o SPT, es el más común de los ensayos “in situ”. Es un ensayo recomendado para obtener la compacidad de las arenas en profundidad. El SPT consiste en hincar un toma muestras en el terreno a analizar con una maza de 63,5 Kg que se deja caer libremente desde una altura de 76,2 cm. Se hinca el toma muestras un total de 60 cm. El índice N del SPT se define como el número de golpes necesario para avanzar los 30 cm centrales de terreno. Una vez realizado el ensayo se puede obtener una muestra de material atravesado.

Con estos materiales (arenas, gravas, etc.) el proceso de excavación dentro del cabezal de dragado es físicamente complicado. Si no hay chorros de agua para excavar el terreno, el trabajo del cabezal estará basado únicamente en la erosión del



flujo generado por la succión de la bomba de dragado bajo los límites del cabezal. La diferencia de presión sobre el cabezal generada por este flujo provoca otro flujo de agua bajo el terreno que está inmediatamente por debajo del cabezal

No obstante, por efecto de la acción erosiva del agua entrando en el cabezal, los granos tienden a separarse unos de otros con una caída de presión en los poros que incrementa el esfuerzo de los granos. El proceso dominante dependerá de un número de factores. La cuestión es si el flujo del agua bajo el terreno es capaz de mantenerse con el incremento del volumen de los poros de la arena. Si este no fuera el caso entonces una caída adicional de la presión del agua tendría lugar, con una reducción del proceso de erosión como resultado.

Suelos cohesivos

Los parámetros utilizados para caracterizar los materiales cohesivos son la compresibilidad, la cohesión interna y el grado de adhesión a otros materiales o superficies. A veces, este tipo de suelos sólo se puede dragar por medios mecánicos, aunque en caso de que puedan ser fluidificados puede resultar útil el uso de métodos hidráulicos.

Así, una de las variables características que define este tipo de materiales es la resistencia al corte sin drenaje. Uno de los test más utilizados para obtener este parámetro es el Test de Penetración con Cono o CPT. Este ensayo consiste en introducir en el terreno una serie de varillas cilíndricas con un cono en la base a una velocidad constante. Se realizan mediciones, de manera continua o a intervalos de profundidad determinados, de la resistencia a la penetración del cono (q_c). A partir de estos resultados se pueden definir parámetros tales como el grado de consistencia de los suelos.

En la excavación en estos terrenos, por ejemplo con arcillas y rocas suaves, el corte es lo que domina el proceso de excavación. Se han de montar cuchillas o dientes en los cabezales de dragado.

Las teorías de corte lineal para roca y arcilla compacta aplican en este caso. Las fuerzas de corte para la velocidad de arrastre son solo ligeramente dependientes de dicha velocidad. Además, las fuerzas de corte se incrementan linealmente con la profundidad. La diferencia de presión sobre el cabezal apenas juega un papel en la



fuerza de corte. Todo ello significa que la energía específica es casi constante para este proceso de corte.

Para mantener las cuchillas rasgando el terreno, la diferencia de presión sobre el cabezal es normalmente insuficiente y por ello el visor ha de estar fijo al yelmo del cabezal. La profundidad del corte se ajusta bien colocando un tope en el yelmo para cada profundidad de corte deseada, o mediante cilindros hidráulicos. La fuerza de corte la ha de dar la propulsión.

Materiales licuados

Cuando se dragan limos o arcillas suaves los índices de plasticidad y el índice líquido (Límite de Attenberg) son importantes. El primer índice determina si el tipo de terreno se comporta de forma arcillosa o arenosa.

Para un índice de plasticidad menor que 7, el material se comporta de forma arenosa. El segundo índice determina si el material se comporta como un fluido y de esa manera es fácil de dragar, o firme y tiene que ser cortado. Un terreno se comporta como un fluido cuando el contenido de agua está cerca al límite líquido. Para un comportamiento fluido, el índice líquido de ser superior a 0,9.

Cuando se draga un material con comportamiento líquido, la concentración Volumétrica es casi independiente de la densidad in situ. Tampoco las dimensiones y el tipo de cabezal de dragado tienen mucha influencia. Esto significa que la tasa de llenado es también casi constante. Para limos virginales fluidos estaríamos hablando de un 70 o 75%. En estos casos, el buque se llena hasta que rebose. El tiempo neto de succión queda totalmente determinado por el comportamiento geológico del limo.

Si el terreno está contaminado con escombros, como piedras, cables o basuras (bicicletas, por ejemplo), o si la longitud a dragar es muy corta haciendo necesarios continuos virajes, la tasa de llenado decrece. Cuando estos escombros taponan el cabezal, el operador de dragado tendrá que diluir la mezcla, además de las paradas regulares para destaponar el cabezal. En estas circunstancias las tasas de llenado suelen de ser del 40% o inferiores. Cuando el limo alcanza un comportamiento más consistente, y por lo tanto un índice líquido más bajo, la tasa de llenado decrece. Y como el lodo en estas ocasiones es más consistente se comportará menos como un fluido homogéneo y más como una mezcla de limo y arcilla en un transporte de



fluido pesado. La carga después de que se haya alcanzado el rebose, con un alto nivel de pérdidas por dicho rebose, vuelve a hacerse interesante ya que la tasa de llenado vuelve a estabilizarse aunque el tiempo de succión se incrementará también.

Cuando se draga limo, como resultado del proceso de descomposición de los materiales orgánicos, puede producirse gas en forma de burbujas. Además, es también posible que este gas esté disuelto en los poros de los gránulos de este material. Durante el dragado, estas burbujas de gas crecen cuando van ascendiendo por el tubo debido a la caída de presión a la que se ven sometidas. Ello equivale casi a la formación de burbujas de vapor en el agua cuando hay una caída de presión, que da lugar a los fenómenos de cavitación. Al igual que la cavitación hace disminuir la eficiencia de la bomba, lo mismo ocurre con las burbujas de gas. La ventaja en el caso de las burbujas de gas es que estas se forman en la tubería de succión antes de su entrada en la bomba, lo que permite instalar unos sistemas de desgasificación que ya se explicaron al final del punto 1.4.3. de este estudio.

Suelos coherentes.

Fangos o silts.

Sedimentos finos con una estructura de granos entre 80 y 2 mm de arcillas y agua en cantidad variable.

Los fangos.

Sedimentos muy finos < 2 mm formados por minerales arcillosos en proporciones variables, un poco de cuarzo y a veces, granos de mica muy finos. Esta estructura mineral, muy floja o alveolar detiene una cantidad de agua muy importante.

Origen: formación reciente en medio acuoso fluvial, lacustre, marino o lagunar.

Silts.

Compuestas en mayor parte por minerales arcillosos, tienen una estructura mucho más compacta que los fangos con una fuerte disminución del contenido de agua y mejora sensible de las características mecánicas.

Origen: arcillas lacustres, glaciales, de pantanos, marinas, series geológicas arcillosas, arcillas continentales de alteración.

Margas.

Se diferencian de las arcillas por la abundancia de carbonato de calcio (caliza) que provoca a menudo una induración más ó menos importante. Pueden entonces clasificarse entre las rocas.

Rocas

Las rocas, independientemente de su origen, no son materiales que se puedan dragar fácilmente. Las propiedades básicas para caracterizar su dragabilidad son la resistencia a compresión simple, la fracturación, el grado de meteorización y la abrasividad.

El ensayo de compresión simple tiene por finalidad medir la resistencia de la roca a la compresión uniaxial, es decir, sin confinamiento; utilizando para ello testigos de una relación longitud/diámetro de 2:1.



Hay que tener en cuenta que parámetros tales como el grado de fisuración o el tipo y número de diáclasis, resultarán fundamentales para definir la dragabilidad del material, ya que harán disminuir considerablemente su resistencia.

Son materiales duros que normalmente no dependen de las técnicas de dragado sino de la excavación en rocas. Se clasifican según su origen (sedimentario, cristalino, metamórfico), su composición y su estructura. Este conjunto de parámetros así como la historia de la roca condicionan el estado en el cual se encontrará la roca (estratos,



fisuración, esquistosidad, inclinación). Este estado determinará el grado de dragabilidad de la roca.

El tamaño de los granos es importante para determinar la velocidad crítica óptima, de tal forma que éstas permanezcan en suspensión. En un relleno es determinante conocer para el material que se deposita, que talud formará, así como las características físicas de sus componentes y la calidad del mismo relleno.

En el caso del transporte en la tolva de una draga autopropulsada, el tamaño del grano será decisivo para el tiempo de decantación y por lo tanto del ciclo de dragado. Cuando los granos de dragado son mayores de 0.3 mm causarán mayor desgaste en la parte inferior de la tubería de descarga de una draga.

La mayor o menor compactación de arena, grava y algunas arcillas, será determinante en la fuerza que debe ejercer el cortador, así como el consumo de energía del mismo.

El desgaste en la tubería y bomba dragadora, dependerá también de la forma redondeada y angular de los granos de arena, siendo mayor con éstos últimos.

La permeabilidad es una propiedad determinante ya que durante el proceso de corte, el volumen del suelo se incrementa debido a que cambia la densidad al pasar de un material con menor porcentaje de vacíos, a uno con mayor porcentaje.

Se crea un vacío entre los poros del material y el agua, debiendo los mismos poros nivelar ésta diferencia de presión, lo que ocasiona que la fuerza en el cortador se incremente considerablemente.

Un suelo cementado debe clasificarse dentro de los materiales cohesivos ya que dentro del proceso de corte, las fuerzas que se originan son mayores a las que se tendrían en una arena normal.

Una pequeña proporción de arcilla en la arena, origina que el material sea menos permeable y adopte un talud más pronunciado, además tendrá una influencia positiva en la tubería por un menor desgaste.

El peso específico de los componentes del suelo influye determinantemente en la resistencia al corte y en el cambio de la velocidad crítica en la tubería.

La densidad de sólidos es la relación entre el peso de un material y del agua, por lo tanto carece de unidades.



El peso volumétrico depende del peso específico de los componentes. Puede ser medido en diferentes estados dentro del proceso de dragado.

La densidad en sitio se obtiene midiendo el peso volumétrico en el terreno, antes de dragar. En la tolva la densidad se obtiene midiendo el peso volumétrico a bordo del equipo utilizado para ir a tirarlo.

La densidad en el sitio de depósito, se obtiene midiendo el peso volumétrico al final del sitio de dragado, una vez depositado el material o algún tiempo después en que se ha consolidado el mismo.



12.0 EL DRAGADO Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE.

En los inicios de la Ingeniería Marítima los trabajos de dragado han tenido gran importancia, ya que han servido para rellenar tierras inundables, permitir el tráfico de embarcaciones, construir canales y dársenas portuarias, regularizar causes de ríos, proteger costas, crear playas artificiales, mejorar suelos, explotar bancos de materiales, etc.

Todas estas actividades están ligadas al desarrollo de las poblaciones, sus habitantes y sus medios de vida. Nuestro país tiene una de las legislaciones más avanzadas en esta materia como es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus reglamentos correspondientes, que hacen obligatorio que para todo trabajo de este tipo, se presente una manifestación de Impacto Ambiental a fin de obtener la autorización para su realización.

Trabajos de dragado

Múltiples son los objetivos que se pueden obtener con los trabajos de dragado según sea su finalidad, tipo de material por dragar, el equipo a utilizar y la forma en que se dispondrá el material producto del dragado.

Dependiendo del tipo de material, será como se impactará el medio ambiente desde el momento de su extracción hasta su depósito. Será necesario tener plenamente definido el trabajo de dragado a realizar y las características del medio que se va a modificar, así como los beneficios que se van a obtener a fin de que puedan evaluarse adecuadamente los diferentes factores y del balance de los mismos, se determine la conveniencia de su realización, las medidas de mitigación de efectos en su caso y las formas de control que se establezcan a fin de verificar su realización.

Una manifestación de impacto ambiental deberá cubrir los siguientes aspectos:

- 1) Datos generales. Información de tipo general sobre la empresa o institución que realizará el trabajo de dragado y la empresa responsable de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.
- 2) Objetivos del trabajo. Justificación, beneficios esperados, descripción del trabajo de dragado, descripción de los sitios de dragado, tipo de material por dragar, equipos a utilizar, cantidades por dragar, tiempo, periodicidad, zona de tiro y costo de los trabajos.



3) Situación actual de la zona de proyecto. Clima, fisiografía, hidrología, oceanografía, suelo, flora, fauna, aspectos económicos, sociales y culturales de la región incluyendo actitud de la población ante el proyecto del dragado.

4) Establecimiento de normas y regularizaciones existentes en la zona. Se establecerán los planes generales de desarrollo existentes para la zona, incluyendo programas ecológicos y áreas protegidas en su caso.

5) Identificación de impactos ambientales. Se identificarán los impactos que se produzcan desde la preparación del equipo de dragado, del sitio en que se realizarán los trabajos, durante el dragado mismo y la zona seleccionada para el depósito del material producto del dragado, para lo cual se deberá tener la información básica para definir el comportamiento de la zona durante la realización de los trabajos y la finalización de los mismos.

De una manera especial se deberá definir el efecto en el sitio de depósito del material, así como los cambios que se darán desde el punto de vista hidrológico, oceanográfico, de la flora, fauna y el futuro de desarrollo urbano.

Los principales impactos positivos tienen que ver con el mejoramiento de las condiciones de navegación, del régimen hidrológico, de la formación de rellenos, del abastecimiento de los materiales de construcción, del desarrollo económico de la región, de la creación de playas, la recuperación de minerales, del reciclaje de elementos nutritivos a la flora y fauna acuática de los sedimentos del fondo.

Se pueden considerar efectos negativos, el ruido ocasionado por el equipo de dragado, la turbulencia causada durante la realización de los trabajos, el obstáculo a la navegación, la modificación al medio en el sitio de depósito, la contaminación de las aguas por efecto del material de dragado, dilución de los sedimentos depositados en el fondo, perturbaciones en el medio de las condiciones de la flora y fauna existentes.

6) Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados. Establecidos los impactos negativos, se definirán acciones que los minimicen, definiendo con precisión el área afectada, la duración de los impactos, la intensidad de los mismos, así como el efecto acumulativo que pueden generar, para lo cual se propondrán campañas sistemáticas de control, que permitan verificar el comportamiento de la zona ante el efecto de los trabajos realizados.

7) Conclusiones. Se hará un balance general de los beneficios que se obtendrán por los trabajos a realizar por una parte y por la otra se evaluarán los efectos negativos, a



fin de establecer la conveniencia final de su realización, su justificación económica y social, indicando el programa de control requerido para minimizar los efectos negativos.

Necesidad de las obras de dragado.

Mediante los dragados se mantienen y mejoran los calados de las vías navegables, dársenas y canales de acceso a los puertos, permitiendo con ello el transporte marítimo. Los puertos representan importantes fuentes de beneficio y de generación directa e indirecta de numerosos puestos de trabajo, lo que les da un valor considerable. Prohibir las operaciones de dragado podría conducir al encallamiento de buques en los puertos y vías de navegación, lo que supondría cambios drásticos en las rutas de transporte con fatales consecuencias sobre el empleo y el comercio.

Los materiales dragados contaminados.

La mayoría de los efectos ambientales negativos producidos por los dragados tienen carácter transitorio al estar relacionados con la propia ejecución de las obras y, por ello, suelen considerarse como un costo ambiental admisible a condición de que se utilicen técnicas apropiadas para aminorarlos.

Los efectos ambientales negativos permanentes o de larga duración son mucho más preocupantes y suelen estar asociados a las sustancias tóxicas persistentes que a veces se encuentran presentes en los sedimentos.

El vertido al mar o a los ríos ha sido siempre uno de los métodos más usados en todo el mundo para deshacerse de todo tipo de residuos, aunque tradicionalmente se ha considerado que las industrias asentadas en la zona portuaria son las responsables de la contaminación de sus aguas hoy se sabe que existen otras muchas fuentes de contaminación cuya importancia relativa varía de unos puertos a otros: los vertidos de aguas residuales urbanas o de los propios servicios del puerto, la escorrentía en la zona portuaria (que arrastra los restos de las mercancías transportadas, principalmente gránulos sólidos y líquidos) o de sus alrededores (fertilizantes o pesticidas).

Como consecuencia de todo ello, la capa superficial de los sedimentos portuarios suele estar contaminada con sustancias tóxicas o perjudiciales aportadas por los vertidos.



Aunque las operaciones de dragado en si mismas (extracción, transporte y vertido de los sedimentos) no añaden contaminantes al sistema, modifican el estado de los materiales tanto en la zona de dragado como en la de vertido, lo que puede provocar un agravamiento de los efectos perjudiciales de los contaminantes ya presentes en el sistema y en todo caso, un traslado a la zona de vertido de lo que ya constituía un problema ambiental en la zona dragada. Debe tomarse en cuenta, no obstante, que un 90 a 95% del volumen total dragado en todo el mundo es sedimento natural no contaminado, por lo que las prevenciones anteriores sólo son aplicables del 5% al 10% restante.

Es evidente que la solución a largo plazo para este porcentaje consiste en la eliminación radical de los contaminantes en sus fuentes de producción, a corto y medio plazo hay que aplicar los procedimientos de gestión ambiental que se han legislado para este pequeño porcentaje de material contaminado.

Muchos países han ido desarrollando normativas más específicas sobre el control ambiental de las obras de dragado.

Las sustancias contaminantes.

Los principales grupos de contaminantes.

Las sustancias contaminantes que suelen encontrarse en los sedimentos pueden clasificarse en 6 grupos principales tal como se indica a continuación:

- 1) Metales: Mercurio, Cadmio, Plomo, Arsénico, Cromo, Cobre, Zinc, Níquel, etc.
- 2) Micro contaminantes orgánicos:
 - Bifenilos polidorados o polidorobifenilos (PCB).
 - Pesticidas o biocida (insecticidas, herbicidas, fungicidas):
 - Organoclorados: aldrin, DDT, etc.
 - Órgano fosforados: Malathion, Parathion, etc.;
 - Compuestos nitrogenados: Carba matos, Triacinas, etc.
 - Tributilestaño (TBT)
 - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).
- 3) Petróleos.
- 4) Nutrientes compuestos de fósforo y nitrógeno.
- 5) Microorganismos patógenos: bacterias, virus, hongos.
- 6) Sustancias radioactivas.



Los PCB y los pesticidas organoclorados se agrupan a veces con el nombre de hidrocarburos dorados. Las características que determinan el daño perjudicial potencial de una sustancia pueden reducirse a: toxicidad, persistencia y bioacumulación.

Toxicidad.

Se engloban en este concepto un conjunto de características relacionadas con las alteraciones de la salud que producen en el ser humano (toxicidad propiamente dicha) o en los seres vivos del medio marino (eco toxicidad), bien sea a corto plazo (toxicidad aguda), a medio y largo plazo (toxicidad crónica, muta génesis, carcinogénesis) o a su descendencia (teratogénesis).

Persistencia.

Este concepto está estrechamente relacionado con la degradabilidad de la sustancia en cuestión, si un contaminante es muy estable frente a los ataques químicos y biológicos propios del medio marino, sus efectos perjudiciales persistirán durante largo tiempo. Si este contaminante pasa a la fase acuosa, al dispersarse terminará afectando a grandes masas de agua, contribuyendo a aumentar la concentración de fondo.

Bioacumulación.

Se incluyen en estos términos dos conceptos diferentes aunque estrechamente relacionados: la bioconcentración y la biomagnificación.

La concentración de ciertos contaminantes encontrada en los tejidos de los seres vivos que se desarrollan en un medio determinado es en muchos casos muy superior a la que existe en el propio medio.



Potenciales impactos ambientales generados por el dragado y la descarga del material dragado.

Los procesos de dragado y de descarga del material dragado tienen el potencial para generar impactos negativos en las características físicas, químicas y biológicas del ambiente. Los potenciales impactos negativos generados son: impactos sobre la calidad del agua, suspensión y distribución de sedimentos contaminados, impactos sobre peces, flora y otros organismos y cambios físicos del fondo acuático.

Impactos sobre la calidad del agua

Las operaciones de dragado y descarga del material dragado tienen el potencial para provocar importantes cambios físicos y químicos sobre la calidad del agua.

Cambios físicos sobre la calidad del agua: durante y después del dragado y la descarga del material dragado, los sedimentos del fondo son mecánicamente removidos y suspendidos en la columna de agua. Los sedimentos más pesados como gravas y arenas rápidamente se sedimentan pero los sedimentos finos como arcillas y limos permanecen en suspensión.

Esos sedimentos finos son transportados por las corrientes y el oleaje cubriendo grandes áreas, algunos estudios han reportado hasta 5 kilómetros cuadrados de la nube de sedimentos (Morton, 1977), generando turbidez y por ende reducción de la penetración de la luz necesaria para los procesos de fotosíntesis y cambios en el calor de radiación. La turbidez es el cambio físico más importante generado sobre la calidad del agua (Goodwin y Micaelis, 1984).

Para estimar los impactos generados por la turbidez sobre la calidad del agua y sobre algunas especies del ambiente es necesario medir los cambios de densidades en la columna de agua, el pH y la temperatura del agua y a través de un estudio visual de imágenes de satélite, estimar el diámetro de la nube de sedimentos finos suspendidos que permanecen flotando en la superficie del agua (Fuhrer y Evans, 1990). La importancia de esos cambios en un determinado estuario es una función de la relación área dragada, el área total y los volúmenes de agua.



Cambios químicos sobre la calidad del agua.

Los cambios de las características químicas del agua generados por el dragado y la descarga del material son difíciles de estimar, monitorear y controlar debido a la naturaleza de los procesos y parámetros involucrados. Algunos de los parámetros que reflejan los cambios químicos sobre la calidad del agua, producto del dragado y la descarga son: la demanda de oxígeno, el aumento de nutrientes, presencia de trazas de metales pesados y pesticidas en la columna de agua y la modificación de los niveles de salinidad.

Para predecir los cambios químicos de la calidad de agua generados al descargar, directamente en agua, el material dragado con dragas de tolvas, se recomienda realizar el ensayo de Eluato estandarizado (Elutriate test).

Este ensayo consiste en la mezcla de una parte de sedimentos con cuatro partes de agua, ambas muestras tomadas del área a dragar, permitiéndose por espacio de una hora su sedimentación para luego filtrar y analizar la composición química del material, (Fuhrer y Evans, 1990).

Suspensión y distribución de sedimentos contaminados.

El agua es el mayor vehículo de transporte de contaminantes y el medio en el cual esos contaminantes pueden desarrollar reacciones químicas y físicas.

Usualmente, los sedimentos localizados en puertos y canales de navegación ubicados en las cercanías de grandes ciudades con complejos industriales o petroleros, altos volúmenes de tráfico comercial y descarga directa de aguas servidas presentan altos niveles de contaminación.

Una de las causas de esta situación es la presencia de partículas de arcillas y limos con cargas negativas, las cuales tienden a absorber los contaminantes.

En consecuencia, los procesos de dragado y descarga no incorporan nuevos contaminantes al medio acuático simplemente tienen el potencial para poner en suspensión y distribuir los sedimentos contaminados por las fuentes de polución antes citadas.

Durante y después del dragado y descarga de suelos con contenido de arcillas y limos, tiende a producirse pérdida incontrolada de dichos sedimentos los cuales de contener contaminantes provocarán la polución de las áreas donde se depositen.

La extensión del área afectada es función del contenido y clase de los contaminantes, la velocidad de caída de las partículas, los mecanismos de transporte de sedimentos



(corriente, oleajes y mareas) presentes en la zona, y de la salinidad, la temperatura y el ph del agua.

Para evitar la contaminación de nuevas áreas con sedimentos contaminados dragados se recomienda descargar el material en tierra, en zonas confinadas. Cuando el material a dragar presenta alto nivel de contaminación se recomienda confinar la zona a dragar y utilizar un proceso de dragado que minimice la suspensión y distribución de las partículas finas contaminadas.

Para estimar el potencial de contaminación de los sedimentos a dragar no basta con conocer la concentración total de los contaminantes presentes, por lo que se recomienda combinar éste con los resultados de varios ensayos.

Para el dragado y manejo de materiales contaminados los países industrializados poseen fuertes regulaciones ambientales y han desarrollado tecnologías que permiten minimizar los impactos provocados. Esta situación produce incrementos de costos de las operaciones de dragado y descarga, puesto que los contaminantes presentes requieren diferentes tratamientos.

Por ejemplo, para dragar sedimentos con alto contenido de metales pesados y otros contaminantes en algunos puertos de los Estados Unidos, las autoridades ambientales imponen ciertas condiciones, entre las que destacan: confinar la zona a dragar, evitar la suspensión de los sedimentos dragados, depositar los sedimentos dragados en áreas confinadas en tierra y luego incinerarlos, controlando el nivel de contaminación atmosférica generado por los gases expulsados a la atmósfera. Todos esos procesos incrementan el costo de mantenimiento de esos puertos y los hacen poco competitivos.

Potenciales impactos sobre peces, flora y otros organismos vivos.

Los sistemas acuáticos son muy diversos, dinámicos y cambiantes en espacio y tiempo por ello los cambios físicos y químicos generados durante y después del dragado y la descarga del material dragado puede afectar la distribución de las diferentes especies presentes.

Esos impactos son complejos y difíciles para predecir los procesos naturales que están involucrados y a la carencia de adecuados procedimientos para obtener muestras representativas que sirvan para estudiar en laboratorios los potenciales efectos de dragado y la descarga del material dragado sobre las especies. Otra



complicación es el grado de tolerancia de cada especie o de cada miembro de una especie.

Durante el dragado y descarga se pueden producir cambios en los nutrientes y de renovación del agua en el área de dragado y descarga, destrucción del hábitat por efecto de la remoción de los suelos, cobertura de los organismos vivos por efecto de las descargas, altos niveles de turbidez (mayor cantidad de sedimentos en suspensión), cambios de temperatura y de los contenidos de sal, los cuales pueden ser intolerados por muchas de las especies vivas del área.

Igualmente, la suspensión de los sedimentos del fondo durante y después del dragado y la descarga produce un enriquecimiento en los nutrientes presentes en la columna de agua, lo cual puede generar la presencia de mayor cantidad de especies y por ende una demanda mayor de oxígeno.

De acuerdo a Jonh B. Herbich, 1992, los posibles impactos negativos generados durante y después del dragado y descarga del material dragado sobre los peces y otros organismos vivos son:

- Migración de peces.
- Cambios en la demanda de oxígeno.
- Recolonización de las áreas afectadas por especies oportunistas que se adaptan a las nuevas condiciones.
- Interferencia con los procesos respiratorios de los peces.
- Interferencia con los procesos migratorios de los peces, por efecto de la turbidez generada durante y después del dragado y la descarga del material.
- Destrucción de hábitat acuático.
- Cobertura de la vegetación.
- Ingestión y acumulación de contaminantes como pesticidas y metales pesados por parte de la biota.

Potenciales cambios físicos del fondo acuático.

Los ecosistemas acuáticos como sistemas integrales y dinámicos generan respuestas físicas a las alteraciones producidas por los procesos de dragado y descarga del material dragado. Las alteraciones en la topografía de los fondos acuáticos dragados, entre otros cambios, pueden modificar los patrones de flujo de las zonas afectadas. Esta situación genera cambios en los perfiles transversales y longitudinales de los canales o sea físicamente los canales muestran por ejemplo dunas, contra dunas y



barras. La distribución de sedimentos que resulta de los cambios de patrones de circulación no siempre es predecible, por lo cual se pueden generar efectos indeseados.

La descarga del material dragado, directamente en agua, en áreas no confinadas, provoca los mayores cambios morfológicos. Las investigaciones de Baker, McCown, Paddock y Ditmers en 1984 reportaron que el cambio morfológico más importante generado por ese tipo de descarga de material dragado es la modificación del sistema de dunas y contra dunas. Los potenciales cambios en la geomorfología de los canales naturales por efecto del dragado y descarga del material son:

- Cambios en la sección transversal de los canales.
- Cambios en las pendientes longitudinales de los canales. Relleno de cauces menores.
- Relleno de caños formación y consolidación de barras.
- Cambios en la batimetría del área dragada y/o en la zona de descarga.
- Cambios en los patrones de circulación del agua. Modificación de la cuña salina.

Para estimar esos cambios físicos del fondo acuático se recomienda desarrollar modelos matemáticos de las zonas a afectar. Además, los modelos matemáticos permiten seleccionar los sitios de bote para el material dragado.



13.0 CONCLUSIONES

La industria del dragado es una parte muy específica y esencial, siendo parte esencial en el mantenimiento del tráfico marítimo.

Tras pasar unos años en este tipo de barcos, uno puede sacar varias conclusiones y hacer un balance tanto de las partes positivas como negativas.

El trabajo a bordo es exigente tanto para los oficiales como para los operadores del tubo de succión. Requiere de un nivel muy alto en lo que se refiere a maniobra del buque, trabajando en todo momento en zonas bastante conflictivas sin apenas margen de error.

La mayoría de los proyectos se realizan en aguas poco o muy poco profundas, zonas con maniobrabilidad restringida, ríos, dársenas o zonas de gran densidad de tráfico como el Canal de Panamá.

Las reparaciones y mantenimiento del equipo de dragado las realiza la propia tripulación a bordo, lo que conlleva un conocimiento exhaustivo del buque.

Las guardias de 12 horas, particularmente en los buques pequeños que carecen de segundo oficial, hacen del dragado un trabajo especialmente duro en la mayoría de los proyectos, con ciclos de dragado y descarga muy cortos.

El trabajo a bordo es por lo general estresante ya que no sólo se trata de mantener una productividad reflejada en un reporte diario enviado a la compañía, sino por las averías frecuentes que hacen que la fecha de finalización del proyecto se vea alterada.

Los accidentes suelen ser bastante frecuentes, en ocasiones afectando a miembros de la tripulación. Los gastos de reparación por accidente en dique del año 2013 ascendieron a seis millones de euros por toda la flota.



Las campañas de trabajo son de seis semanas abordo, seis en casa, lo que puede compensar el esfuerzo abordo.

La experiencia profesional adquirida es muy buena, no solo en lo referente a maniobra sino al trabajo en cubierta.

Los barcos de nueva construcción suelen estar muy bien equipados, con gimnasio, conexión a internet e incluso zona de ocio para horas de descanso.

La movilidad de la tripulación hace que se pueda adquirir experiencia en distintos tipos de barcos como Schottel, DP2, Stone Dumpers, entre otros

Como conclusión, puedo recomendar el embarque en este tipo de barcos por un periodo corto de tiempo, si el fin es formarse profesionalmente y adquirir experiencia, pero no como un proyecto de carrera a largo plazo.



14.0 BIBLIOGRAFIA

- **Bart Van de Velde** “*Optimalisatie van het baggerproces op TSHD tijdens het sleepzuigen*” 2008
- **Escalante, Raúl S.** “*Consideraciones Generales*”. Cátedra de Ingeniería de Dragado. Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. 2004
- **IHC Merwede.** “*Ports and Dredging*”. 2006
- **Dr.Sir. Sape A. Miedema** “*Dredging Processes Hopper The Loading Process of a trailing Suction Hopper Dredger*”
- **JDN** “*Dredging and marine works*” 2007
- **Salamanca Mora Alberto** “*Dragado en Puertos Marítimos*”. 2001
- **HYTSA Estudios y Proyectos .SA** “*Técnicas de Dragado*” 1998



3.0 PLANOS

15.0 CARACTERISTICAS GENERALES

Nombre.....	FILIPPO BRUNELLESCHI
Armador.....	JAN DE NUL
Tipo.....	TRAILING SUCTION HOPPER DREDGER
DP/DT.....	IHC CLASE 1
Desplazamiento Maximo.....	26816 TN
Desplazamiento en Rosca.....	8358 TN
Peso Muerto.....	18.448 TN
Capacidad Tolva	11.300 M3
Gross Tonnage.....	13001
Nett Tonnage.....	3900
Eslora Total.....	142,46 MTS
E.Perpendiculares.....	127,0 MTS
Manga	27,5 MTS
Puntal a Cubierta Principal.....	13,0 MTS
Puntal Aereo.....	37,35 MTS
Calado de Dragado.....	9,096 MTS
Profundidad de Dragado.....	32,5MTS/52,0 MTS/71,5 MTS
Velocidad en carga/Descarga.....	15,2 KN/16,4 KN
Motor Principal.....	2x 5750KW
Motor Auxiliar.....	1424 KW
Hélice de Proa.....	1500 KW
Bomba de descarga.....	7500 KW
Bomba de Carga.....	3400 KW



PLANOS

-Plano General.....	129
-Plano del Cabezal.....	130
-Plano de Reboses.....	131
-Plano Tubo de Dragado.....	132
-Plano Pescante.....	133
-Plano Sliding Piece.....	134
-Plano Serving Frame.....	135
-Plano de Francobordo.....	136
-Plano Cuaderna Maestra.....	137
-Plano Compuertas de Descarga.....	138
-Plano Forro Exterior a Popa.....	139
-Bomba de Descarga.....	140

