

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Projeto Final em Engenharia Naval e Oceânica

Orientador:

Prof. Luiz Antonio Vaz Pinto

Área:

Máquinas Marítimas

Estudo do sistema de tratamento de água de lastro: viabilidade técnica do sistema portuário

Aluna:

Thayanna da Costa Araujo

Dezembro de 2012

Sumário

Este trabalho tem como estudo o desenvolvimento de um sistema portuário de tratamento de lastro e a análise de sua viabilidade, a partir de um estudo dos danos que a água de lastro causa ao meio ambiente e de diversos métodos de tratamento que podem ser empregados para minimizar esses danos. Será determinado o melhor método a ser utilizado no nosso sistema, assim como sua idealização e estudo técnico, utilizando como exemplo o porto do PECEM, no Ceará, e a frota de navios que por lá atracaram em 2010.

Agradecimentos

A Deus, que sempre olhou por mim e me deu forças nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, Eliane e Luciano, que são tudo na minha vida e nunca me deixaram desistir, me tornando a pessoa que sou hoje.

Ao meu namorado Felipe, que esteve comigo desde o início dessa jornada e sempre me deu forças para continuar, me apoiando, escutando e incentivando.

Aos meus amigos Eloana, Aline, Pablo, Oto, Mathias e Adrian, que sempre estiveram do meu lado e tornaram esses anos momentos muito mais felizes, e sem os quais eu não conseguiria chegar até aqui.

À minhas amigas Thaís, Gabriela, Priscilla, Nathália e Teng, que estiveram comigo nas alegrias e tristezas desde pequenas, sempre quando precisei.

Aos meus professores, orientadores e chefes, que me ensinaram e contribuíram para meu conhecimento pessoal e profissional.

Índice

Introdução.....	6
Objetivo.....	7
1. O que é Água de Lastro?	8
2. Sistema de Lastro	9
3. Impactos da água de lastro	11
3.1. No ambiente marinho	11
3.2. Na economia	12
3.3. O coral-sol no litoral brasileiro.....	14
4. Riscos para a saúde humana	15
5. Aspectos dos portos que contribuem para a invasão.....	17
6. Como o problema é tratado?.....	18
7. Problema tratado no Brasil	20
8. Métodos de Tratamento de Água de Lastro	22
8.1. Transferência entre tanques.....	22
8.2. Métodos de troca em alto-mar.....	22
8.2.1. Troca sequencial ou oceânica	23
8.2.2. Método de fluxo contínuo.....	23
8.2.3. Método de transbordamento dos tanques.....	24
8.2.4. Tratamento brasileiro de diluição	24
8.3. Métodos de tratamento a bordo	25
8.3.1. Filtração.....	25
8.3.2. Aquecimento	26
8.3.3. Ozonização	26
8.3.4. Eletro-ionização.....	26
8.3.5. Ultravioleta.....	27
8.3.6. Desoxigenação	27
8.3.7. Oxidação.....	27
8.3.8. Supersaturação de gás	27
8.3.9. Cloração.....	28
8.3.10. Eletrólise.....	28

8.3.11. Métodos combinados.....	29
8.4. Métodos de isolamento	29
9. Matriz de métodos combinados	29
10. Type Approval	32
10.1. O que é type approval	32
10.2. Como obter o type approval	32
11. Ballast Water Type Approval.....	35
11.1. Requerimentos.....	35
11.2. Especificações Técnicas.....	35
11.3. Documentos exigidos para o processo de type approval	36
12. Sistemas de tratamento de água de lastro que possuem <i>Type Approval</i>	42
13. Dimensionamento do sistema	46
14. Escolha das bombas e posicionamento	53
14.1. Disposição das bombas	53
14.1.1. Bombas em série.....	53
14.1.2. Bombas em paralelo.....	54
14.1.3. Bombas em série e paralelo	54
14.2. Posicionamento das bombas	55
14.3. Associação de bombas utilizada para o sistema	57
15. Conclusão	58
16. Anexo – Catálogo da bomba selecionada para o porto	59
17. Referências.....	73

Introdução

Água de lastro é a água captada pelos navios de mares, rios e baías para garantir a segurança operacional, equilíbrio e estabilidade quando estes se encontram desprovidos de carga. Em geral, os tanques de lastro do navio são preenchidos com maior ou menor quantidade de água para manter o calado de operação da embarcação.

Essa prática é adotada há muitos anos, transportando-se água de lastro de um lugar do mundo para outro. Entretanto, essa água pode conter espécies exóticas, que embarcam nos tanques de lastro e são despejadas junto com a água em diversas partes do mundo, impactando negativamente sobre o meio ambiente, a economia local e a saúde humana.

Atualmente, a água de lastro se apresenta como uma das quatro maiores ameaças do mundo aos oceanos. As outras três se devem a poluição marinha por fontes terrestres, exploração excessiva dos recursos advindos do mar e a alteração e destruição de regiões costeiras dos países.

O risco oferecido pela água de lastro fez com que fosse criada uma lei para o tratamento da água de lastro antes do seu desembarque. O estudo de como deverá ser feito esse tratamento será então a nossa motivação para realização deste trabalho de pesquisa.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é estudar o dimensionamento de um sistema de tratamento em um porto e sua viabilidade técnica, com base nos impactos ambientais causados pelo transporte de água de lastro contendo microorganismos para diversas regiões do mundo e as consequências de seu despejo sem tratamento. Serão pesquisados métodos de tratamento dessa água e definido o melhor método a ser aplicado no sistema.

Para tanto, iremos tomar como base o porto do PECEM, localizado no Ceará, e dados de navios aportados ali no ano de 2010.

1. O que é Água de Lastro?

A água de lastro é definida como a água captada no mar ou rio utilizada pelas embarcações para acrescentar peso a fim de estabelecer uma condição de trim, calado ou estabilidade definida pelo projeto quando a embarcação encontra-se sem carga. A água de lastro garante que a embarcação irá operar em condições seguras de equilíbrio, estabilidade, manobra (pois garante que o hélice estará completamente submerso), governo e distribuição de tensões.

Essa água é geralmente embarcada ou desembarcada do navio quando este se encontra em operação de descarga ou carga, respectivamente, em um porto.

Figura 1.1. Navio em operação de deslastro

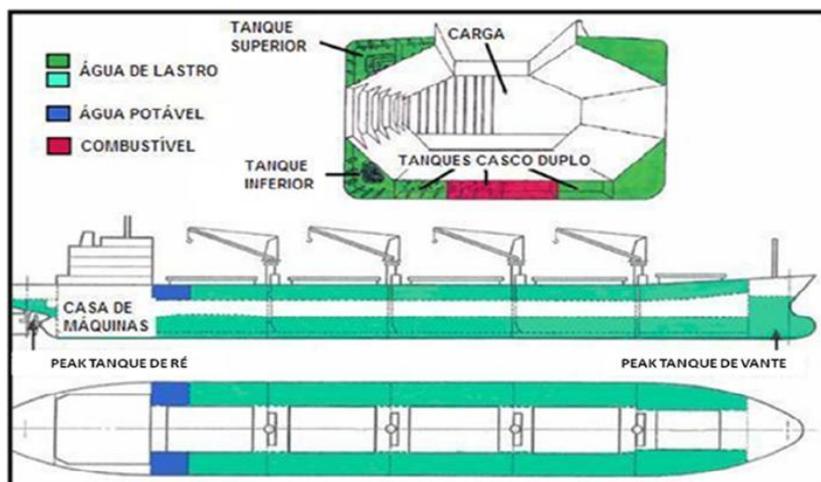


“Estudos indicam que a indústria naval é responsável pela transferência global de mais de 10 bilhões de toneladas de água de lastro por ano.” (Fonte: The Role of Brazilian Ports in the improvement of the national ballast water Management Program according the provisions of the international Ballast Water Convention – Uirá Cavalcante de Oliveira, 2008)

2. Sistema de Lastro

O sistema de lastro tem como componentes bombas de lastro, válvulas, controles e tubulações que integram uma rede.

Figura 2.1. Exemplo de tanques de lastro em um navio graneleiro



A captura e o armazenamento da água nos tanques de lastro dependem do tipo de navio. Os primeiros navios construídos não possuíam distinção entre tanques, utilizando os tanques de carga para armazenar também lastro. Entretanto, as novas regras de segurança exigem que os tanques de carga e de lastro sejam segregados, de forma a evitar a contaminação, tanto da carga quanto da água a ser despejada no mar.

Geralmente, os navios carregam água de lastro quando em operação de descarregamento no porto, transportando água de lastro quando não há carga a ser transportada. A descarga de lastro é feita simultaneamente ao embarque de carga, e o navio anda sem lastro nenhum quando totalmente carregado, como mostra a Figura 2.2 abaixo:

Figura 2.2. Representação do funcionamento de um sistema de lastro



3. Impactos da água de lastro

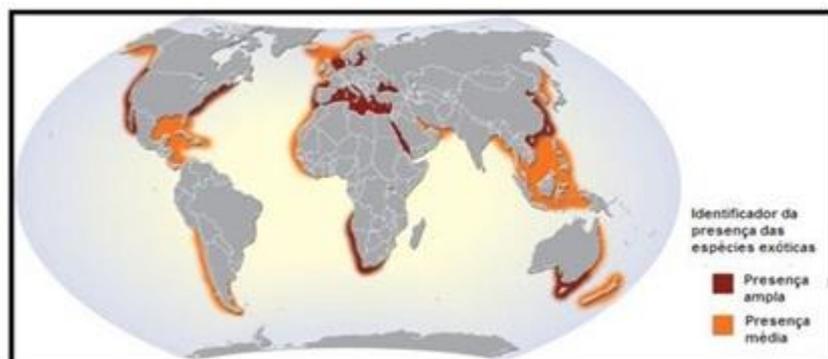
3.1. No ambiente marinho

A água de lastro, quando embarcada nos navios, carrega consigo organismos marinhos que, ao serem despejados em outras regiões do mundo, podem se proliferar tornando-se novos predadores na região ou competindo com espécies nativas por comida e espaço. Esses organismos vindos com a água de lastro são conhecidos por espécies invasoras.

Os tanques de água de lastro são ambientes escuros, onde não há incidência de luz solar ou entrada de oxigênio. Além disso, a operação de carga e descarga de água faz com que a maioria das espécies que embarcam não sobreviva dentro do tanque de lastro. Porém, algumas poucas espécies conseguem resistir a essas condições e a longas viagens, se hospedando temporária ou permanentemente nos sedimentos que se acumulam no fundo do tanque e quando despejadas em um ambiente novo, se tornam espécies exóticas ou invasoras.

A maior consequência da introdução dessas espécies invasoras é o desequilíbrio do ecossistema local, podendo ameaçar a diversidade biológica, já que as espécies invasoras provocam mudanças no ambiente a partir do momento em que começam a desempenhar o papel de um novo predador na cadeia alimentar do local invadido, podendo proliferar-se e espalhar-se rapidamente, causando uma poluição por espécies.

Figura 3.1. Presença de espécies exóticas no mundo em 2011



De forma a combater as espécies invasoras no novo ambiente marinho, produtos químicos são misturados na água, o que acaba desencadeando outros impactos ao meio ambiente.

3.2. Na economia

A invasão de espécies exóticas em uma região pode causar impactos na economia local de diversas formas, devido à mudança no ecossistema ou a partir do momento em que estas afetam os navios.

Quando uma espécie invasora modifica o ecossistema local, algumas espécies nativas podem desaparecer ou entrar em extinção, prejudicando atividades econômicas como a pesca. Além disso, se as espécies invasoras forem tóxicas elas podem prejudicar a qualidade da água e diminuir atividades como o turismo.

As espécies exóticas, em navios, podem se hospedar no fundo dos tanques de lastro, em tubulações e válvulas, podendo causar incrustações e gastos com manutenção, limpeza e reparos, além do custo de o navio permanecer atracado no porto. Outra consideração a se fazer é que essas espécies podem se fixar no casco do navio, assim como em seu sistema propulsivo, aumentando a resistência do navio e gerando maiores gastos com consumo de combustível.

Figura 3.2. Espécies invasoras fixadas em um navio



Gastos em saúde da população podem ocorrer quando há riscos de contaminação, além de gastos para o controle dessas espécies, para que elas não causem maiores danos.

3.3. O coral-sol no litoral brasileiro

“Uma espécie de guerra silenciosa ocorre no fundo do mar de Ilha Grande, no litoral do Rio de Janeiro. Trazido pelas plataformas de petróleo e pela água de lastro de navios, o belo e assassino coral-sol, originário do Oceano Pacífico, vem atacando o coral-cérebro na região. Os mexilhões também não estão sendo poupados. Além do litoral do Rio, o mais afetado, já há notícias do coral-sol em São Paulo, Santa Catarina e Bahia.” (Fonte: O Globo Amanhã – Liana Melo, 16 de outubro de 2012).

Essa espécie exótica chegou à Baía de Ilha Grande na década de 1980, incrustado em navio e plataformas de petróleo que foram transportadas pelo Oceano Pacífico até o litoral do Rio de Janeiro. Com o passar dos anos, ela vem crescendo rapidamente no novo ambiente e tomando o lugar de espécies nativas, algumas encontradas somente no litoral brasileiro, como o coral-cérebro.

Estudos indicam que a tendência é a diminuição de peixes e uma grande mudança no ambiente marinho pela competição de recursos naturais.

Na tentativa de controlar a dispersão do coral-sol, foi criado o Projeto Coral-Sol, sob supervisão do Instituto de Biodiversidade Marinha e da Uerj e licenciado pelo Ibama. Neste projeto, mergulhadores retiram o coral-sol do ambiente com marretas cuidadosamente. A velocidade com que o coral se prolifera, entretanto, é muito maior do que a retirada dele do ambiente, representando grande risco para o litoral brasileiro.

Figura 3.3. Coral-sol como espécie invasora



4. Riscos para a saúde humana

Portos instalados próximos a regiões industriais e grandes cidades podem ter suas águas poluídas devido ao despejo de esgoto doméstico e resíduos industriais que às vezes não são tratados. Se uma embarcação é lastrada com essa água contaminada, o navio poderá transportar vírus e bactérias que, ao serem despejados em outro local, podem contribuir para a difusão de doenças.

O mais conhecido microorganismo transportado pela água de lastro é o vibrião do cólera (*Vibrio cholerae*), que consegue sobreviver por muito tempo em ambientes com variações de temperatura, salinidade e disponibilidade de matéria orgânica. É muito encontrado em águas marinhas, estuarinas e dulcícolas (ambientes de água doce), além de conteúdo intestinal de plâncton, peixes e larva de crustáceos.

É suspeita que esse microorganismo se prolifere em áreas ao redor de portos, devido à intensa atividade humana que altera o ambiente, e sua presença tem sido muito associada ao lastro de navios.

O vibrião do cólera penetra no organismo das pessoas a partir da ingestão de água ou alimentos contaminados, causando intensa diarreia que pode levar a morte se não tratada rapidamente. Ele é transmitido via fecal-oral.

Outra doença encontrada em tanques de lastro de navios é a causada pela *Salmonella*, cujos sintomas são vômitos e diarreias, entre outros.

A transmissão da *Salmonella* ocorre via contato humano. Ela causa mal-estar e pode comprometer o sistema nervoso central. A manifestação dos sintomas se dá duas semanas após o contato, e o indivíduo passa a ser portador da febre tifóide, disseminando o microorganismo.

Além de vírus e bactérias nocivos à saúde humana, microalgas, em especial dinoflagelados (protozoários flagelados) tóxicos, oriundos de diversas regiões biogeográficas do globo, são transferidas via água de lastro. A proliferação de certas espécies de microalgas pode apresentar efeitos negativos, como a produção de

toxinas amnésicas, diarréicas ou paralisantes que podem chegar ao homem por meio da ingestão de organismos aquáticos.

Para minimizar o risco da contaminação dos humanos por microorganismos transportados pela água de lastro, a ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária – realizou uma análise de amostras de água contidas em água de lastro e identificou a presença de bactérias marinhas cultiváveis nessas águas. O relatório final apontou que a água de lastro é um risco à saúde pública.

5. Aspectos dos portos que contribuem para a invasão

Os portos são localidades potencialmente favoráveis à disseminação de espécies invasoras em novos ambientes, pois ele realiza atividades como carga, descarga e troca de lastro, limpeza do casco e transporte de frutos do mar.

A maioria dos portos do mundo inteiro foi construída em baías e estuários, que vêm sendo degradados com o aumento das atividades marítimas e crescimento de centros urbanos ao redor, o que causa poluição das águas por atividades industriais e dos próprios portos.

A poluição desses ambientes, assim como as pequenas mudanças sofridas pelos mares, lagoas, baías e estuários que provêm do crescimento contínuo das cidades, favorecem uma invasão de espécies exóticas. Além disso, as estruturas criadas para expansão dos portos de modo a atender melhor os navios causam uma facilidade de dispersão das espécies invasoras pelo aumento da região onde os navios aportam e realizam suas atividades.

6. Como o problema é tratado?

Visando diminuir o risco que a água de lastro representa para a biota marinha, foi criada a *International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water & Sediments* (Convenção Internacional para o Controle e Gestão de Águas de Lastro e Sedimentos de Navios). Esta foi adotada por um consenso em uma conferência diplomática da IMO em Londres, em 13 de fevereiro de 2004.

Essa convenção tem por objetivo estipular um controle severo sobre a água de lastro transportada pelos navios, de modo a prevenir, minimizar ou até mesmo eliminar a transferência de organismos aquáticos nocivos ao ambiente. Para isso, é necessária a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Lastro para cada navio, garantindo que a prática desse gerenciamento não cause maiores danos ao ambiente ou à saúde humana.

Essa convenção entrará em vigor 12 meses após ser ratificada por pelo menos 30 países que juntos representem no mínimo 35% da arqueação bruta total do mundo. Até 30 de setembro de 2012, 36 países, incluindo o Brasil, ratificaram a convenção, representando 29,07% da arqueação bruta. (Fonte: Summary of Status of Convention, IMO).

A Convenção sugere que a gestão da água de lastro por meio da troca oceânica seja aceita até a data limite de 2014 ou 2016, dependendo do ano de construção e capacidade de lastro. Após essa data, a totalidade das frotas deve atender ao padrão proposto na Convenção, que determina:

- menos de 10 organismos viáveis por metro cúbico de água de lastro, com tamanho igual ou superior a 50 micrômetros, em sua menor dimensão;

- menos de 10 organismos viáveis por mililitro de água de lastro, com tamanho entre 10 e 50 micrômetros, em sua menor dimensão.

Até a Convenção entrar em vigor, cada navio deve manter suas anotações das operações com lastro em diários de bordo e a apresentação, em todos os portos de escala, de um relatório de informações sobre água de lastro existente a bordo.

Enquanto a convenção não é homologada, a IMO publicou suas “Diretrizes para o Controle e Gestão de Águas de Lastro de Navios para Minimizar a Transferência de Organismos Aquáticos Nocivos e Patógenos”, por meio da Resolução A.868 da 20ª sessão do MEPC. Essas diretrizes incluem:

1. Minimizar a entrada de organismos durante operações de tomada de água de lastro, evitando: a) áreas portuárias onde se saiba existirem populações de organismos nocivos; b) águas rasas; e c) a escuridão, quando muitos organismos de fundo sobem à superfície;
2. Retirar regularmente dos tanques de lastro a lama e os sedimentos acumulados neles devido ao risco de conterem organismos nocivos;
3. Evitar descargas desnecessárias de águas de lastro;
4. Iniciar procedimentos de gestão de águas de lastro, os quais podem incluir:
 - a) Troca da água de lastro em águas oceânicas, já que espécies costeiras ou portuárias dificilmente sobrevivem em mar aberto, pois suas condições ambientais são diferentes das regiões perto da costa. A troca de lastro pode ser executada por meio de uma das três alternativas já testadas na prática: “sequencial”, “fluxo contínuo” e “diluição”, apresentadas mais adiante.
 - b) A não descarga ou descarga mínima de água de lastro;
 - c) Descarga de água de lastro para estações de recepção e tratamento em terra.

Vários países, entre eles Argentina, Austrália, Canadá, Chile, Israel, Nova Zelândia, Reino Unido e Estados Unidos têm realizado diversas ações para restringir a dispersão de organismos aquáticos nocivos na água de lastro de navios. A maioria deles implementou também requisitos à gestão da água de lastro dentro de suas jurisdições.

7. Problema tratado no Brasil

No Brasil, a responsabilidade da água de lastro é da Diretoria de Portos e Costas (DPC) da Marinha do Brasil, que emitiu a NORMAM-20 enquanto aguarda a entrada em vigor da convenção.

A NORMAM-20 estabelece que todos os navios devem realizar a troca oceânica antes de entrar em um porto brasileiro, procedimento que deve ser informado à ANVISA e à Capitania dos Portos, seguindo os mesmos parâmetros estabelecidos pela IMO através da Convenção.

Como a região amazônica possui um ecossistema diferenciado das demais regiões brasileiras, a NORMAM-20 estabelece parâmetros diferenciados para a operação nessa região: navios oriundos de viagens internacionais devem realizar duas trocas de água de lastro; isso se deve às características do local, que apresenta trechos com ecossistema bastante frágil, e também porque ocorre nessa região o escoamento dos rios no mar. Assim, para navios que adentrarem o rio Amazonas, a primeira troca deve ser realizada nos padrões da IMO; a segunda, deve ser realizada em Macapá, onde a água dos tanques deve ser reciclada apenas uma vez. Os navios que entram pelo rio Pará devem fazer a troca a 70 milhas da costa, entre Salinópolis e a Ilha do Mosqueiro.

Figura 7.1. Rios da Região Amazônica



Todo navio que chegue a qualquer porto brasileiro deve enviar para os órgãos fiscalizadores (Marinha do Brasil e ANVISA) o relatório de água de lastro, o qual deve ser enviado para as autoridades 24 horas antes de o navio chegar ao porto. Apenas navios de guerra, navios *supply boat*, barcos de pequeno porte e navios com lastro segregado são excluídos desta regulação.

A responsabilidade da gestão da água de lastro é tanto dos portos quanto dos navios, logo os portos devem fiscalizar a água de lastro despejada pelos navios que atracam em sua jurisdição. Para tal, avalia-se o livro de registro de água de lastro, que indica o local em que houve coleta de água através das coordenadas geográficas, e amostras da água de lastro. É possível verificar pela salinidade da água se os dados que constam no livro de registro são verídicos, pois a salinidade da água da região costeira é menor do que a da água do meio do oceano.

Os portos, para gerir esse problema, devem desenvolver Planos de Gestão de Água de Lastro do Porto. Nestes, devem ser detalhadas ações que os navios devem cumprir ao entrarem nos portos e exigências, assim como devem constar dados sobre o porto, avaliação da água portuária e dados de risco da água de lastro na região.

Entretanto, apesar de todas essas medidas para evitar a transferência de espécies exóticas através da água de lastro, é visada a adoção por parte dos navios de um sistema de tratamento de água de lastro.

8. Métodos de Tratamento de Água de Lastro

Os métodos de tratamento de água de lastro existentes são diversos e podem ser classificados em: troca, tratamento a bordo ou isolamento. Os pré-requisitos para a adoção de um método de tratamento são a segurança oferecida à tripulação e estrutura da embarcação quando em operação, a viabilidade técnica e financeira, a adoção de procedimentos simples e a eficiência ambiental.

Esses métodos reduzem o risco de transferência de organismos aquáticos nocivos, porém são submetidos a sérias limitações da embarcação. Mesmo quando se consegue implementá-los completamente, as técnicas existentes são menos que 100% eficientes em remover os organismos da água de lastro.

Algumas alternativas para gerenciar essa água de lastro são descritas a seguir:

8.1. Transferência entre tanques

Navios com água de lastro classificadas como de “alto risco” podem utilizar a transferência de água de lastro entre tanques para remanejar a distribuição de água pelo navio, de modo que a água de lastro permaneça no navio junto com a carga transportada.

Essa técnica minimiza a captação e descarga de água de lastro para o ambiente marinho.

8.2. Métodos de troca em alto-mar

A troca de água de lastro em alto-mar (distantes mais de 200 milhas da costa e com profundidade superior a 500 metros) está entre os métodos de controle mais eficientes, sendo por esse motivo uma das medidas sugeridas pela IMO.

Organismos originários de costas e estuários não conseguem sobreviver em águas oceânicas, assim como espécies que vivem em oceanos não se adaptam ao ambiente marinho costeiro, pelas diferentes características ambientais. Entretanto, algumas

populações podem sobreviver à mudança de ambiente, tornando necessário o controle da água de lastro.

Algumas restrições à troca de lastro em alto-mar são a permanência de resíduos e sedimentos no fundo do tanque, onde organismos ainda habitam, pois diminuem a eficiência da troca em alto-mar. Os riscos que podem ser oferecidos à tripulação e estrutura do navio dependendo de certas condições de tempo e de mar e em viagens costeiras e de curta distância também são restrições, onde a troca de água de lastro constitui um procedimento financeiramente impraticável.

São conhecidos quatro métodos de troca de água de lastro, que se seguem.

8.2.1. Troca sequencial ou oceânica

Este método consiste do deslastro total dos tanques que contém água de lastro considerada de alto risco para lastrear o navio com água oceânica. É o método mais eficiente para esterilização da água de lastro e controle de organismos exóticos na água, visto que elimina praticamente todo o conteúdo dos tanques de lastro.

Como não se consegue eliminar completamente toda a água de lastro contida inicialmente no tanque em alto-mar, é importante que a mistura não possua mais do que 5% de água de lastro considerada de alto risco.

Esse método, no entanto, apresenta riscos à estabilidade da embarcação e à segurança da tripulação, uma vez que há entrada e saída de água do navio em alto-mar. Portanto, para a prática deste procedimento, é necessário planejamento da execução e conhecimento das condições de mar e estrutura da embarcação.

8.2.2. Método de fluxo contínuo

Consiste na troca de lastro sem anteriormente esvaziar os tanques, acrescentando um volume de água aproximadamente três vezes superior ao volume do tanque no decorrer da viagem e permitindo que ocorra o transbordo de água pelo costado.

A vantagem desse método é que não há perda de estabilidade da embarcação, porém os tanques são submetidos a pressões muito altas, podendo acarretar em danos estruturais ao navio.

Outro problema se dá pela possibilidade de contato da tripulação com a água contaminada no convés, havendo riscos de contaminação e doenças.

8.2.3. Método de transbordamento dos tanques

Este método é similar ao método de fluxo contínuo, bombeando água para os tanques durante certo tempo e fazendo o excesso transbordar pela parte superior do navio. A estabilidade do navio é garantida.

A desvantagem desse método se dá pela diminuição da eficácia na eliminação de organismos, principalmente aqueles que se assentam no fundo dos tanques, além do fato de os tanques ficarem submetidos a altas pressões, o que exige instalações adicionais no navio e cuidados com relação à altas pressões para evitar danos estruturais.

O contato da tripulação com a água também pode ocorrer nesse caso, havendo riscos de doenças.

8.2.4. Tratamento brasileiro de diluição

Alguns navios (geralmente navios petroleiros) possuem bombas extras para a água de lastro. Pode-se assim bombear a água de lastro para dentro do tanque por um lado e bombeá-la para fora do tanque por outro lado simultaneamente.

Esse método foi desenvolvido pela Petrobrás e submetido à MEPC (*Marine Environment Protection Committee*), que o incluiu como método alternativo no gerenciamento da água de lastro. Ele difere dos métodos anteriores por utilizar duas bombas de lastro ao mesmo tempo.

O conceito básico envolve o lastro do tanque pelo topo do tanque e, simultaneamente, o deslastro no fundo do tanque, a uma mesma vazão, de modo que o nível de água no tanque seja mantido constante. Dessa maneira, a remoção dos sedimentos que ficam no fundo do tanque é facilitada e o navio mantém sua condição de carregamento de lastro normal durante todo o percurso da viagem.

As vantagens desse método estão em possuir eficiência de renovação da água em torno de 95%, é mais viável de ser aplicado, evita problemas de estabilidade e tensões por manter constante o nível da água de lastro e inalterada a condição de carregamento do

navio, não há contato dos tripulantes com a água contaminada, é simples, econômico e prático para armadores e operadores de navios.

A troca da água de lastro representa uma grande possibilidade de evitar a contaminação do meio ambiente, pois quando a água é trocada, é substituída a água da região costeira, menos salgada, por uma água com salinidade maior. Como, em geral, os organismos da região portuária não resistem a salinidades maiores, o risco de transferência e contaminação é minimizado. O problema é assegurar que esses procedimentos são realmente realizados pelos comandantes dos navios.

Isso porque existe um custo associado toda vez que o navio tem a necessidade de acionar as bombas de água de lastro. Para realizar o procedimento, é necessário consumir combustível ou energia, que tem um alto custo, cujos armadores não querem ter.

Caso um navio tenha de fato realizado a troca de lastro corretamente, reduzirá o risco de bioinvasão em 90%, em relação a um navio que não tenha trocado a água de lastro.

8.3. Métodos de tratamento a bordo

O tratamento a bordo requer procedimentos mais complexos, que envolvem aspectos técnicos, legais e limitações financeiras. Vários métodos têm sido desenvolvidos, entretanto, devido à diversidade de organismos contidos nos tanques de lastro, dificilmente um único tratamento é suficiente para eliminá-los.

No caso de tratamentos químicos, deve ser estudada a possibilidade de geração de subprodutos tóxicos ao meio ambiente, bem como a toxicidade da substância utilizada, que pode vir a causar maiores danos do que as espécies invasoras causam.

8.3.1. Filtração

Visando impedir a entrada de organismos maiores nos tanques durante a operação de lastro, instalam-se filtros especiais nos navios. Porém estes se mostram ineficientes quando se trata de organismos pequenos, como bactérias e vírus, devendo assim ser utilizadas outras técnicas em conjunto.

Sua utilização é limitada devido ao seu custo e sua complexidade. Além disso, grande quantidade de volume de água, o alto fluxo e os depósitos de matéria orgânica sobre as telas dos filtros são desafios no uso da filtragem.

8.3.2. Aquecimento

O método de aquecimento da água nos tanques de lastro é efetivo e não está associado à formação e lançamento de produtos tóxicos ao meio ambiente. A utilização deste método requer adaptação dos navios e amplo conhecimento sobre as temperaturas letais para diversos organismos.

Faltam, porém, estudos sobre o nível de aquecimento necessário para mortalidade de muitas espécies, além de seus estágios císticos e larvais, logo não promove a esterilização total da água. Também apresenta ineficiência ao considerarmos que determinados organismos resistem a elevadas temperaturas ou tem seu desenvolvimento e reprodução estimulados por elas.

Para aquecer a grande quantidade de água de lastro que os navios carregam, em vários casos é necessária a queima de combustíveis, não sendo considerada assim uma boa solução para o meio ambiente.

8.3.3. Ozonização

Atualmente, o uso do ozônio para o tratamento da água de lastro é aplicado somente à água doce, água potável e água industrial, pois seu uso em água salgada e salobra causa reação com o cloro da água do mar e produz várias substâncias corrosivas, além de várias conseqüências adversas para a saúde de quem lida com esse sistema.

A inviabilização deste método também se dá pelo fato de ser muito caro.

8.3.4. Eletro-ionização

Choques elétricos como forma de tratamento vêm sendo testados em laboratório com sucesso. A porcentagem de esterilização da água aumenta conforme a intensidade da energia elétrica.

Essa técnica tem sido utilizada para tratamento de água doce, sendo que ainda não existem experiências para água salgada e salobra.

Nenhum resíduo químico foi detectado nos testes, porém as pesquisas nessa área ainda não são conclusivas e o custo é proibitivo.

8.3.5. Ultravioleta

Esse método tem a capacidade de destruir células orgânicas e proteínas. É eficiente em esterilizar a água eliminando microorganismos.

Seus problemas se encontram no fato de a luz não eliminar organismos maiores, sendo recomendável utilizar em conjunto o método da filtração. Além disso, o custo para tratar a quantidade de água de lastro existente nos navios é muito alto.

8.3.6. Desoxigenação

O tratamento por desoxigenação tem a capacidade de matar organismos como peixes, larvas de invertebrados e bactérias aeróbicas, mas não é eficiente na eliminação de dinoflagelados (protistas flagelados), cistos e bactérias anaeróbicas.

8.3.7. Oxidação

O tratamento por oxidação é capaz de matar microorganismos através da geração de radicais na água, que destroem sua membrana celular.

Deve ser utilizado em combinação com outro método, pois não tem a capacidade de eliminar organismos maiores.

8.3.8. Supersaturação de gás

É um sistema que produz uma água de lastro com supersaturação de gás e posteriormente alivia a pressão do tanque a partir da formação de bolhas, o que provoca hemorragia e embolia nos organismos e, conseqüentemente, a morte.

Esse método, porém, não elimina vírus, bactérias e protozoários.

8.3.9. Cloração

O cloro é o agente biocida mais utilizado em tratamentos de água, tendo sua eficiência comprovada principalmente em água doce. Logo, ele tem sido apontado como um método de tratamento da água de lastro de fácil aplicação, baixo custo e capaz de tratar grandes volumes de água.

O cloro pode ser acrescentado à água de lastro ou ser gerado eletroliticamente pela água do mar. Alguns navios já utilizam esse método a bordo, mas não para tratamento nos tanques de lastro, porém alguns países incluindo o Brasil já estejam adotando esse método para tratar a água de lastro.

A eficiência do cloro está associada ao seu pH neutro e, em geral, indústrias químicas e estações de tratamento de efluentes neutralizam a água antes de adicionar cloro.

O problema deste método é que concentrações elevadas de cloro formam substâncias tóxicas, altamente nocivas ao ambiente marinho e que podem vir a causar câncer. O dióxido de cloro tem sido mais indicado para o tratamento da água de lastro, pois é eficiente em baixas concentrações e em qualquer pH.

8.3.10. Eletrólise

O sistema de eletrólise envolve a desinfecção da água de lastro através da geração de radicais livres de cloro, hipoclorito de sódio (conhecido como desinfetante) e hidroxila, sem a adição ou mistura de quaisquer outros produtos químicos. O hipoclorito contido na água de lastro eletrolítica é introduzido no restante da água de lastro para ser esterilizado. Este método não requer o armazenamento de produtos químicos a bordo do navio, o que evita problemas de segurança.

A geração eletrolítica de hipoclorito de sódio pela água do mar tem se mostrado um método simples e seguro de manipulação, porém apresenta alguns problemas, pois a água do mar, durante a eletrólise, além de cloro, produz outros íons que podem causar danos ao meio ambiente. Além disso, há um aumento da temperatura durante a eletrólise, o que causa a necessidade do uso de trocadores de calor para manter a temperatura desejada.

Esta tecnologia é restrita aos navios que operam em água salgada ou salobra.

8.3.11. Métodos combinados

Têm sido testadas combinações de diferentes métodos visando o aumento da eficiência do tratamento da água de lastro. As combinações sugeridas são radiação ultravioleta combinada à filtração; a decantação combinada à filtração e desinfecção química através do produto livre, cujos testes iniciais demonstraram 100% de eficiência.

8.4. Métodos de isolamento

Uma alternativa para o tratamento da água de lastro é a remoção dos tanques para instalações em terra, realizando o tratamento com o uso de bombas, para posterior descarte ou reutilização. É um método eficiente e de baixo custo operacional, porém requer instalações específicas.

9. Matriz de métodos combinados

Como nenhum dos métodos apresentados acima se mostrou completamente satisfatório para o tratamento da água de lastro, pois alguns não esterilizam a água por completo, e aqueles que o fazem produzem substâncias que fazem mal à saúde humana e ao meio ambiente, decidimos por combinar os métodos e escolher o mais eficiente para cumprir nosso objetivo. Abaixo são apresentadas duas matrizes de métodos combinados: a primeira identifica se a combinação dos métodos elimina todos os organismos contidos na água de lastro; a segunda mostra os “efeitos colaterais”, ou seja, o que é produzido pela combinação dos métodos que influencia na não-escolha do sistema.

	Filtragem	Aquecimento	Ozonização	Eletro-ionização	Ultravioleta	Desoxigenação	Supersaturação de gás	Oxidação	Cloração	Eletrólise
Filtragem	-	Não Elimina: Organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Não Elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Não Elimina: vírus, bactérias e protozoários	Não se sabe	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Aquecimento	Não Elimina: Organismos resistentes a altas temperaturas, larvas	Substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes a altas temperaturas	Substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto	Não Elimina: bactérias resistentes a altas temperaturas	Não se sabe	Não se sabe	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Ozonização	Não Elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Substâncias corrosivas e problemas à saúde, não elimina organismos resistentes a altas temperaturas	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde
Eletro-ionização	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Ultravioleta	Custo muito alto	Custo muito alto	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	-	Custo muito alto	Custo muito alto	Custo muito alto, não elimina organismos maiores	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Desoxigenação	Não Elimina: dinoflagelados cistos e bactérias anaeróbicas	Não se sabe	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto	-	Não Elimina: bactérias anaeróbicas	Não se sabe	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Supersaturação de gás	Não Elimina: vírus, bactérias e protozoários	Não Elimina: bactérias resistentes a altas temperaturas	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto	Não Elimina: bactérias anaeróbicas	-	Não se sabe	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Oxidação	Não se sabe	Não se sabe	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde, não se sabe se elimina organismos maiores	Custo muito alto e sem resultados em água salgada	Custo muito alto, não elimina organismos maiores	Não se sabe	Não se sabe	-	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente
Cloração	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer	Substâncias tóxicas podem causar câncer
Eletrólise	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Produz substâncias corrosivas e problemas à saúde	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias produzidas causam danos ao meio ambiente	Substâncias tóxicas podem causar câncer	-

Tabela 2 - Matriz de métodos combinados e contra-indicações de uso

10. Type Approval

Com o propósito de cumprir responsabilidades nacionais e internacionais, decorrentes em parte da *International Convention for the Safety of Life and Sea (SOLAS)*, a *Maritime and Coastguard Agency (MCA)* vem por muitos anos realizando “*type approval*” de equipamentos marítimos utilizados a bordo, principalmente para prevenção de poluição e segurança no mar.

10.1. O que é type approval

Type approval é um procedimento para aprovação de padrões de design de equipamentos. Isso quer dizer que o design é feito uma vez e, ao obter a aprovação, esta é válida para todos os outros componentes de design idêntico fabricados.

Para se obter essa aprovação um protótipo que representa o padrão do equipamento é submetido a uma avaliação, examinado e testado, e se for considerado satisfatório, um certificado de *type approval* é emitido.

A vantagem do *type approval* é a de fornecer ao fabricante e garantia de que seu equipamento será aceito sem ser necessária a verificação detalhada deste em exames de rotina do navio, assim como o armador terá a garantia do equipamento.

10.2. Como obter o type approval

O fabricante ou a pessoa que desejar obter o *type approval* para um equipamento deve emitir um requerimento para o órgão homologador, o qual deve incluir:

- Nome e endereço do fabricante;
- Uma declaração escrita de que o requerimento não foi apresentado em outro “*Nominated Body*” (órgãos homologadores);
- A documentação técnica e os testes requeridos.

Uma citação para o *type approval* pode ser obtida a pedido e através da apresentação de informações sobre:

- O sistema/produto/material a ser homologado;

- Campo de aplicação (se conhecido);
- Normas/especificações a aplicar;
- Ensaios já realizados;
- Localização dos meios de produção e testes.

Essa citação irá normalmente incluir informações sobre:

- Escopo de trabalho;
- Documentação a ser apresentada;
- Documentos a serem emitidos pela DNV;
- Condições para retenção e renovação do certificado;
- Cronograma de trabalho proposto;
- Preço e condições de pagamento.

Elementos do *type approval*:

- Projeto de avaliação:
 1. O escopo permite avaliar se o projeto de um sistema, produto ou material obedece aos padrões dados e especificações.
 2. A avaliação do projeto pode variar consideravelmente de um produto para outro e deve ser definida em cada instância única.
 3. A avaliação do projeto normalmente compreenderá as seguintes documentações que devem ser submetidas ao órgão homologador:
 - Desenho principal do sistema/produto (ou documentação equivalente);
 - Manuais de instrução (se houver);
 - Cálculos de projeto (se houver);
 - Informações relativas à marcação do produto pelo tipo designado pelo fabricante (ou outras marcações) para inequívoca rastreabilidade entre o produto e o certificado do *type approval*;
 - Referências a padrões de projeto, especificações;
 - Especificação de materiais aplicados;
 - Características de operação;
 - Resultados dos testes (resultados de ensaios inferiores a esse possível tipo);
 - Programa de testes de tipo;
 - Campo de aplicação proposto (se conhecido);
 - Descrição funcional;
 - Documentos de confiabilidade por cálculos e/ou experiências em serviço (se exigido);

➤ Ensaios:

1. O escopo dos testes de tipo, conhecido também por teste inicial, é verificar a habilidade de um sistema/produto ou material em atender aos requisitos especificados, submetendo a amostra a tensões físicas, químicas, ambientais ou operacionais.
2. A amostra deve ser construída em conformidade com os planos aprovados, utilizando ferramentas, métodos e processos comparáveis aqueles planejados para subsequente produção.
3. A amostra deve ser examinada para fabricação e para conformidade com os desenhos e especificações antes do teste.
4. Os ensaios de tipo serão realizados de acordo com um programa de teste estabelecido, tendo o cliente e o órgão homologador concordado com este antes do teste.
5. Se os resultados dos testes, por alguma razão, não cumprirem os requisitos, o órgão homologador pode exigir testes renovados ou testes suplementares, ou ele pode rejeitar o projeto.
6. Após a conclusão dos testes programados, o cliente deverá apresentar uma cópia do relatório do ensaio, assinado por ele e pelo representante do órgão homologador.

Quando o sistema, produto ou material em questão atender todos os requisitos especificados, ou seja, após a aceitação da avaliação do projeto e dos resultados dos testes de tipo, o órgão homologador emitirá um certificado de *type approval*. Este certificado irá conter o nome e endereço do fabricante, detalhes do equipamento, documentação técnica, conclusões dos testes, as condições de sua validade e os dados necessários à identificação do tipo aprovado.

11. Ballast Water Type Approval

11.1. Requerimentos

- O fabricante do equipamento deve fornecer informações sobre o desenho, construção, operação e funcionamento do sistema de gerenciamento de água de lastro. Essas informações servem de base para uma primeira avaliação de adequação.
- O sistema de gerenciamento de água de lastro deve ser testado para obter *type approval*.

Para que os navios tenham performances em seu gerenciamento de água de lastro de acordo com a Convenção, eles devem descarregar:

- menos de 10 organismos viáveis por metro cúbico de água de lastro, com tamanho igual ou superior a 50 micrômetros, em sua menor dimensão;

- menos de 10 organismos viáveis por mililitro de água de lastro, com tamanho entre 10 e 50 micrômetros, em sua menor dimensão;

11.2. Especificações Técnicas

O sistema de gerenciamento de água de lastro, para obter o *type approval*, deve possuir os seguintes requisitos:

- O BWMS (*Ballast Water Management System*) não deve conter ou utilizar substâncias de natureza perigosa, a não ser que medidas adequadas para armazenamento, aplicação e manuseio seguro, aceitável pela Administração, sejam fornecidas para atenuar os riscos existentes.

- Em caso de alguma falha que comprometa a operação apropriada do BWMS, sinais de alarmes audíveis e visíveis devem ser dados em todas as estações de onde as operações do sistema de água de lastro são controladas.

- Todas as peças de trabalho do BWMS que podem ser suscetíveis a desgaste ou danificáveis devem ser de fácil acesso para manutenção. A manutenção de rotina do BWMS e procedimentos para solução de problemas devem ser claramente definidos pelo

fabricante no manual de operação e manutenção. Todos os reparos e manutenções devem ser registrados.

- Para evitar interferência com o BWMS, os seguintes itens devem ser incluídos:

- Cada acesso do BWMS que seja além dos requisitos essenciais deve exigir a quebra de um selo;
- Se aplicável, o BWMS deve ser construído de modo que um alarme visual seja sempre ativado quando o sistema estiver em operação com propósito de limpeza, calibração ou reparo, e esses eventos devem ser registrados pelo equipamento;
- Em um evento de emergência, by-passes adequados ou substituíveis para proteger a segurança dos navios e tripulação devem ser instalados;
- Qualquer by-pass do BWMS deve ativar um alarme, e o evento do by-pass deve ser registrado pelo equipamento de controle.

Devem ser fornecidas facilidades para checar o desempenho do BWMS que tiram medidas. Um certificado de calibração certificando a data da última calibração deve ser mantido a bordo para propósito de inspeção. Somente o fabricante ou uma pessoa autorizada por ele pode fazer testes de precisão.

11.3. Documentos exigidos para o processo de type approval

A documentação submetida para aprovação deve incluir no mínimo o seguinte:

- Descrição do BWMS. A descrição deve incluir um desenho diagramático dos típicos ou requeridos arranjos de tubulação e bomba, e amostras de instalações, identificando os pontos de venda operacional das águas de lastro tratadas;
- Manual do equipamento, fornecido pelo fabricante, contendo detalhes dos principais componentes do BWMS e suas operações e manutenções;
- Um manual técnico genérico de operações do BWMS completo. Esse manual deve cobrir os arranjos, operação e manutenção do BWMS e deve descrever especificamente partes do BWMS que não são cobertas pelo manual do fabricante;
- As seções de operação do manual incluem procedimentos normais de operação e procedimentos de descarregamento da água não tratada em caso de mau funcionamento do equipamento de tratamento da água de lastro, procedimentos

- de manutenção e ações de emergência necessárias para segurança do navio;
- Métodos para condicionamento da água tratada antes da descarga devem ser fornecidos, e a avaliação da descarga de água deve incluir uma descrição do efeito do tratamento na água de lastro do navio, em particular a natureza de qualquer resíduo do tratamento e subprodutos e a adequabilidade da água para ser descarregada em águas costeiras. Uma descrição também deve ser fornecida de cada ação necessária para monitorar, e se necessário “condicionar”, a água tratada antes de descarregar de modo que ela esteja dentro do regulamento de qualidade da água; se puder ser concluído que o processo de tratamento possa alterar a composição química da água tratada de modo que venha a ocorrer impactos adversos nas águas costeiras, a documentação deve incluir resultados de testes de toxicidade da água tratada;
 - Uma seção técnica do manual incluindo informações adequadas (descrição e desenhos esquemáticos do sistema de monitoramento e diagramas de fiação elétrica/eletrônica) para permitir a procura de defeitos. Esta seção deve incluir instruções para manter um registro de manutenção;
 - Um teste recomendado e procedimento de verificação para o BWMS. Este procedimento deve especificar todos os testes que devem ser realizados em um teste funcional pelo contratante da instalação e deve fornecer orientação para o inspetor quando realizada a verificação a bordo do BWMS e confirmando que a instalação reflete o critério específico de instalação do fabricante.

11.4. Procedimentos de aprovação e certificação

Um BWMS que em todos os aspectos cumpra as exigências das presentes orientações pode ser aprovado pela Administração para instalação a bordo de navios. A aprovação deve ter a forma de um certificado *type approval* de BWMS, especificando as principais particularidades do equipamento e qualquer condição limite de uso necessário para garantir seu funcionamento adequado. Uma cópia do certificado deve ser mantida a bordo de navios que possuam esse sistema por tempo integral.

Um certificado *type approval* de BWMS deve ser emitido para a aplicação específica para o qual o BWMS foi aprovado, por exemplo, para capacidades específicas de água de lastro, taxas de fluxo, regimes de salinidade ou temperatura, ou outras condições limites ou circunstâncias apropriadas.

A Administração pode emitir um certificado de *type approval* baseado em testes separados ou em testes ainda sendo realizados sob supervisão de outra Administração.

Um certificado de *type approval* de BWMS deve:

- Identificar o tipo e modelo do BWMS para o qual é aplicado e identificar desenhos de montagem de equipamentos, devidamente datados;
- Identificar desenhos pertinentes contendo números de especificação do modelo ou detalhes equivalentes de identificação;
- Incluir uma referência do protocolo completo de desempenho em que é baseado, e ser acompanhado da cópia dos resultados de testes originais;
- Identificar se foi emitido por uma Administração baseado em um certificado de *type approval* anteriormente emitido por outra Administração. Esse certificado deve informar a Administração que conduziu os testes no BWMS e uma cópia dos resultados dos testes originais deve ser anexada ao certificado de *type approval*.

Um BWMS aprovado pode ter *type approval* dado por outras Administrações para utilizar em seus navios. Se um sistema aprovado por um país falhar no *type approval* em outro país, então os dois países em questão devem se consultar visando chegar a um acordo aceitável.

11.5. Instalações requeridas

O BWMS deve ser dotado de dispositivos de amostragem organizados de modo a coletar amostras representativas da água de lastro do navio.

Os dispositivos de amostragem devem em qualquer caso ser localizados na admissão do BWMS, antes do ponto de descarga, e qualquer outro ponto para amostras para garantir o funcionamento adequado do equipamento como foi determinado pela Administração.

Procedimentos de instalação e comissionamento:

Verificar se a seguinte documentação encontra-se a bordo no formato adequado:

- Uma cópia do certificado de *type approval* do BWMS;
- Uma homologação da Administração, ou de um laboratório autorizado pela Administração, para confirmar que os componentes elétricos e eletrônicos do BWMS foram testados de acordo com as especificações para testes ambientais;
- Manuais de equipamentos para os principais componentes do BWMS;
- Um manual técnico de operações para o BWMS específico para o navio e aprovado pela Administração, contendo uma descrição técnica dos procedimentos operacionais e de manutenção do

BWMS, e procedimentos de backup em caso de mau funcionamento de equipamentos.

Verificar que:

- A instalação do BWMS foi realizada de acordo com as especificações de instalações técnicas;
- O BWMS está em conformidade com o certificado de *type approval* do BWMS emitido pela Administração ou seu representante;
- A instalação completa do BWMS foi realizada de acordo com as especificações técnicas do fabricante;
- Quaisquer entradas e saídas operacionais são localizadas nas posições indicadas no desenho dos arranjos de bombas e tubulações;
- O controle e monitoramento de equipamentos operam corretamente.

Especificações para avaliação pré-teste da documentação dos sistemas:

Documentações adequadas devem ser preparadas e emitidas para a Administração como parte do processo de aprovação antes dos testes de aprovação do BWMS. Aprovação da documentação deve ser um pré-requisito para realização de testes de aprovação.

A documentação deve ser fornecida pelo fabricante para dois propósitos: avaliar a disponibilidade do BWMS para realização do ensaio de aprovação e avaliar os testes requeridos e procedimentos para testes propostos pelo fabricante.

A disponibilidade de avaliação deve examinar o projeto e construção do BWMS para determinar se há problemas fundamentais que possam impedir a habilidade do BWMS de gerir a água de lastro como proposto pelo fabricante, ou para operar seguramente, a bordo de navios. A última preocupação deve em adição a problemas básicos relacionados à saúde e segurança da tripulação, interagir com o sistema e carga do navio, e ambientes potencialmente adversos, considerando também o potencial para impactos de longos termos para a segurança da tripulação e navio através de efeitos do BWMS em corrosão em sistemas de lastro e outros espaços.

A avaliação da proposta de teste deve examinar todas as condições requeridas pelo fabricante e procedimentos para instalação, calibração e operação (incluindo requerimentos de manutenção) do BWMS durante o teste. Esta avaliação deve ajudar a organização do teste a identificar qualquer problema em potencial de saúde ou segurança ambiental, requerimentos de operações não usuais e qualquer problema relacionado à disposição do tratamento de pós-produtos ou resíduos.

A documentação a ser emitida deve incluir no mínimo o seguinte:

1. Manual técnico, que deve incluir:
 - Especificação do produto;
 - Descrição do processo;
 - Instruções operacionais;
 - Detalhes (incluindo certificados quando apropriados) dos principais componentes e materiais utilizados;
 - Especificações técnicas de instalação de acordo com os critérios específicos de instalação do fabricante;
 - Limitações do sistema;
 - Manutenção rotineira e procedimentos de resolução de problemas.

2. Desenhos do BWMS – desenhos diagramáticos dos arranjos de bombas e tubulações, diagramas de instalação elétrica/eletrônica.

3. Informações referentes às características e arranjos nos quais o sistema deve ser instalado assim como o escopo do navio (tamanhos, tipos e operações) para qual o sistema é definido. Essa informação pode ligar o sistema ao gerenciamento da água de lastro do navio.

4. Impactos na saúde pública e ambiental – ameaças potenciais ao ambiente devem ser identificadas e documentadas baseado em estudos ambientais feitos para garantir que nenhum efeito ameaçador deve ser esperado.

Testes e especificações de desempenho para aprovação do sistema de gerenciamento de água de lastro:

O corpo de testes realizando os testes deve implementar medidas de controle de qualidade apropriadas de acordo com os padrões aceitáveis pela Administração.

Um ciclo de testes no navio inclui:

- A captação de água de lastro do navio;
- O armazenamento de água de lastro no navio;
- Tratamento da água de lastro de acordo com o BWMS, exceto em tanques de controle;
- O descarregamento da água de lastro do navio.

Na avaliação de desempenho da instalação do BWMS em um navio, as seguintes informações e resultados devem ser fornecidos para satisfação da Administração:

- Plano de teste a ser fornecido antes do teste;
- Documentação que o BWMS é de uma capacidade dentro da faixa do tratamento nominal para o qual se destina;

- A quantidade de água de lastro testada no ciclo de testes a bordo deve ser consistente com a operação normal de lastro do navio e o BWMS deve operar em uma capacidade de faixa de tratamento para o qual é destinado a ser aprovado;
- Documentações dos resultados de três ciclos de testes consecutivos e válidos apresentando descarregamento de água de lastro tratada de acordo com a regulamentação;
- Testes válidos são indicados pela captação da água, tanto do tanque de controle como da água de lastro a ser tratada, com concentrações de organismos excedendo 10 vezes o máximo permitido e no tanque de controle concentração de organismos viáveis excedendo os valores permitidos;
- Os ciclos de teste incluindo ciclos de teste inválidos e mal sucedidos são para abranger um período não menor que seis meses;
- A fonte de água para ciclos de teste deve ser caracterizada por medidas de salinidade, temperatura, partículas orgânicas de carbono e total de sólidos suspensos;
- Para operações de sistema durante o período de teste, as seguintes informações devem ser fornecidas:
 - ✓ Documentação de todas as operações de água de lastro incluindo volumes e localizações de captação e descarga, e se foi encontrado mal tempo e onde;
 - ✓ As possíveis razões para ocorrência de um ciclo de testes mal sucedido;
 - ✓ Documentação de manutenção programada realizada no sistema;
 - ✓ Documentação de marcação de manutenção e reparo realizada no sistema;
 - ✓ Documentação de parâmetros de engenharia monitorados conforme apropriado para o sistema específico;
 - ✓ Documentação de funcionamento de equipamentos de controle e monitoramento.

12. Sistemas de tratamento de água de lastro que possuem *Type Approval*

Iremos agora listar alguns sistemas de água de lastro combinados existentes e fabricados por empresas que possuem *Type Approval*. Um desses sistemas será o nosso escolhido para ser utilizado no tratamento de água de lastro no porto.

Tabela 12.1. Listagem de sistemas de tratamento com *Type Approval*

Sistema	Empresa	URL da empresa	Métodos	Vazão (m ³ /h)
Pure Ballast	Alfa Laval	http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/pureballast/pages/pureballast.aspx	Filtração + Oxidação	250 – 2500
SEDNA Peraclean Ocean	Degussa GmbH	http://www.greatlakes-seaway.com/en/pdf/PERACLEAN_Ocean_BWT.pdf	Filtração + solução de ácido peracético, peróxido de hidrogênio, água e ácido acético	500
Electro-Clean System	Techross Ltda	http://pdf.nauticexpo.com/pdf/techcross/techcross-inc-electro-clean-system/31698-13728-7.html	Eletrólise	2000
Sedinox	Greenship Ltd	http://www.rumpkg.com/images/pdf/sedinox%20brochure%20low%20res.pdf	Eletrólise	50 – 500
Ocean Saver BWMS	Ocean Saver	http://www.oceansaver.com	Filtração + desoxigenação por eletrólise	6000
Ocean Saver BWMS	Ocean Saver	http://www.oceansaver.com	Filtração + supersaturação de nitrogênio	6000
CleanBallast	RWO GmbH Marine Water Technology Germany	http://www.rwo.de/en/	Filtração + eletrólise	500
NK-O3 Blue Ballast System	NK Company Ltd Republic of Korea	http://www.nko3.com	Ozonização	300 – 8000
Clear Ballast	Hitachi Ltd / Hitachi plant technologies Ltd	http://www.hitachi-pt.com	Filtração + coagulação	200 – 2400
Hyde Guardian	Hyde Marine	http://www.hydemarine.com/ballast_water/index.htm	Filtração + ultravioleta	600 – 1500

Optimarin Ballast System	Optimarin	http://www.optimarin.com/	Filtração + ultravioleta	334
BalPure	Severn Trent De Nora	http://www.severntrentservices.com/	Eletrólise	250 – 6000
CloEn-Patrol	Panasia Co. Ltd. Korea	http://www.panasia.co.kr/english/sub03/item_ship.php?type=1	Filtração + ultravioleta	250 – 4500
NEI VOS System	NEI Treatment System	http://www.nei-marine.com/	Cavitação + desoxigenação	2500
Sicure Ballast Water Management System	Siemens Water Technology	http://www.water.siemens.com/en/marine/Pages/ballast-water-management.aspx	Filtração + eletrocloração	200 – 3000

Para escolhermos o sistema de tratamento que será utilizado, levaremos em consideração a matriz de métodos combinados, para considerar os efeitos que cada tratamento pode vir a causar (formação de substâncias corrosivas, não esterilização completa da água, etc.), e a vazão de cada método.

Dentre os métodos que possuem maiores vazões, temos os métodos de filtração + desoxigenação por eletrólise e filtração + supersaturação de nitrogênio, ambos da empresa Ocean Saver; ozonização, da empresa NK Company e eletrólise, da Severn Trent De Nora.

De acordo com a matriz de métodos combinados, podemos ver que o método de ozonização utilizado em água salgada cria substâncias corrosivas e a eletrólise produz íons que podem causar danos ao meio ambiente. Logo, não utilizaremos esses dois métodos para evitar qualquer problema que possa vir a ocorrer.

Como nessa pesquisa não foram encontrados danos que podem ser causados pela utilização do sistema de filtração + supersaturação de nitrogênio, escolhemos esse sistema para tratar a água de lastro nos navios que chegam ao porto.

Para determinarmos o tamanho dos tanques para armazenar água de lastro que será tratada e que já foi tratada, iremos estimar a quantidade de lastro de navios que aportam em um mês no porto. Para tanto, utilizaremos como exemplo navios que atracaram no porto do PECÉM, no Ceará, em janeiro de 2010.

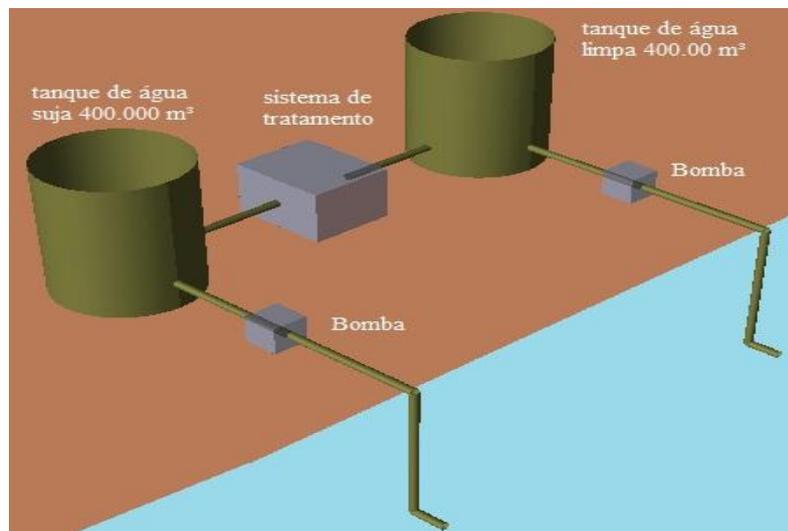
Tabela 12.2. Listagem de navios que atracaram no porto do PECM em janeiro de 2010

NAVIOS - ANO 2010						
PROGR	NAVIO	ATRACACAO	DESATRACACAO	Soma de WTKG	Contar de TEU	Lastro m ³
3.058	FLAMENGO	11/01/2010 04:00	11/01/2010 16:43	6.148.997	263	2.982
3.059	COPACABANA	18/01/2010 12:20	19/01/2010 02:25	6.396.140	271	14.305
3.084	MSC JAPAN	02/01/2010 03:55	02/01/2010 16:25	2.595.494	153	12.604
3.094	LIRCAY	05/01/2010 21:20	06/01/2010 10:35	2.637.474	268	12.604
3.097	LICA MAERSK	03/01/2010 00:30	03/01/2010 18:05	4.430.194	557	6.934
3.098	MSC BELEM	01/01/2010 11:35	01/01/2010 19:20	843.234	63	9.940
3.100	AMSTELBORG	02/01/2010 01:40	02/01/2010 19:30	3.570.134	1	4.706
3.103	MSC NATAL	08/01/2010 01:15	08/01/2010 12:40	1.789.624	178	9.940
3.104	MSC KOREA	09/01/2010 05:25	09/01/2010 16:14	2.739.244	173	12.604
3.105	CSAV LONCOMILLA	02/01/2010 21:35	03/01/2010 07:33	1.787.594	161	9.407
3.106	BARBET ARROW	14/01/2010 14:20	16/01/2010 13:22	10.079.285	1	2.356
3.107	CARRARA CASTLE	08/01/2010 09:05	14/01/2010 13:40	27.022.350	5	2.356
3.108	MARION GREEN	03/01/2010 07:50	06/01/2010 12:50	15.103.497	3	5.554
3.109	ALIANÇA MANAUS	12/01/2010 08:05	12/01/2010 21:47	6.157.628	330	6.720
3.110	ALIANÇA SANTOS	11/01/2010 21:35	12/01/2010 07:28	2.002.083	185	6.720
3.111	ALIANÇA EUROPA	25/01/2010 08:48	26/01/2010 05:15	9.444.977	443	6.845
3.112	ALIANÇA MANAUS	27/01/2010 00:15	27/01/2010 13:04	3.967.429	218	6.720
3.116	CAP SAN MARCO	15/01/2010 19:30	16/01/2010 01:56	1.106.301	87	12.189
3.117	CAP PRIOR	22/01/2010 18:15	23/01/2010 04:00	1.809.066	189	10.273
3.118	CAP MORETON	29/01/2010 23:07	30/01/2010 09:25	1.260.786	193	10.833
3.120	CAP HARRISSON	13/01/2010 09:01	13/01/2010 23:05	3.127.022	338	12.475
3.121	CAP HARVEY	20/01/2010 14:54	21/01/2010 03:10	2.917.948	314	12.475
3.122	MERCOSUL MANAUS	04/01/2010 18:00	04/01/2010 21:15	271.498	16	5.541
3.123	MERCOSUL SANTOS	06/01/2010 11:00	06/01/2010 17:50	1.471.925	129	5.541
3.124	LUNA MAERSK	09/01/2010 21:55	10/01/2010 12:35	4.391.349	520	6.934
3.125	FEDERAL PENDANT	06/01/2010 13:15	08/01/2010 00:26	10.759.165	1	3.421
3.126	CMA CGM SAMBHAR	06/01/2010 18:30	07/01/2010 06:16	1.616.277	175	13.008
3.127	S.PARTNER	20/01/2010 13:20	21/01/2010 17:38	539.053	2	15.350
3.128	MERCOSUL SUAPE	11/01/2010 17:36	11/01/2010 20:31	211.779	20	5.541
3.129	LAURA MAERSK	16/01/2010 23:30	17/01/2010 09:45	3.698.648	227	6.934
3.130	MERCOSUL SANTOS	18/01/2010 07:50	18/01/2010 11:26	297.228	17	5.541
3.131	MSC ALABAMA	19/01/2010 16:00	20/01/2010 03:14	1.789.097	233	12.604
3.132	MERCOSUL MANAUS	20/01/2010 08:00	20/01/2010 14:38	3.207.136	135	5.541
3.133	MSC DAVOS	26/01/2010 05:55	26/01/2010 23:30	2.645.697	280	10.699
3.134	LEDA MAERSK	23/01/2010 23:00	24/01/2010 13:10	3.111.261	345	6.934
3.135	PERSENK	16/01/2010 14:08	18/01/2010 21:38	3.106.900	3	11.476
3.136	MSC NAIROBI	29/01/2010 06:25	29/01/2010 22:17	3.056.621	291	9.940
3.137	MSC ASTRID	30/01/2010 09:42	30/01/2010 15:35	304.989	34	10.699
3.138	GRETA	22/01/2010 16:15	26/01/2010 20:48	28.737.242	10	15.371

3.139	PAPUA	26/01/2010 20:48	30/01/2010 21:45	24.949.198	3	12.650
3.141	MERCOSUL SUAPE	28/01/2010 03:41	28/01/2010 12:20	2.081.515	91	5.541
3.142	LAUST MAERSK	30/01/2010 19:46	31/01/2010 02:55	2.474.552	153	6.934
3.144	CMA CGM AMERICA	27/01/2010 13:29	28/01/2010 00:51	2.724.175	245	13.008
TOTAL (m³)						380.750
TOTAL (m³)						400.000

O sistema de tratamento de água de lastro idealizado seria aproximadamente como ilustrado a seguir, porém adaptando-o à estrutura do porto:

Figura 12.1. Idealização do sistema de tratamento no porto



Partindo da hipótese de que o sistema começará a funcionar com o tanque de água limpa vazio e com o tanque de água suja cheio, analisaremos em quanto tempo esse sistema consegue tratar todos os 400.000 m³ de água.

Temos que:

- Volume do tanque = $V_{\text{tanque}} = 400.000 \text{ m}^3$;
- Vazão do sistema de tratamento = $Q_{\text{sist}} = 6.000 \text{ m}^3/\text{h}$;
- t = tempo para tratar a água de lastro.

$$V_{\text{tanque}} = Q_{\text{sistema}} \cdot t \therefore t = \frac{V_{\text{tanque}}}{Q_{\text{sistema}}}$$

$$t = 66,667 \text{ h} \cong 3 \text{ dias}$$

Logo, se o sistema começasse a funcionar somente com água suja para ser tratada, levaria aproximadamente três dias para tratá-la.

13. Dimensionamento do sistema

Para calcularmos a potência necessária ao sistema, precisamos inicialmente determinar a localização do sistema no porto. Sendo assim, para fins de estudo, estabelecemos que, como navios de carga geral são os que possuem maior capacidade de lastro, são os que requerem maior tratamento. No porto, eles aportam no píer mais próximo à costa, logo o sistema de lastro será dimensionado para este píer somente. A figura abaixo mostra o porto do PECEM e, em destaque, o sistema de lastro posicionado.

Figura 13.1. Porto do PECEM com o sistema de tratamento de lastro em amarelo



A tubulação que liga os navios ao sistema de tratamento percorre o píer onde o navio está atracado, a ponte de acesso aos piers e mais uma distância em terra. Logo, temos que o comprimento da tubulação do sistema até o píer é:

Tabela 13.1. Comprimento da tubulação

Comprimento da tubulação	km
do sistema até a ponte de acesso aos piers	0,3169
da ponte de acesso até o início do píer	1,8021
do início do píer até a lateral do navio	0,2496
Total	2,3686

Para a tubulação que vai da caixa de mar ao píer, temos um comprimento de tubulação igual à altura entre a caixa de mar e o píer. Como essa altura varia para cada navio que atracou no porto, iremos utilizar para fim de cálculos um navio de referência, que é o que possui maior capacidade de lastro dentre os navios que aportaram no PECM em janeiro de 2010.

Tabela 13.2. Listagem de navios que atracaram no porto do PECM em janeiro de 2010

NAVIOS – ANO 2010						
PROGR	NAVIO	ATRACACAO	DESATRACACAO	Soma de WTKG	Contar de TEU	Lastro m ³
3.058	FLAMENGO	11/01/2010 04:00	11/01/2010 16:43	6.148.997	263	2.982
3.059	COPACABANA	18/01/2010 12:20	19/01/2010 02:25	6.396.140	271	14.305
3.084	MSC JAPAN	02/01/2010 03:55	02/01/2010 16:25	2.595.494	153	12.604
3.094	LIRCAY	05/01/2010 21:20	06/01/2010 10:35	2.637.474	268	12.604
3.097	LICA MAERSK	03/01/2010 00:30	03/01/2010 18:05	4.430.194	557	6.934
3.098	MSC BELEM	01/01/2010 11:35	01/01/2010 19:20	843.234	63	9.940
3.100	AMSTELBORG	02/01/2010 01:40	02/01/2010 19:30	3.570.134	1	4.706
3.103	MSC NATAL	08/01/2010 01:15	08/01/2010 12:40	1.789.624	178	9.940
3.104	MSC KOREA	09/01/2010 05:25	09/01/2010 16:14	2.739.244	173	12.604
3.105	CSAV LONCOMILLA	02/01/2010 21:35	03/01/2010 07:33	1.787.594	161	9.407
3.106	BARBET ARROW	14/01/2010 14:20	16/01/2010 13:22	10.079.285	1	2.356
3.107	CARRARA CASTLE	08/01/2010 09:05	14/01/2010 13:40	27.022.350	5	2.356
3.108	MARION GREEN	03/01/2010 07:50	06/01/2010 12:50	15.103.497	3	5.554
3.109	ALIANÇA MANAUS	12/01/2010 08:05	12/01/2010 21:47	6.157.628	330	6.720
3.110	ALIANÇA SANTOS	11/01/2010 21:35	12/01/2010 07:28	2.002.083	185	6.720
3.111	ALIANÇA EUROPA	25/01/2010 08:48	26/01/2010 05:15	9.444.977	443	6.845
3.112	ALIANÇA MANAUS	27/01/2010 00:15	27/01/2010 13:04	3.967.429	218	6.720
3.116	CAP SAN MARCO	15/01/2010 19:30	16/01/2010 01:56	1.106.301	87	12.189
3.117	CAP PRIOR	22/01/2010 18:15	23/01/2010 04:00	1.809.066	189	10.273
3.118	CAP MORETON	29/01/2010 23:07	30/01/2010 09:25	1.260.786	193	10.833
3.120	CAP HARRISSON	13/01/2010 09:01	13/01/2010 23:05	3.127.022	338	12.475
3.121	CAP HARVEY	20/01/2010 14:54	21/01/2010 03:10	2.917.948	314	12.475
3.122	MERCOSUL MANAUS	04/01/2010 18:00	04/01/2010 21:15	271.498	16	5.541

3.123	MERCOSUL SANTOS	06/01/2010 11:00	06/01/2010 17:50	1.471.925	129	5.541
3.124	LUNA MAERSK	09/01/2010 21:55	10/01/2010 12:35	4.391.349	520	6.934
3.125	FEDERAL PENDANT	06/01/2010 13:15	08/01/2010 00:26	10.759.165	1	3.421
3.126	CMA CGM SAMBHAR	06/01/2010 18:30	07/01/2010 06:16	1.616.277	175	13.008
3.127	S.PARTNER	20/01/2010 13:20	21/01/2010 17:38	539.053	2	15.350
3.128	MERCOSUL SUAPE	11/01/2010 17:36	11/01/2010 20:31	211.779	20	5.541
3.129	LAURA MAERSK	16/01/2010 23:30	17/01/2010 09:45	3.698.648	227	6.934
3.130	MERCOSUL SANTOS	18/01/2010 07:50	18/01/2010 11:26	297.228	17	5.541
3.131	MSC ALABAMA	19/01/2010 16:00	20/01/2010 03:14	1.789.097	233	12.604
3.132	MERCOSUL MANAUS	20/01/2010 08:00	20/01/2010 14:38	3.207.136	135	5.541
3.133	MSC DAVOS	26/01/2010 05:55	26/01/2010 23:30	2.645.697	280	10.699
3.134	LEDA MAERSK	23/01/2010 23:00	24/01/2010 13:10	3.111.261	345	6.934
3.135	PERSEK	16/01/2010 14:08	18/01/2010 21:38	3.106.900	3	11.476
3.136	MSC NAIROBI	29/01/2010 06:25	29/01/2010 22:17	3.056.621	291	9.940
3.137	MSC ASTRID	30/01/2010 09:42	30/01/2010 15:35	304.989	34	10.699
3.138	GRETA	22/01/2010 16:15	26/01/2010 20:48	28.737.242	10	15.371
3.139	PAPUA	26/01/2010 20:48	30/01/2010 21:45	24.949.198	3	12.650
3.141	MERCOSUL SUAPE	28/01/2010 03:41	28/01/2010 12:20	2.081.515	91	5.541
3.142	LAUST MAERSK	30/01/2010 19:46	31/01/2010 02:55	2.474.552	153	6.934
3.144	CMA CGM AMERICA	27/01/2010 13:29	28/01/2010 00:51	2.724.175	245	13.008

Sendo assim, utilizaremos o navio Greta, que possui capacidade de lastro de 15.371 m³.

O calado dessa embarcação é de 12,508 metros. Considerando uma situação crítica de retirada de lastro do navio, determinamos a altura de 11 metros para a tubulação a partir do píer até a ligação com a embarcação.

Temos assim o comprimento total da tubulação sendo:

Tabela 13.3. Comprimento total da tubulação

Comprimento da tubulação	Km
do sistema até a ponte de acesso aos piers	0,3186
da ponte de acesso até o início do píer	1,8021
do início do pier até a lateral do navio	0,2496
da borda do pier até o navio	0,011
Total	2,3813

O diâmetro nominal da tubulação necessário para o sistema de tratamento é de 24 polegadas, Schedule 40. Pela tabelas da

norma ASME, temos que o diâmetro interno da tubulação é de 574,7 mm e a área da seção é de 2.593,7 cm².

Definidas as dimensões da tubulação, podemos calcular a perda de carga no sistema, que é dada por:

$$\Delta L = k \cdot Q^2$$

Sendo que:

$$k = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2gA^2}$$

O valor de f é retirado do Ábaco de Moody, e para tanto iremos calcular o número de Reynolds:

$$Rey = \frac{D \cdot V}{\nu}$$

onde D é o diâmetro interno da tubulação, V é a velocidade do fluido e ν é a viscosidade cinemática do fluido, que é igual a $1,188 \cdot 10^{-6}$ m²/s.

A velocidade do fluido será calculada a partir da vazão do sistema, que depende do volume de lastro a ser descarregado do navio e do tempo em que esse volume deve ser descarregado:

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}}$$

sendo o volume de lastro do navio Greta igual a 15.371 m³.

O tempo de deslastro deve ser igual ao tempo em que o navio leva para embarcar a carga, de modo que o deslastro não interfira nas operações do navio. A operação de carregamento pode variar de seis horas até quatro dias ou mais. Estipulamos então que o tempo em que o sistema deve operar é de seis horas, pois se a bomba suprir este tempo consegue suprir tempos maiores.

Temos assim que a vazão do sistema é de:

$$Q = \frac{15.371 \text{ m}^3}{6 \text{ horas}}$$

$$Q_{\text{sistema}} = 2.561,833 \text{ m}^3/\text{h} = 0,712 \text{ m}^3/\text{s}$$

A velocidade do sistema é dada então por:

$$V_{sistema} = \frac{Q_{sistema}}{A} = \frac{0,712 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25937 \text{ m}^2}$$

$$V_{sistema} = 2,745 \text{ m/s}$$

Calculando Reynolds obtemos:

$$Rey = \frac{0,5747 \text{ m} \times 2,745 \text{ m/s}}{1,188 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Rey = 1,328 \times 10^6$$

Para utilizarmos o Ábaco de Moody, precisamos determinar também a relação ϵ/D (rugosidade/diâmetro), a partir do gráfico de rugosidade relativa e coeficiente de atrito para escoamento completamente turbulento, apresentado abaixo.

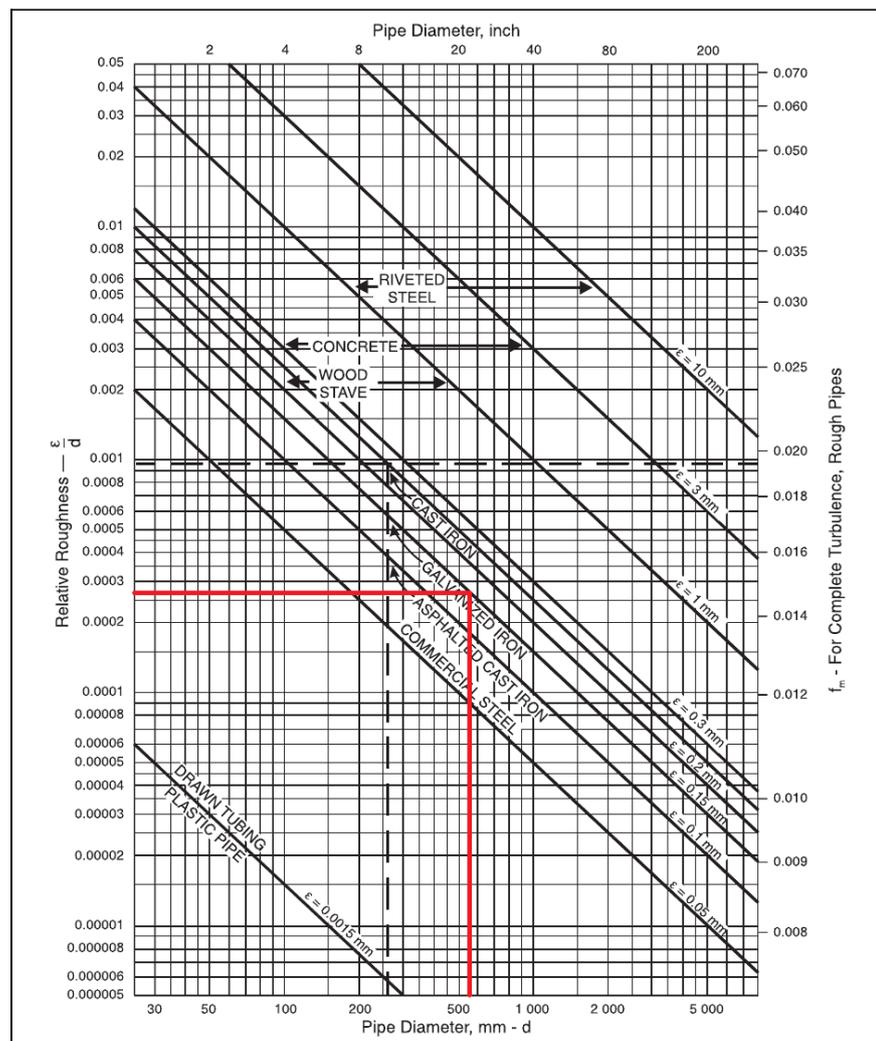


Gráfico 13.1. Determinação da rugosidade relativa em relação ao diâmetro da tubulação

Considerando o material da tubulação sendo de ferro galvanizado, pelo diâmetro da tubulação temos que:

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0,00026$$

Através desses valores, entramos no Ábaco de Moody e obtemos o valor do fator de atrito f igual a:

$$f = 0,014$$

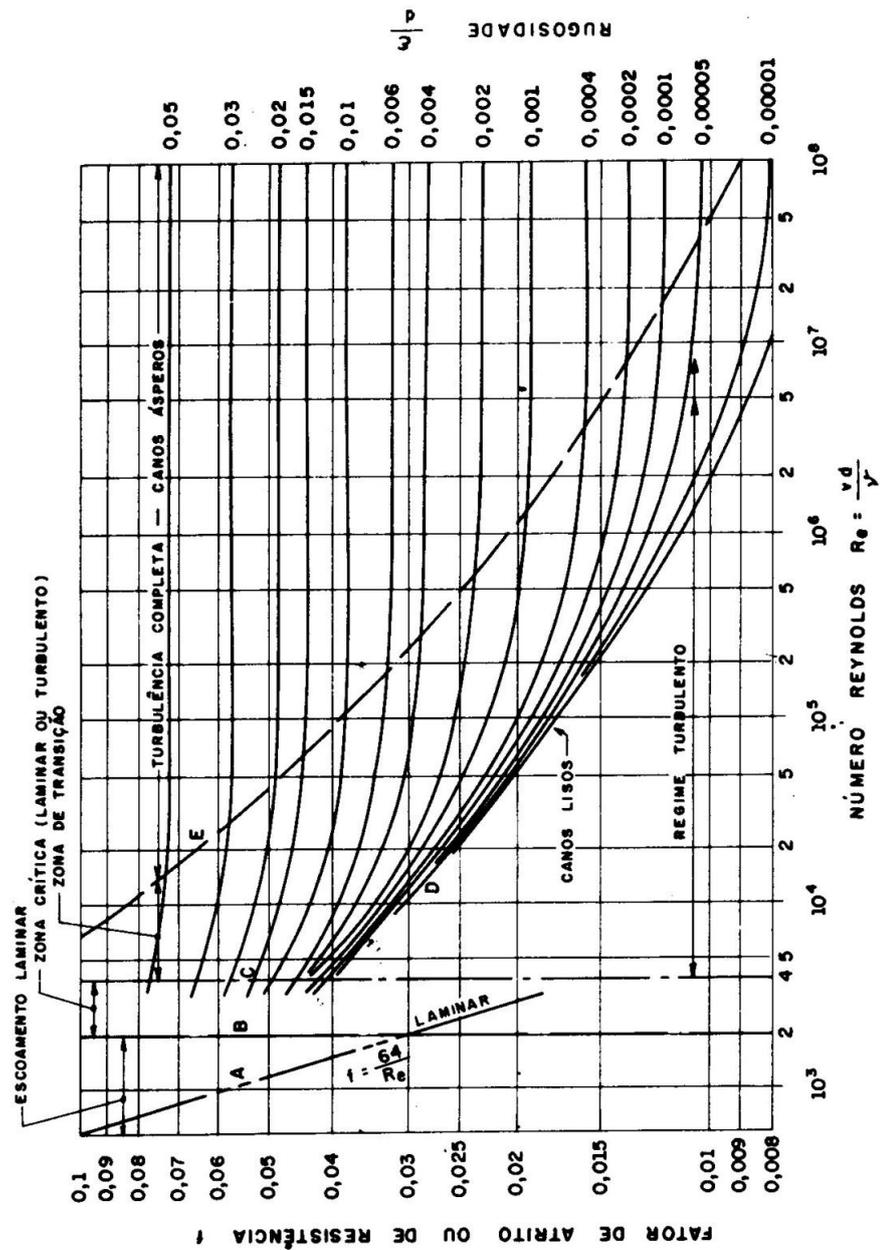


Gráfico 13.2. Ábaco de Moody

Calculamos então o fator k e a perda de carga:

$$k = 0,014 \times \frac{2381,3}{0,5747} \times \frac{1}{2 \times 9,81 \times (0,25937)^2}$$

$$k = 43,95$$

$$\Delta L = 43,95 \times (0,712)^2$$

$$\Delta L = 22,28 \text{ m}$$

A carga do sistema é dada por:

$$\Delta H = \frac{p_{\text{tanque}} - p_{\text{navio}}}{\gamma} + (z_{\text{tanque}} - z_{\text{navio}}) + \frac{V_{\text{tanque}} - V_{\text{navio}}}{2g} + \Delta L$$

$$\Delta H = \frac{\Delta p}{\gamma} + \Delta z + \frac{\Delta V}{2g} + \Delta L$$

Como a pressão no tanque de lastro do navio e no tanque do sistema de tratamento é igual à pressão atmosférica, esse termo se anula. A diferença de velocidades também se anula, pois a velocidade com que o nível da água desce conforme o tanque de lastro do navio é esvaziado assim como a velocidade com que o nível da água do tanque do sistema de tratamento sobe é tão pequena que pode ser desprezível com relação às outras ordens de grandeza. Temos assim que:

$$\Delta H = \Delta z + \Delta L$$

Determinamos anteriormente que a altura entre a caixa de mar do navio e o píer é de 11 metros. Logo:

$$\Delta H = 11 + 22,28 = 33,28 \text{ m}$$

A partir da carga, podemos calcular a potência do sistema:

$$\text{Potência} = \frac{\gamma \cdot \Delta H \cdot Q}{\eta}$$

Considerando a eficiência do sistema $\eta = 0,7$ e a densidade da água salgada $\gamma = \rho \cdot g$, sendo $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$ e $g = 9,81 \text{ m/s}$, obtemos a potência do sistema como:

$$\text{Potência} = \frac{1025 \times 9,81 \times 33,28 \times 0,712}{0,7} = 340,380 \text{ kW}$$

$$Potência = 0,340 \text{ MW}$$

14. Escolha das bombas e posicionamento

Como foi apresentado anteriormente, o sistema de tratamento de água de lastro idealizado deve possuir vazão, carga e potência como apresentado abaixo:

$$Q = 2.561,833 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta H = 33,28 \text{ m}$$

$$Potência = 0,340 \text{ MW}$$

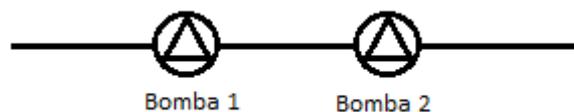
Iremos então determinar bombas que atendam a esses critérios e a melhor disposição delas no sistema, de modo que elas venham a cavitarem o mínimo possível ou não cavitem.

14.1. Disposição das bombas

Como temos que a vazão e a carga do sistema são altas, teremos que utilizar mais de uma bomba no sistema. Podemos então associá-las da seguinte forma:

14.1.1. Bombas em série

Figura 14.1. Exemplo de associação em série



Na associação em série, temos que as vazões das bombas são iguais, enquanto as cargas de cada uma se somam para resultar na carga total.

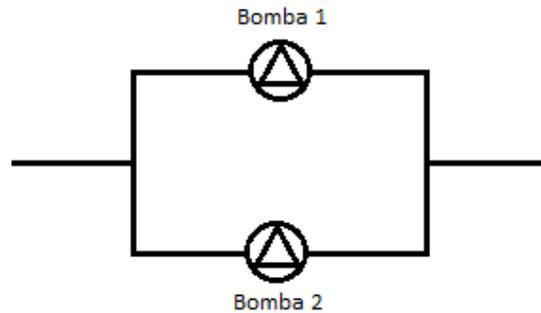
$$H_{bomba\ total} = H_{bomba\ 1} + H_{bomba\ 2}$$

$$Q_{bomba\ 1} = Q_{bomba\ 2}$$

Para utilizarmos essa associação, teremos de considerar bombas que possuam altas vazões.

14.1.2. Bombas em paralelo

Figura 14.2. Exemplo de associação em paralelo



Na associação em paralelo, temos que as vazões das bombas se somam para gerar a vazão resultante do sistema, enquanto as cargas são iguais.

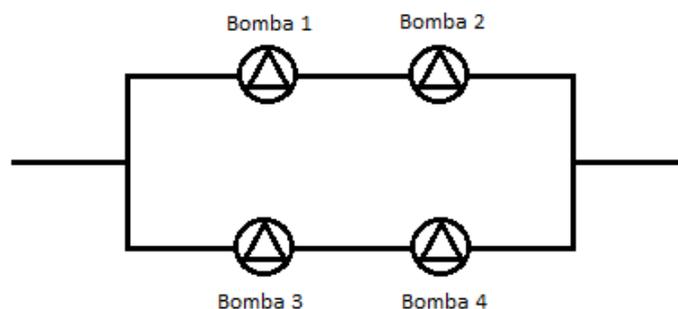
$$H_{bomba\ 1} = H_{bomba\ 2}$$

$$Q_{total} = Q_{bomba\ 1} + Q_{bomba\ 2}$$

Para utilização dessa associação, as bombas necessitam ter uma alta carga para atender ao sistema.

14.1.3. Bombas em série e paralelo

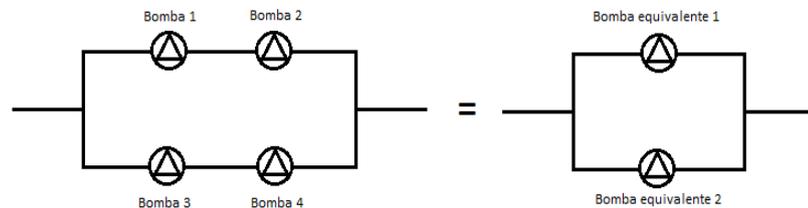
Figura 14.3. Exemplo de associação em série e paralelo



Nessa associação, temos que as bombas que se encontram em série somam suas cargas (no exemplo: Bomba 1 em série com

Bomba 2, Bomba 3 em série com Bomba 4), podendo ser substituídas por uma bomba equivalente que possui a mesma vazão e a soma das cargas das bombas em série, como mostrado na figura abaixo.

Figura 14.4. Bombas em série representadas por bombas equivalentes



Essas bombas equivalentes estão em paralelo e têm, então, sua carga somada.

14.2. Posicionamento das bombas

Para determinarmos a posição das bombas no porto, temos de considerar a cavitação que ocorre, pois uma bomba trabalhando em cavitação sofre maior desgaste e tem as pás de seu impelidor danificadas. Logo, precisamos determinar uma posição em que a bomba não sofra cavitação.

Iremos começar nossa análise de cavitação considerando a altura da tubulação que vai desde a caixa de mar até o píer. Essa altura é de 11 metros, como visto anteriormente.

Temos que a pressão dentro do tanque de lastro e da tubulação sem a bomba em operação é a pressão atmosférica. Logo, a altura da coluna de água máxima nessas condições de pressão é de 10,33 m.c.a.

Ao se instalar uma bomba perto da altura da caixa de mar do navio, ou seja, uma bomba submersa na parte inferior da tubulação, é possível fazer com que a água suba os 11 metros de altura pelo aumento da pressão. Porém essa configuração não é possível, pois a instalação de uma bomba submersa seria muito complicada.

A outra opção seria instalar uma bomba no topo da tubulação, no píer. Porém essa configuração faz com que a bomba sofra

cavitação, pois a pressão dentro da tubulação diminui até a pressão de saturação.

Para tornar essa opção viável, consideramos que a bomba de lastro da embarcação irá funcionar em série com as bombas que serão instaladas no píer. A bomba de lastro irá proporcionar maior pressão para o fluido ser capaz de subir os 11 metros de tubulação e chegar até as bombas de lastro sem cavitatar.

Para ter certeza, iremos calcular o NPSH disponível da bomba:

$$NPSH_{disponível} = \frac{p_{tanque} - p_{saturação}}{\gamma} + (z_{flange} - z_{navio}) + \Delta L_{tanque}^{flange}$$

Sendo $\Delta L_{tanque}^{flange}$ a perda de carga da tubulação da caixa de mar até o flange da bomba no topo do píer.

Temos então que a perda de carga da tubulação é calculada conforme demonstrado no capítulo 13, porém para o comprimento da tubulação entre a caixa de mar do navio até o flange da bomba:

$$k = 0,014 \times \frac{11}{0,5747} \times \frac{1}{2 \times 9,81 \times (0,25937)^2}$$

$$k = 0,203$$

$$\Delta L = 0,203 \times (0,712)^2$$

$$\Delta L_{tanque}^{flange} = 0,103 \text{ m}$$

E o NPSH disponível é de:

$$NPSH_{disponível} = (11 - 0) + 0,103$$

$$NPSH_{disponível} = 11,103 \text{ m.c.a}$$

Aplicando o fator de segurança de 0,6 m.c.a temos:

$$NPSH_{disponível} = 10,503 \text{ m.c.a}$$

Como a altura da coluna de água consegue alcançar 10,33 metros, podemos considerar que a diferença de 0,173 metros seja superada pelo funcionamento da bomba de lastro do navio em série com a bomba do sistema. Sendo assim, as bombas não sofrerão cavitação.

Iremos então fazer a associação de bombas que satisfaça esse sistema.

14.3. Associação de bombas utilizada para o sistema

Na pesquisa feita, não foram encontradas bombas que possuísem altos valores de vazão que satisfizessem os valores requeridos pelo nosso sistema. Logo, optamos por utilizar uma associação em paralelo, utilizando bombas iguais em todo o sistema.

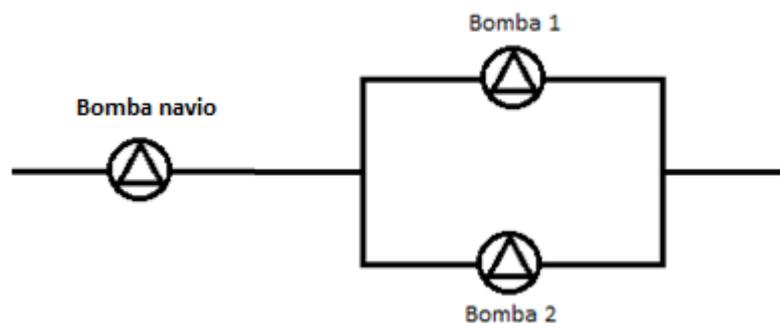
A bomba escolhida para o sistema foi uma bomba centrífuga da ITT Gould Pumps, cujas características encontram-se no Anexo, com vazão de $1.817 \text{ m}^3/\text{h}$ e carga de 174 m . Logo, fazendo um arranjo de duas bombas em paralelo, temos que:

Bombas em série: $\Delta H = 174 \text{ m}$ - satisfaz a carga;

Bombas em paralelo: $Q = 1817 + 1817 = 3634 \text{ m}^3/\text{h}$ - satisfaz a vazão.

Assim, o arranjo ilustrado a seguir foi o escolhido para nosso sistema.

Figura 14.5. Esquema de bombas do sistema no porto



As bombas seriam arranjadas dentro de uma casa de bombas, que seria criada no píer do porto.

Sendo assim, temos que o nosso sistema é satisfeito para um sistema com a bomba do navio em série com duas bombas em paralelo no píer, que alcançam a vazão e carga requerida para o sistema.

15. Conclusão

O estudo do uso água de lastro para manter a estabilidade e equilíbrio dos navios revelou que essa prática vem degradando os ecossistemas mundiais, com o transporte de microorganismos nos tanques e o despejo destes em regiões onde se tornam espécies predadoras e causando um desequilíbrio ecológico.

Esse estudo nos motivou a planejar um sistema de tratamento que pudesse ser utilizado por qualquer navio em um porto, evitando assim a modificação do projeto do navio para implantação desse sistema na praça de máquinas.

A partir de um exemplo de navio e porto, foi elaborado um sistema que é capaz de retirar a água de lastro do navio, enviar através de uma tubulação até tanques de armazenamento de água no porto e tratar essa água, armazenando-a em outro tanque para que possa ser reposta em navios que sejam lastrados em operações de descarga sem a necessidade de captar água do mar, ou seja, o navio já recebe a água de lastro tratada.

Foi provado, dessa forma, que a construção desse sistema é possível, tornando-se uma alternativa de projeto para o tratamento da água de lastro dos navios.

16. Anexo – Catálogo da bomba selecionada para o porto



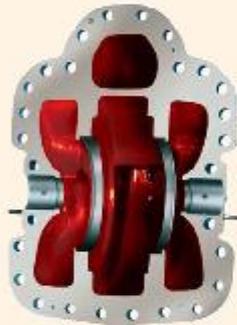
Goulds Pumps

Goulds 3410 Small Capacity Double Suction Pumps



Engineered for life

Goulds 3410



Goulds 3410

Double Suction Pumps Designed for a Wide Range of Industrial, Municipal, and Marine Services.

- ◆ Capacities to 8,000 GPM (1817 m³/h)
- ◆ Heads to 570 feet (174 m)
- ◆ Temperatures to 350° F (177° C)
- ◆ Pressures to 250 PSIG (1724 kPa)

Design Features

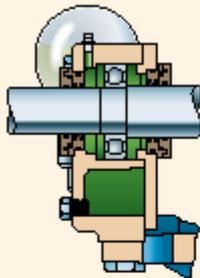
- ◆ **Double Suction/Dual Volute** Design assures axial and radial balance for long life, low maintenance.
- ◆ **Horizontally Split Casing** Suction and discharge nozzles in lower half casing for ease of inspection/maintenance.
- ◆ **Wear Rings** Easily replaceable wear rings protect against impeller, casing wear.
- ◆ **Sealing Flexibility** Choice of packing or wide range of mechanical seals.
- ◆ **Maximum Parts Interchangeability** Entire line uses just four rotating assemblies (exclusive of impellers and wear rings).

Services

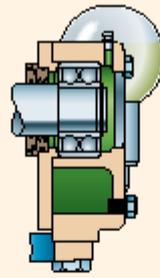
- ◆ **Process** Quench water, stripper bottoms, reboiler circulation, cooling tower
- ◆ **Pulp & Paper** Primary and secondary cleaner, filtrate, mill water supply shower, fan pump
- ◆ **Primary Metals** Cooling water, quench and leaching
- ◆ **Municipal** High lift, low lift, wash water, waste water, raw water
- ◆ **Utilities** Cooling tower, component cooling, service water
- ◆ **Marine** Bilge and ballast, cargo, cooling water, fire pump

Other Features/Application Flexibility

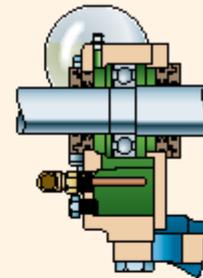
Optional Oil Lubrication field convertible with no remachining required.



Oil Lubricated
Coupling End Bearings



Oil Lubricated
Thrust End Bearings

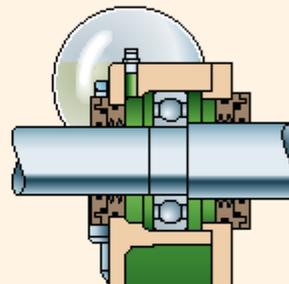


Water Cooled
Bearings

Bearing Protection

**Inpro VBX Labyrinth Seals
Supplied As Standard**

VBX seals are ideal for eliminating contaminants and providing long life with no shaft wear or heat generation.

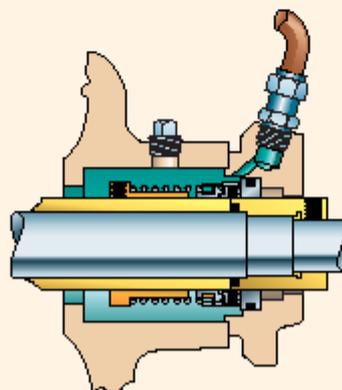


Inpro VBX Labyrinth Oil Seals

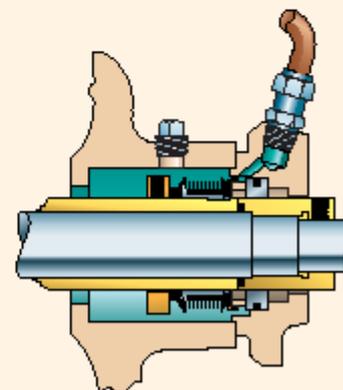
Optional Mechanical Seals

A wide variety of mechanical seals (including cartridge and split type) are readily available for maximum sealing flexibility.

Factory installed mechanical seals feature enlarged stuffing box bores for improved seal lubrication and cooling; extended seal life.



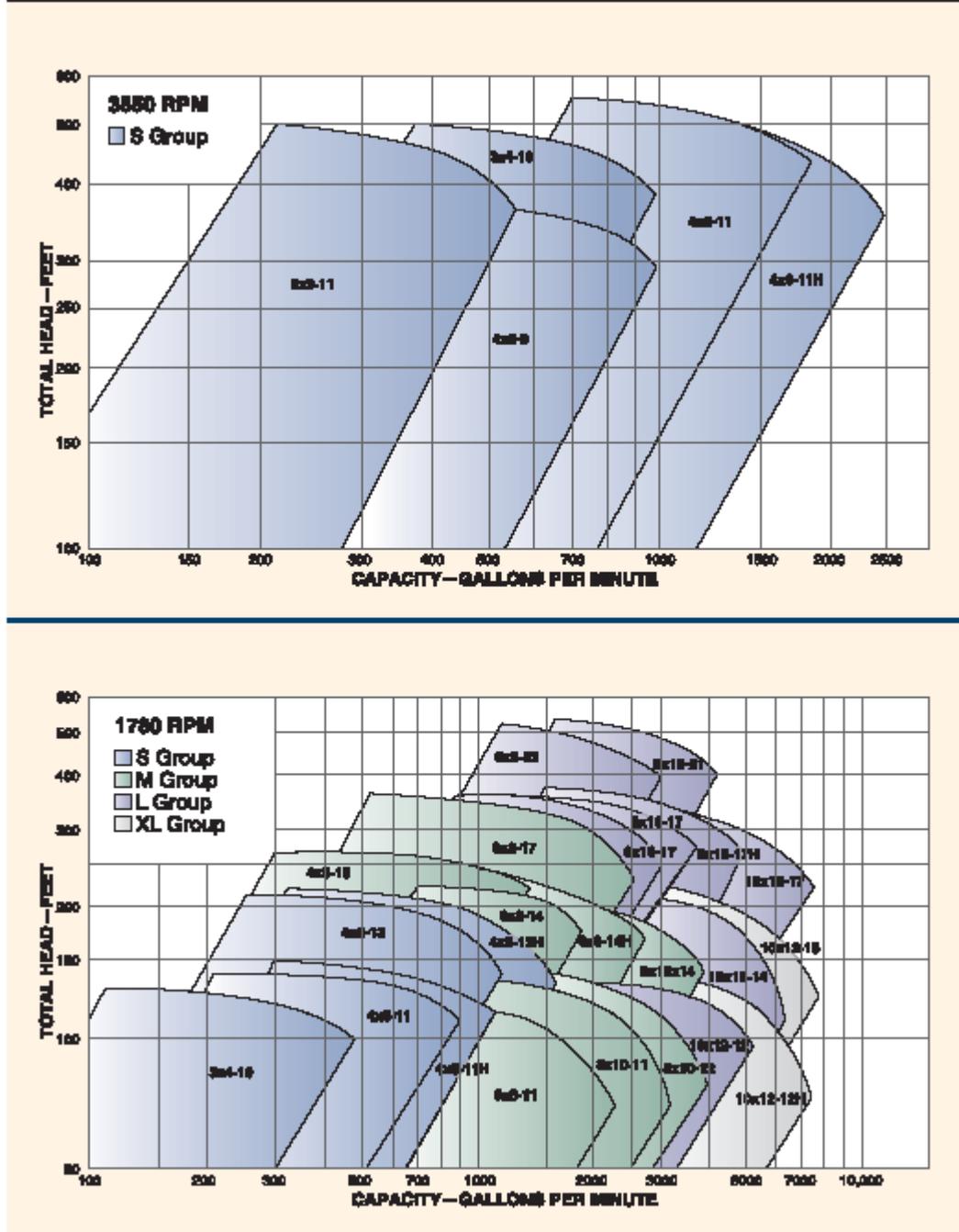
Single Unbalanced Seal



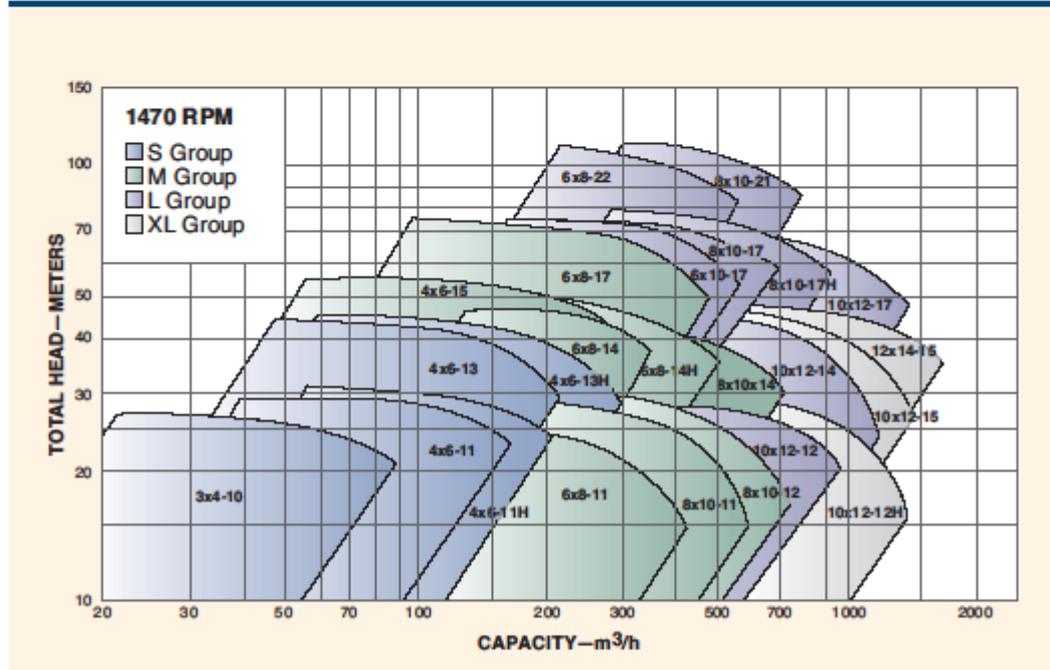
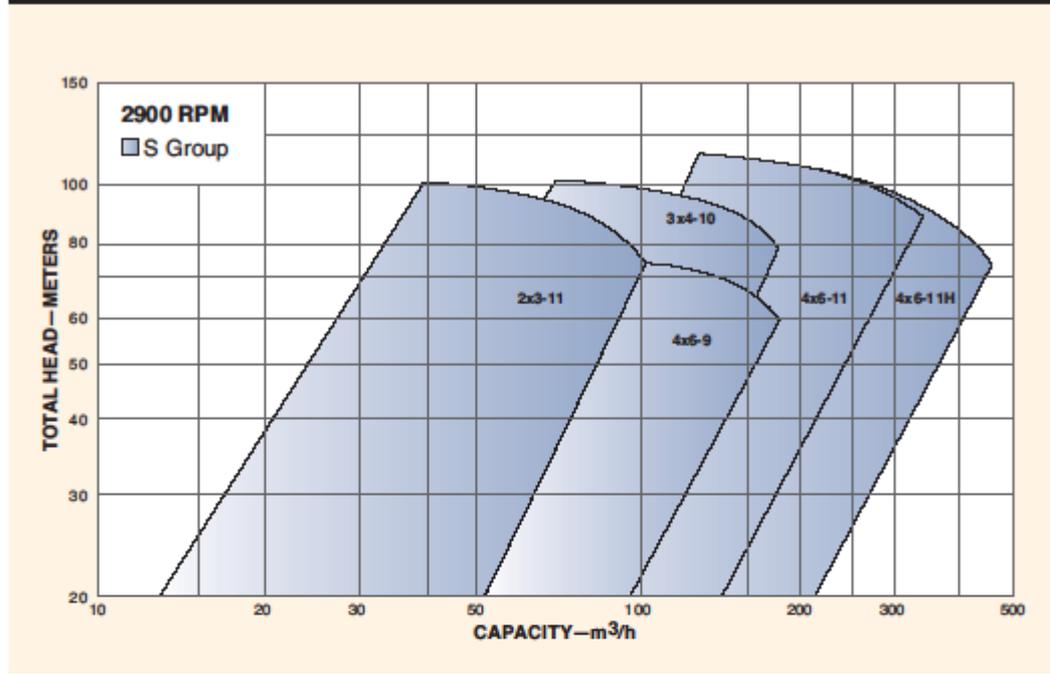
Single Balanced Seal

Goulds 3410

Hydraulic Coverage 60Hz



Hydraulic Coverage 50Hz



Goulds 3410

Parts List and Materials of Construction

Item No.	No Req'd Per Pump	Part Name	Material		
			Bronze Fitted	316 SS Fitted	All 316 SS
100	1 Upper 1 Lower	Casing	1003	1003	1203
101	1	Impeller	1179	1203	1203
102	2	Seal Flush Tubing (Optional, Not Illustrated)	Brass	Steel	316 SS
103	2	Wear Ring, Casing	1618	1071	
105	2	Lantern Ring	Glass-Filled Teflon		
106	1 set	Stuffing Box Packing	Square Non-Asbestos (Die-Formed S & M Groups)		
107	2	Stuffing Box Gland	1203		
109	2	Bearing End Cover	1000		
109A	1	Bearing End Cover, Thrust	Steel		
112	1	Ball Bearing, Outboard	Steel		
113	2	Grease Fitting	Steel		
113A	2	Breather (Optional Oil Lubrication Only)	Steel		
122	1	Shaft	2238*		
124	2	Sleeve Nut (M, L, and XL Groups Only)	1618	2445	
125	2	Stuffing Box Bushing	316		
126	2	Shaft Sleeve (Optional on S Group)	1618	1203	
134	2	Bearing Housing	1000		
142	2	Wear Ring, Impeller (Not Illustrated)	1179	1203	
168	1	Ball Bearing, Inboard	Steel		
178	1	Impeller Key	AISI 1018**		
251	2	Sight Oiler (Optional Oil Lubrication Only)	White Metal and Glass		
320	6	Retaining Set Screw, Impeller Wear Ring (Not Illustrated)	303 SS		
332	1	Labyrinth Seal, Outboard (Inpro VBK)	Bronze/Viton		
333	2	Labyrinth Seal, Inboard (Inpro VBK)	Bronze/Viton		
351	1	Casing Gasket, Parting (Not Illustrated)	1/32" Non-Asbestos		
353	4	Gland Studs	316 SS		
355	4	Hex Nuts	304 SS		
360	2	Gasket, End Cover to Bearing Housing	Kraft Paper		
361	1	Retaining Ring, Thrust Bearing	Steel		
361 H	2	Retaining Ring, Impeller (S Group Only)	Steel	Stainless Steel	
371 C	8	Hex Cap Screw	Steel		
372 U	4	Hex Cap Screw	Steel		
428	2	Gasket, Sleeve to Impeller (M, L, and XL Groups Only)	1/32" Non-Asbestos		
443T	1	Bearing Spacer (L & XL Groups Only)	Steel		
445A	2	Anti-Rotation Pin, Case Wear Ring	AISI 420	AISI 316	
497	2	O-ring, Sleeve Nut	Buna Rubber		

*S Group AISI 420 (Bronze Fitted Constructions), AISI 316 (316 SS Fitted & All 316 SS Constructions) **S Group AISI 303

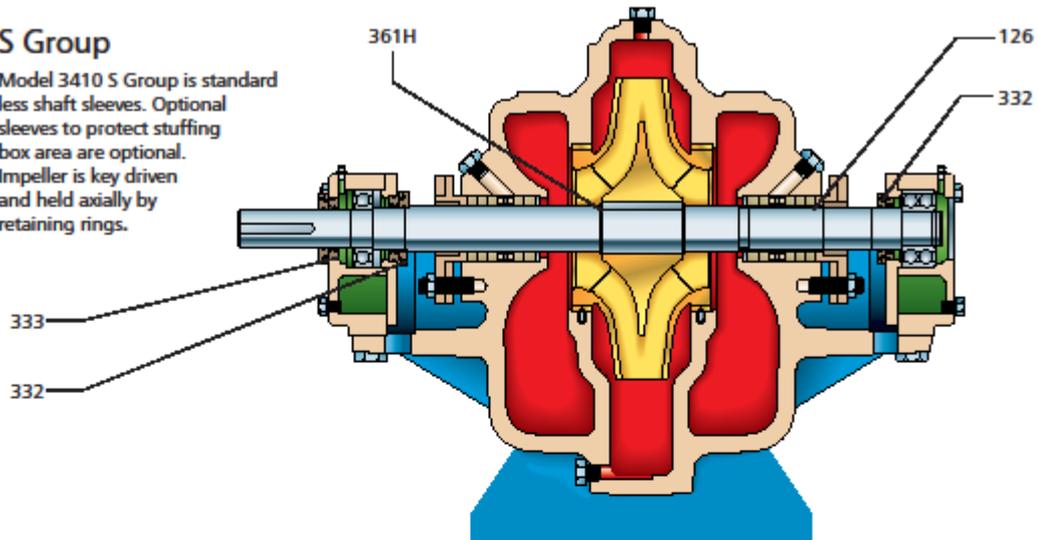
Materials of Construction

Code	Specification
1000	Cast Iron—ASTM A48 Class 25B
1003	Cast Iron—ASTM A48 Class 30B
1071	Nitronic 60—ASTM A743 Grade CF10SMnN
1179	Bronze—ASTM B584 Alloy C87600
1203	Stainless Steel—ASTM A743 Grade CF8M
1618	Bronze—ASTM B584 Alloy C80500
2238	Steel—ASTM A322 Grade 4140
2445	Nitronic 60—ASTM A276 Grade CF10SMnN
AISI 304	Stainless Steel—ASTM A276 Type 304
AISI 1018	Steel—ASTM A108 Grade 1018—B1112
AISI 420	Stainless Steel—ASTM A276 Type 420

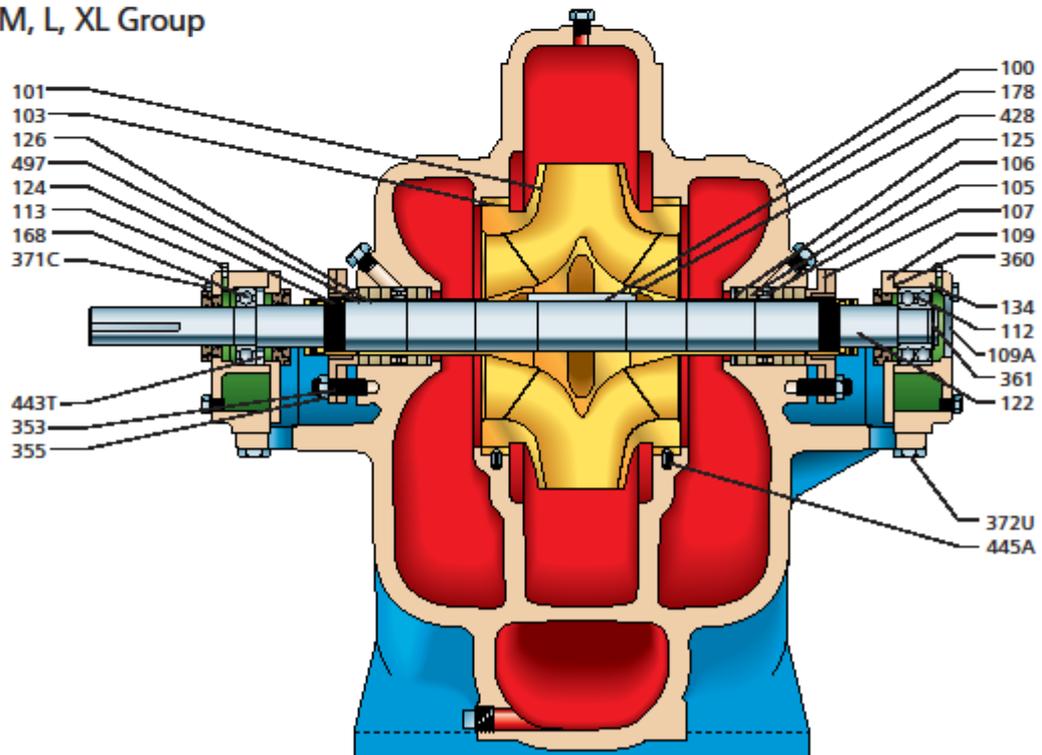
Sectional View 3410

S Group

Model 3410 S Group is standard less shaft sleeves. Optional sleeves to protect stuffing box area are optional. Impeller is key driven and held axially by retaining rings.

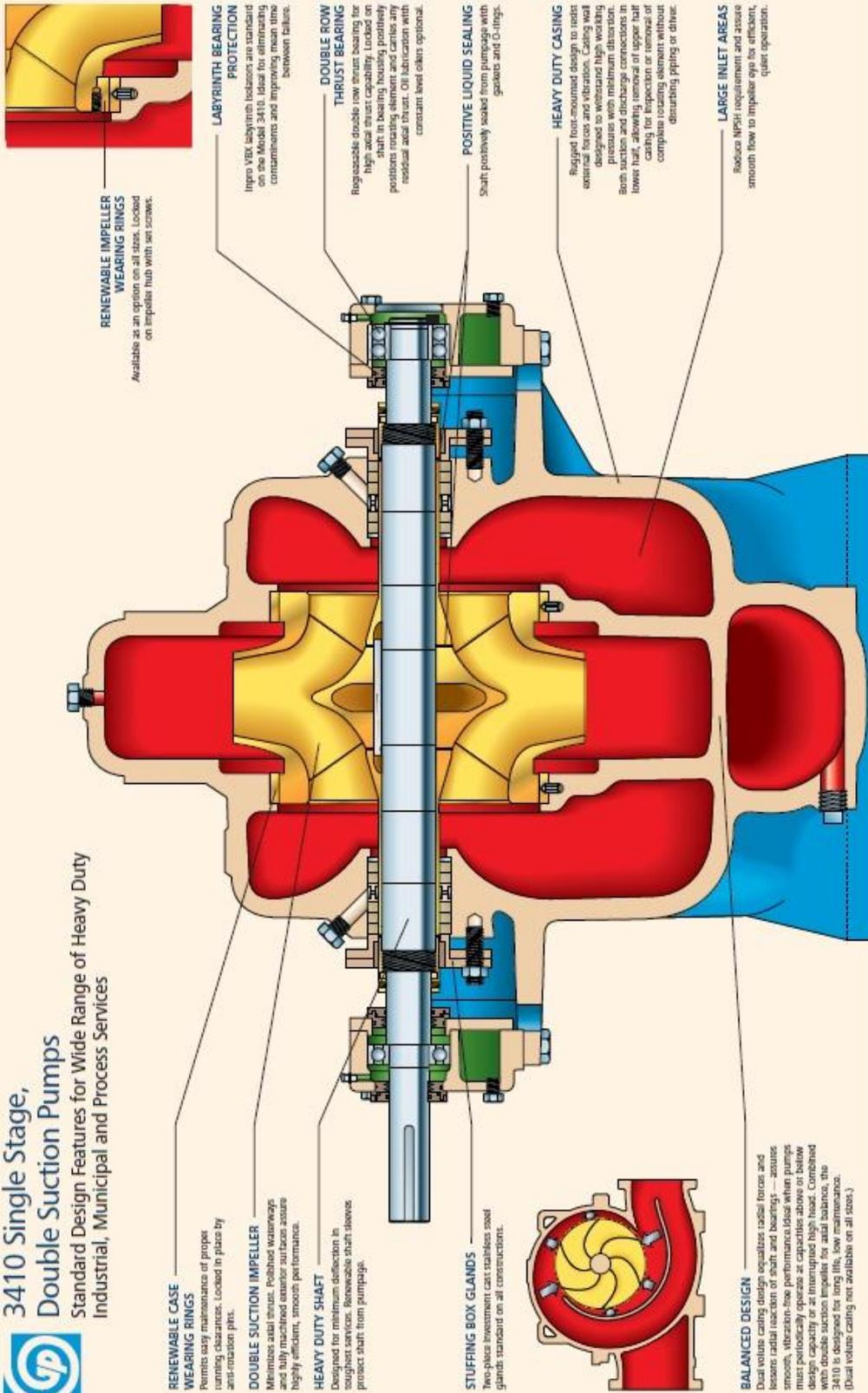


M, L, XL Group



3410 Single Stage, Double Suction Pumps

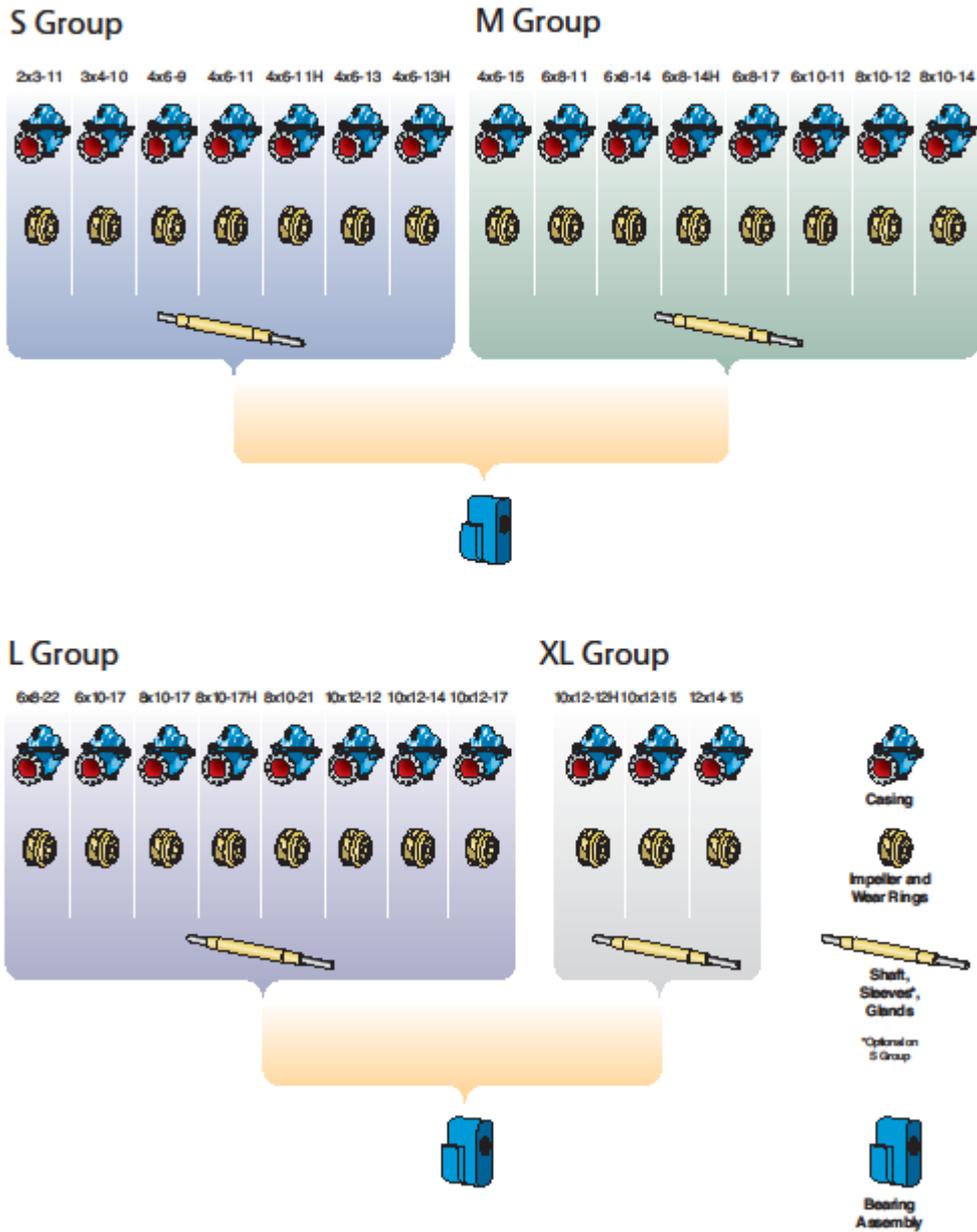
Standard Design Features for Wide Range of Heavy Duty Industrial, Municipal and Process Services



Goulds 3410

Maximum Interchangeability

Entire 3410 Product Line Utilizes Just Four Shafts And Two Bearing Assemblies



Goolds 3410

Construction Details All dimensions in inches and (mm), weights in Lbs. and (kg).

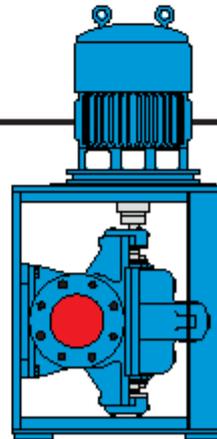
	GROUP S								GROUP M								GROUP L								GROUP XL			
	303-11	304-10	400-9	400-11*	400-11-1*	400-13	400-13H	400-15	600-11	600-14	600-14H	600-17	801-11	801-12	801-14	600-22	801-17	801-17**	801-17H**	801-24**	10x12-10**	10x12-14**	10x12-17**	10x12-18**	10x12-18**	12x14-10**		
PUMP	Weight, Bronze Flint Stone Pump	330 (150)	333 (151)	334 (152)	410 (186)	410 (186)	430 (205)	472 (215)	637 (290)	602 (275)	665 (302)	665 (302)	886 (402)	737 (332)	866 (390)	906 (413)	1406 (630)	1015 (461)	1286 (582)	1306 (594)	1520 (691)	1220 (550)	1410 (641)	1700 (777)	2160 (982)	1700 (782)	2500 (1136)	
	Weight, Upper Half Casting	63 (29)	66 (30)	59 (27)	84 (38)	84 (38)	88 (40)	88 (40)	143 (65)	150 (68)	139 (63)	139 (63)	200 (91)	151 (68)	180 (82)	235 (107)	320 (145)	210 (95)	254 (115)	254 (115)	371 (169)	286 (130)	305 (139)	388 (175)	403 (224)	360 (163)	606 (275)	
	Weight, BF Rot. Element	70 (32)	63 (29)	62 (28)	75 (34)	75 (34)	80 (36)	104 (47)	132 (60)	104 (47)	100 (45)	100 (45)	180 (82)	113 (51)	111 (50)	135 (61)	250 (112)	228 (104)	344 (156)	264 (120)	270 (123)	178 (81)	210 (95)	250 (114)	218 (114)	250 (114)	282 (128)	
	Minimum Wall Thickness	3/8 (10)	3/8 (10)	3/8 (10)	3/8 (10)	3/8 (10)	3/8 (10)	7/16 (11)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	5/8 (16)	9/16 (14)	1/2 (13)	1/2 (13)	1/2 (13)	5/16 (14)	1/2 (13)	1/2 (13)	5/8 (16)	5/8 (16)	5/8 (16)	5/8 (16)	
	Max. Dia. External Sockets	5/16 (8)	5/16 (8)	1/2 (13)	5/8 (16)	5/8 (16)	3/8 (10)	7/16 (11)	13/16 (21)	15/16 (21)	1-1/16 (27)	9/16 (24)	3/4 (20)	1-1/8 (30)	-1/16 (27)	5/8 (16)	5/8 (16)	1-3/16 (27)	1-1/16 (27)	1-1/16 (27)	1-3/16 (34)	1-3/16 (34)	1-3/4 (32)	1-3/4 (32)	1-1/8 (29)	1-3/8 (36)	1-1/2 (38)	
	Casting Gal. (L)	1.7 (6.4)	3.8 (14.2)	3.2 (12.1)	5.8 (22.0)	5.8 (22.0)	8.2 (31.5)	6.2 (23.5)	9.9 (37.5)	10.0 (37.5)	12.0 (45.4)	12.0 (45.4)	17.3 (65.5)	14.0 (53.0)	17.3 (65.5)	28.5 (107.5)	20.5 (75.5)	18.0 (66.1)	23.4 (88.6)	23.4 (88.6)	32.5 (122)	33.0 (120)	26.8 (97)	40.2 (152)	48.5 (176)	66.7 (240)		
STUFFING BOX	Stuffing Box Size	2-1/2 (64)								3-7/8 (73)								3-3/4 (92)								4 (102)		
	Stuffing Box Depth to Backing	2-5/8 (67)								3-5/8 (92)								3-5/8 (92)								3-5/8 (92)		
	Packing Size	3/8 x 3/8 (10 x 10)								3/8 x 3/8 (10 x 10)								1/2 x 1/2 (13 x 13)								1/2 x 1/2 (13 x 13)		
	No. of Packing Rings	5								5								5								5		
	Width of Lambert Ring	5/8 (16)								5/8 (16)								7/8 (22)								1 (25)		
SHAFT AND BEARINGS	Dia. of Shaft in Impeller	1-13/16 (46)								1-13/16 (46)								2-9/16 (60)								2-13/16 (71)		
	Dia. of Shaft in Sleeve	(w/ Optional Sleeve) 1-1/2 (38)								1-7/8 (48)								2-1/2 (65)								2-3/4 (70)		
	Dia. of Shaft in Coupling	1-3/8 (35)								1-3/8 (35)								2-1/8 (54)								2-1/8 (54)		
	Ø D. of Shaft Sleeve	(w/ Optional Sleeve) 1-3/4 (45)								2-1/8 (54)								2-3/4 (70)								3 (76)		
	Bearing Size	25-18 (611)								24-12 (602)								25-7/8 (798)								21-5/16 (802)		
	Bearing Coupling End	6207								6207								6211								6211		
	Bearing Thrust End	5306								5306								5300								5300		
	Max. SHP per 100 RPM	9.72 (7.25 kW)								9.72 (7.25 kW)								35.87 (26.76 kW)								35.87 (26.76 kW)		
GENERAL	Max. Allow. Curd. Press.	75 PSIG (527 kPa)																										
	Parting Groove Thickness	1/32 (8)																										
	Max. Liquid Temp w/o cooling	250°F (121°C)																										
	Max. Liquid Temp w/cooling	350°F (177°C)																										

NOTES:
 † Dimensions shown are for packed box only.
 * O. D. of shaft through stuffing box is 1-3/4 in. in standard S Group stainless construction.
 ** Dual Volute Casings

Vertical Versatility

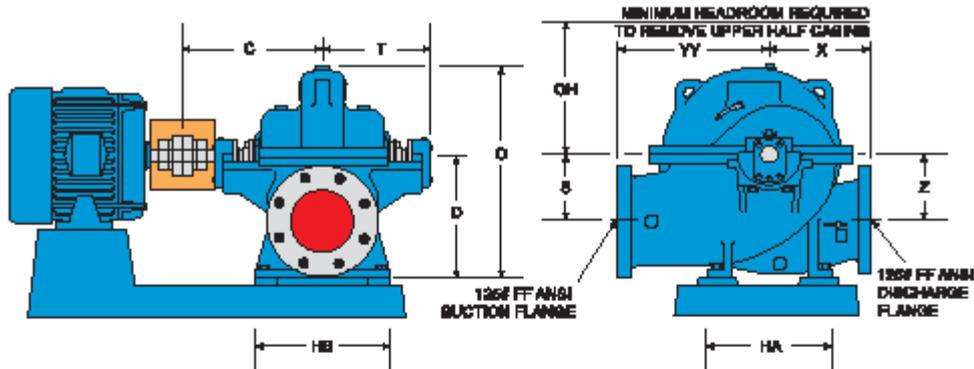
Goolds Model 3410 is available in a vertical configuration (3410 V). This arrangement is ideal for applications with limited space such as shipboard service. A rugged fabricated steel frame supports the pump and driver, providing a machined fit for positive alignment when using standard P-base or C-Face motors.

Model 3410 V



Goulds 3410

Dimensions



DIMENSIONS DETERMINED BY PUMP												
Frame Group	Pump Size	C	T	D	O	OH	S & Z	X	YY	HA	HB	Wt. Lbs (kg)
S	2x3-11	14.62 (371)	11.76 (299)	11.50 (292)	18.38 (467)	12.38 (314)	7.25 (184)	7.50 (190)	9.00 (229)	12.00 (305)	12.50 (318)	330 (150)
	3x4-10				18.91 (480)	12.75 (324)	7.00 (178)	9.00 (229)	10.50 (267)			333 (151)
	4x6-9				17.88 (454)	10.88 (276)	6.00 (152)	8.50 (216)	10.00 (254)			334 (152)
	4x6-11H				19.22 (488)	13.25 (336)	6.00 (152)	10.50 (267)	12.38 (314)			410 (186)
	4x6-13H				20.59 (523)	15.88 (403)	6.00 (152)	11.00 (279)	13.25 (336)			472 (215)
M	4x6-15	18.00 (457)	13.88 (353)	16.00 (406)	25.88 (657)	17.38 (441)	9.50 (241)	10.00 (254)	14.50 (368)	16.00 (406)	16.75 (425)	637 (290)
	6x8-11				26.44 (672)	16.00 (406)	9.00 (229)	12.00 (305)	14.50 (368)			692 (315)
	6x8-14H				25.75 (654)	16.75 (425)	9.00 (229)	13.00 (330)	15.50 (394)			665 (302)
	6x8-17				27.88 (708)	20.62 (524)	9.00 (229)	14.25 (362)	15.75 (400)			885 (402)
	8x10-11				25.50 (648)	15.25 (391)	9.00 (229)	13.25 (336)	17.00 (432)			737 (335)
	8x10-12				27.31 (694)	17.38 (441)	8.75 (222)	13.00 (330)	19.50 (495)			858 (388)
	8x10-14				28.50 (724)	19.50 (495)	8.75 (222)	13.88 (352)	19.50 (495)			996 (453)
L	6x8-22	21.00 (533)	16.28 (414)	22.00 (559)	40.50 (1029)	22.50 (572)	13.50 (343)	20.50 (520)	22.00 (559)	22.50 (572)	18.00 (457)	1495 (680)
	6x10-17				33.88 (860)	20.62 (524)	11.00 (279)	16.50 (419)	20.00 (508)			1015 (461)
	8x10-17H				34.06 (865)	20.88 (529)	10.00 (254)	16.50 (419)	20.00 (508)			1286 (585)
	8x10-21				36.31 (922)	24.88 (632)	13.00 (330)	17.00 (432)	20.30 (521)			1520 (691)
	10x12-12				34.88 (886)	19.12 (486)	11.00 (279)	14.00 (356)	21.00 (533)			1229 (559)
	10x12-14				34.00 (864)	19.25 (489)	11.00 (279)	16.75 (426)	21.00 (533)			1410 (641)
	10x12-17				37.50 (952)	30.75 (781)	11.50 (292)	17.62 (448)	22.50 (572)			1709 (777)
XL	10x12-12 H	23.19 (589)	17.64 (448)	24.00 (610)	39.50 (1003)	21.75 (552)	13.00 (330)	15.00 (381)	22.00 (559)	22.50 (572)	27.00 (686)	2168 (985)
	10x12-15				38.00 (965)	21.50 (533)	13.00 (330)	16.00 (406)	24.00 (610)			1720 (782)
	12x14-15				36.50 (927)	21.75 (552)	13.00 (330)	18.00 (457)	25.00 (635)			2500 (1136)

All dimensions are in inches (mm) and are not to be used for construction or installation purposes. Sizes 2x3-11, and 4x6-11H, 3x4-10, 8x10-21 & 6x8-22 are furnished with 250# FF discharge flange as standard. Standard rotation is right hand (CW). Optional rotation is left hand (CCW). Steel casings will have 150# or 300# flanges.

Specifications 3410

General

Pump shall be single stage, double suction design. Materials shall be bronze-fitted, 316 stainless steel trim or all 316SS. High efficiency, heavy duty design and maintenance features shall be of primary importance as described in following specifications.

Casing

Shall be horizontally split with upper and lower halves bolted together. Flanged suction and discharge connections shall be located in lower half. Removal of upper half shall permit inspection, maintenance or removal of entire rotating element without disturbing suction or discharge piping or driver. Seats for stuffing box bushing shall be cast and bored integrally with lower half casing. Casing shall be supported by integrally cast feet. Upper half shall have taps for seal piping, priming and vents. Lower half shall have taps for gauges and draining. Casing shall have permanently fixed stainless steel nameplate.

Impeller

Shall be enclosed, double suction to provide hydraulic balance, and cast in one piece. Exterior surfaces shall be machined, interior water ways hand finished. Shall be dynamically balanced and keyed to shaft.

Wearing Rings

Case wear rings shall be supplied to maintain proper running clearance with impeller hubs and to minimize leakage between suction and discharge chambers of casing. Shall be held in position by anti-rotation pins. Impeller shall be designed to accept impeller wear rings. Impeller rings shall be held in position by axial set screws.

Shaft

Shall have as short a span as possible to minimize deflection and vibration. Shall be completely sealed by gaskets between the shaft sleeves and impeller hubs to assure shaft is completely dry during operation.

Shaft Sleeves (Except S Group)

Shall be held in position by sleeve nuts located outside the stuffing box area. Shall be key driven at the impeller end. An O-ring seal shall be provided to prevent leakage between sleeves and sleeve nuts.



Stuffing Boxes

Shall be integral with casing. Shall contain die-formed packing, split, removable lantern rings and renewable stuffing box throat bushings. Shall have tapped openings for water sealing either from casing or from outside source. Glands shall be split so it will be unnecessary to unbolt gland halves when repacking box.

Mechanical Seals

Pump shall be furnished with (single, double balanced, cartridge) mechanical seals.

Bearing Housings

Seats shall be cast and bored integrally with lower half casing to assure accurate alignment of rotating assembly without need for external adjustment.

Bearings

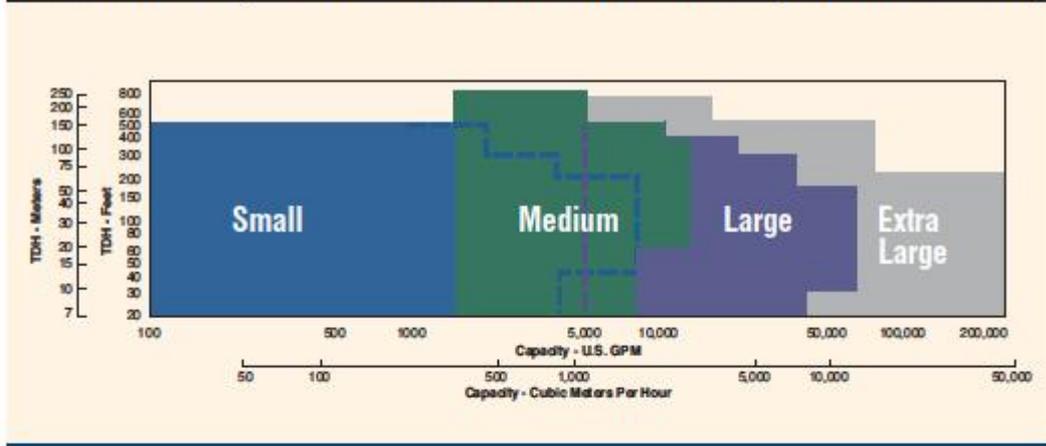
Double row ball bearing shall be provided on thrust end; single row deep groove ball bearing on coupling end. Thrust bearing shall be held in position on shaft with tapered snap ring and locked in bearing housing. Radial bearing shall be free to float axially in housing to take radial load only. Housings shall be completely sealed by Inpro VBX labyrinth seals to exclude moisture and dirt making units suitable for outdoor installation. Shall be grease lubricated with reliefs to prevent over lubrication.

Bedplate and Coupling

Bedplate shall be cast iron with drip collection chamber, tapped drain connection and opening for grouting. Flexible coupling shall be supplied.

Goulds 3410

The Most Complete Line of Double Suction Pumps In The Industry



Small Capacity

Flows to 8,000 GPM



3408

Capacities to 6,000 GPM (1363 m³/h)
Heads to 570 Ft. TDH (174 m)
Temperatures to 250° F (120° C)
Working Press. to 400 PSI (2758 kPa)

3410

Capacities to 8,000 GPM (1817 m³/h)
Heads to 570 Ft. TDH (174 m)
Temperatures to 350° F (177° C)
Working Press. to 250 PSI (1724 kPa)



Medium Capacity

Flows to 12,000 GPM

3409

Capacities to 12,000 GPM (2725 m³/h)
Heads to 850 Ft. TDH (259 m)
Temperatures to 250° F (120° C)
Working Press. to 400 PSI (2758 kPa)



Large Capacity

Flows to 65,000 GPM



3420

Capacities to 65,000 GPM (14,762 m³/h)
Heads to 400 Ft. TDH (122 m)
Temperatures to 275° F (135° C)
Working Press. to 200 PSI (1379 kPa)

Extra Large Capacity

Flows to 225,000 GPM

3498

Capacities to 225,000 GPM (51,098 m³/h)
Heads to 800 Ft. TDH (244 m)
Temperatures to 275° F (135° C)
Working Press. to 250 PSI (1724 kPa)





PRO Services® Extending Equipment Life...

Product Repair (all types and brands of rotating equipment)

- Service Center Repair
- Field Service
- Parts Supply

Reliability Improvement

- Inventory Management
- Replacement/Exchange
- Turnkey Repair/Installation
- Training

Optimization of Assets

- Predictive Analysis/Condition Monitoring
 - Root Cause Failure Analysis
 - Pump & System Assessments
 - Upgrades – Mechanical & Hydraulic
 - Maintenance Management/Contract Maintenance
-
- Technical Expertise
 - Factory Trained Service Personnel
 - Quality
 - Fast Turnaround
 - Emergency Service – 24 hours/day, 7 days/week
 - ISO and Safety Certified

PROSMART

ProSmart® provides continuous machinery monitoring to identify little problems before they become big problems...like downtime.

Using wireless technology, advanced signal processing capabilities, and easy-to-deploy sensors, ProSmart offers an affordable means to monitor all of your rotating equipment anywhere in the world. By identifying and alerting you to changes in operating conditions, ProSmart increases your time to respond to either correcting the upset condition, or properly plan its repair.



Key Features Include:

- Continuous data acquisition and analysis – ProSmart collects vibration, temperature, and available process conditions every five seconds; saving you time from routine data collection.
- Automatic Notification and Accessibility – By alerting when a machine goes into distress, you are able to focus your resources on recovery activities. The ProNet web-hosted solution allows access to information anywhere in the world through a standard internet browser connection.
- Advanced diagnostic tools – More than simple overall data, ProSmart provides advanced analysis capabilities such as time-waveform, spectral, and spectral windowing.
- Easy to deploy – Using plug and play sensors, wireless connectivity, and an industrially hardened enclosure, ProSmart can be easily deployed throughout your plant, including hazardous areas.

PUMPSMART

PumpSmart® is the latest advancement in pump control and protection to reduce energy consumption, increase uptime and decrease maintenance cost. It allows the pump to be right-sized to the application by dialing in the speed and torque which increases flow economy, reduces heat and vibration, and improves overall system reliability.

- **Simplified Pump Control** – PumpSmart was designed specifically to optimize pumping applications and can be used to control a single pump or coordinate between multiple pumps without the need for an external controller.
- **Pump Protection** – PumpSmart guarantees to protect the pump from upset conditions with patented sensorless pump protection algorithms.
- **Smart Flow** – PumpSmart features a sensorless flow function for centrifugal pumps that can calculate the flow of the pump within $\pm 5\%$ of the pump rated flow.
- **Drive for the DCS** – While most VFDs can only provide basic information, PumpSmart offers unparalleled insight to the pump operation which allows for smoother process control and efficiency.
- **Pump Experts** – PumpSmart is a variable speed drive with pump-specific algorithms imbedded into the drive. With over 150 years of pump knowledge, let the pump experts take responsibility of your pump system.



Visit our Web site at www.gouldspumps.com



Form B3410 10/08

© 2008 Goulds Pumps, Incorporated
A subsidiary of ITT Corporation, Inc.

17. Referências

- Uirá Cavalcante Oliveira - The Role of the Brazilian Ports in the Improvement of the National Ballast Water Management Program According the Provisions of the International Ballast Water Convention;
- ONG Água de Lastro Brasil – A Água de Lastro e seus riscos ambientais;
- Daniele Laura Bridi Mallmann – Monografia - AVALIAÇÃO DE RISCO DE ÁGUA DE LASTRO PARA O PORTO DE RIO GRANDE E MEDIDAS SUGERIDAS PARA SUA GESTÃO;
- Julieta Salles Vianna da Silva, Flavio da Costa Fernandes, Karen Tereza Sampaio Larsen e Rosa Cristina Corrêa Luz de Souza - ÁGUA DE LASTRO;
- <http://www.syndarma.org.br/materia.php?id=58>;
- <http://portalmaritimo.com/2010/10/12/lloyds-register-lanca-diretiva-para-gerenciamento-de-agua-de-lastro/>;
- <http://zoo.bio.ufpr.br/invasores/aguadelastro.htm>;
- Germanischer Lloyd - Ballast Water Treatment Technology, A General Note;
- www.dnv.com/industry/maritime/servicessolutions/cmc/typeapproval;
- STANDARD FOR CERTIFICATION NO. 2.12 - TYPE APPROVAL OF MARINE EQUIPMENT ON BEHALF OF MARITIME AND COASTGUARD AGENCY (MCA), UK – DNV;
- ANNEX 4 RESOLUTION MEPC.174(58) - GUIDELINES FOR APPROVAL OF BALLAST WATER MANAGEMENT SYSTEMS (G8);
- http://www.skytubos.com.br/produtos_tab_ccsc16.html;
- Google Earth;
- <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>;
- O Globo Amanhã, outubro de 2012;
- <http://www.imo.org/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>;

- Notas de aula – Máquinas II, professor Alexandre Alho;
- ITTC Goulds Pumps - Goulds 3410 Small Capacity Double Suction Pumps.