

INTRODUÇÃO

Na atualidade dos dias de hoje, o DP é uma parte integrante do campo de petróleo offshore. Avanços na tecnologia e dos sistemas de referência tornam o sistema DP mais confiável e aumenta consideravelmente o tempo médio entre falhas (MTBF - *Mean Time Between Failure*). Atualmente se está perfurando em águas profundas cada vez mais longe offshore inimagináveis nos tempos do Eureka. Atualmente essas embarcações, são capazes de operar em lâminas d'água de 3650m e perfurar até uma profundidade de 12.200m. Esses avanços podem ser amplamente atribuídos à tecnologia de posicionamento dinâmico.

Quando se fala apenas em embarcações de Posicionamento Dinâmico, o assunto dá margens a várias vertentes, pois se trata de um assunto muito amplo, mas quando se comenta em embarcações DP engajadas em serviços de perfuração, restringe-se o assunto a uma classe específica de embarcação, a qual tem seus procedimentos e situações específicas, que devem ser levados em consideração, não apenas pelo simples fato de tratar-se de uma plataforma de perfuração DP, mas pelo fato do impacto que esse tipo de unidade pode causar à vida humana e ao meio ambiente marinho. Dessa forma esse trabalho divide-se em 5 capítulos com intuito de levar ao conhecimentos dos aspirantes à DPOs assuntos inerentes a esse tipo de embarcação DP.

Este trabalho mostra no seu primeiro capítulo, generalidades do sistema DP em forma de conceitos e fundamentos, mencionando também seus controladores, filtros, modelo matemático, interface com seus sensores, modos operacionais dos controladores periféricos, classificação DP, requerimentos a serem atendidos de acordo com as classificadoras e para a habilitação e treinamento dos DPOs.

No segundo capítulo, citaremos a composição e princípio de funcionamento dos sensores de referência de posicionamento e outros sensores mais utilizados em plataformas de perfuração.

No terceiro capítulo será uma breve introdução às operações de perfuração comentando suas generalidades, seus equipamentos e as etapas da perfuração propriamente dita.

No quarto capítulo será estudada a aplicação de Sondas DP nas operações de perfuração de poços offshore, mostrará o como é feito o cálculo de medição do afastamento de uma unidade DP quando conectada bem como processos para determinação do Guia Operacional Específicos do Poço (WSOG), também mencionará a cerca da desconexão de

emergência, operações críticas e critérios para determinação dos estados degradados de operação em conjunto com os alarmes DP.

No quinto capítulo serão abordados os cuidados operacionais DP que devem ser levados em consideração de forma a garantir a segurança das operações colocando em primeiro plano a segurança da tripulação, meio ambiente e por final o patrimônio. Neste capítulo será comentando acerca dos aspectos da comunicação que é essencial para a obtenção dos resultados esperados. Também comentará a respeito dos planejamentos operacionais para operações de perfuração, procedimentos para configurar a embarcação em modo DP e aproximação da locação em modo DP. Será também abordado sobre os aspectos para o planejamento de emergência e análise de falha do sistema DP, aspectos meteorológicos em termos de mudanças bruscas nas condições de tempo, como evitar e evadir situações com furacões, desenvolver e executar o plano para evitar o furacão. Será também apresentas recomendações sobre como evitar tráfego e abalroamentos, operação com embarcações de apoio marítimo, problemas com os sensores de posicionamento que podem afetar nas operações de perfuração, gerenciamento dos ângulos do riser e considerações ao posicionamento da embarcação com respeito a manter um melhor perfil para o riser. Por final, operações e situações críticas envolvendo operações e condições específicas da perfuração que podem comprometer a conservação de posicionamento DP e também como o posicionamento pode afetar tais operações ou situações específicas. Todo o planejamento, cuidados necessários durante situações adversas de tempo e o devido controle para que sejam minimizados os riscos para a tripulação, a embarcação e o meio ambiente serão ilustrados nesse último capítulo como forma de embasar este trabalho.

1 SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)

Neste capítulo discutiremos sobre as generalidades do sistema DP em forma de conceitos e fundamentos, mostrará também princípio de funcionamento de seus controladores, filtros, modelo matemático, interface do sistema DP com seus sensores e periféricos, abrangerá os modos operacionais dos controladores, classificação DP, requerimentos a serem atendidos de acordo com as classificadoras e para a abilitação e treinamento dos DPOs.

1.1 Histórico do DP

Com o passar dos anos a indústria petrolífera precisou desenvolver tecnologias cada vez mais inovadoras de modo a suprir toda demanda mundial por energia. Devido a isto, várias empresas se empenharam no aprimoramento das técnicas de extração de petróleo e gás em locais cada vez mais longínquos e difíceis. A certa altura na indústria de exploração *offshore* de petróleo vislumbraram-se duas alternativas: desenvolvimento de campos a partir de plataformas “fixas” com múltiplos poços e completação seca (jaquetas, TLP’s, *Spar Buoys*, etc); ou sistemas flutuantes de produção com poços satélites e completação submarina (SPA’s, SFP’s, UEP’s, FPSO’s, etc).

Naquela época (a partir do final da década de 70), a escolha baseava-se fundamentalmente na disponibilidade tecnológica de cada Companhia, nas condições ambientais e no fluxo de caixa (antecipação de receita) uma vez que a lâmina d’água média admitia as duas opções. A descoberta de vários campos importantes ao longo da década de 80 assinalou literalmente um divisor de águas. Em regiões rasas tal como o Mar do Norte proliferou a utilização de plataformas fixas, culminando nas *Tension Leg Platforms* de última geração. Em regiões cada vez mais profundas tais como Brasil e algumas áreas do Golfo do México, do Sudeste Asiático e da África Ocidental a alternativa mais indicada materializou-se nos sistemas flutuantes.

A perfuração e o desenvolvimento da produção em áreas com lâmina d’água superior a 800m passou a ser a principal alternativa, face ao declínio acentuado das reservas em terra. Na medida em que os “campos gigantes” iam sendo delimitados, espalhando-se na direção das profundezas abissais, e ao mesmo tempo em que o aumento da população de poços e sistemas flutuantes congestionava áreas já consolidado, mais complicado se tornava operar com sondas convencionais (navios ou semi-submersíveis ancorados).

Mesmo considerando que a tecnologia de ancoragem evoluiu bastante nos últimos 20 anos, permitindo atualmente posicionar unidades de produção ou perfuração em profundidades de quase 2000 m graças a novas técnicas tais como âncoras verticais (de sucção, estacas, etc) com cabos de poliéster (sistema *Taut leg mooring*), alguns fatores como o custo e a complexidade de projetos de ancoragem no limiar da tecnologia, a necessidade de embarcações de manuseio de grande capacidade (e, portanto, caras), o grande raio de ancoragem requerido em águas ultra-profundas com acentuada correnteza de sub-superfície (como é típico da Bacia de Campos), a elevada amplitude do “passeio natural” da Unidade nessas condições (dificultando uma série de operações), a necessidade de utilizar “*MODU*’s” de grande porte capazes de ancorar em lâmina d’água acima de 1000m (logo, com taxas diárias elevadas), além das constantes movimentações típicas de sondas com vários poços a perfurar ou completar (o que encarece as atividades, até pelo elevado “tempo não produtivo” entre locações), e nesse contexto a utilização de plataformas dotadas com sistema de posicionamento dinâmico tornou-se necessária em relação ao fator custo-benefício, inclusive por causa da versatilidade e flexibilidade operacional desse tipo de Unidade, à crescente segurança face ao aprimoramento tecnológico do “mundo DP” e a taxas diárias declinantes em termos relativos. Em 1961, o navio-sonda *Cuss 1*), nomeado pelo consórcio entre as empresas petrolíferas *Continental, Union, Shell e Superior Oil*, foi lançado com quatro hélices governáveis. Enquanto eles ainda eram controlados manualmente pelo operador, o navio fazia uso de tecnologia Radar e Sonar para determinar a posição. No México, cinco buracos foram perfurados dentro do projeto *Moho*, sendo o mais profundo de 183 m (601 pés) abaixo do fundo do mar em 3500 m (11.700 pés) de lâmina d’água, mantendo uma posição dentro de um raio de 180 metros.

Figura 0.1 – Navio-Sonda *Cuss 1*



(Fonte: <http://www.gcaptain.com/history>)

No mesmo ano, a *Shell* lançou o **Eureka**. Equipado com propulsores avante e ré capazes de permitir o giro em 360 graus, um controlador analógico e sistema básico *Taut-Wire* (conhecido como um medidor de inclinação), ela foi a primeira embarcação DP de verdade. Embora o Eureka inaugurasse uma nova era de tecnologia *offshore* era utilizado principalmente para a perfuração amostras do núcleo. Não foi até 1971 que a **SEDCO 445** entrou em cena como o propósito primeiro construído navio-sonda dinamicamente posicionado. Ela foi equipada com uma estação Mantendo *Honeywell* automática (ASK) do sistema, que foi novamente desenvolvido por *Howard Shatto*.

Podemos assim dizer que o Sistema de Posicionamento Dinâmico (DP) já percorreu um longo caminho desde a sua criação em 1961, sendo desenvolvido junto com a indústria do petróleo. Hoje suas aplicações são tão variadas que, sua tecnologia tem encontrado espaço em todos os aspectos da indústria naval. Muitos dos avanços de hoje, na exploração em águas com lâmina d'água cada vez mais profundas, não seriam possível sem ele, pois cada vez mais temos buscado perfurar longe da costa, a procura de energia vinda dos hidrocarbonetos.

Figura 0.2 – Navio-Sonda Eureka



(Fonte: <http://www.dynamic-positioning.com/history.html>)

1.2 Fundamentos e conceito

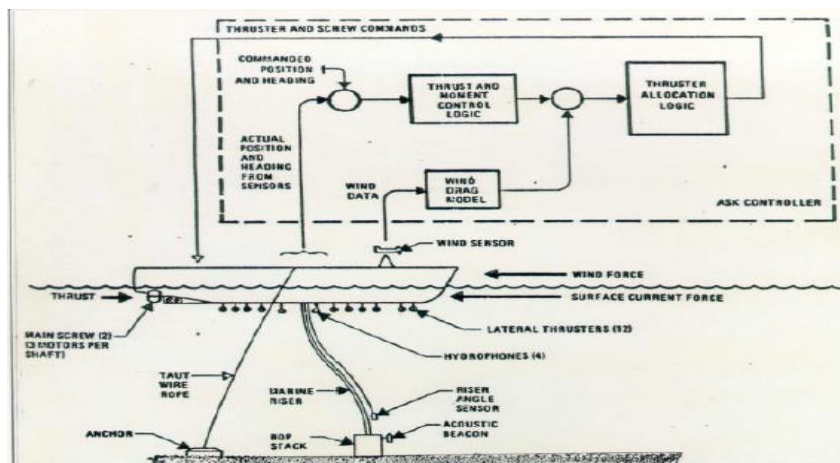
Na medida em que se expande a exploração “*offshore*” de petróleo na direção de águas cada vez mais profundas e o desenvolvimento da produção em áreas cada vez mais congestionadas, configura-se preponderante a utilização crescente de sondas de posicionamento dinâmico. Na atualidade constituem-se na opção mais segura, ágil e econômica para operações de perfuração, completação e *workover* submarinos nessas condições, enquanto não se desenvolvem plenamente métodos alternativos como “*Taut Leg Mooring*”, etc.

A tecnologia de posicionamento dinâmico é relativamente recente em termos náuticos, datando as primeiras sondas do início dos anos 70. O objetivo de um sistema DP não pode ser definido como simplesmente manter a Unidade “imóvel” sobre um ponto fixo. Na prática o que se espera é que possibilite a manutenção da posição sobre uma determinada locação, num “range” que considere certos limites operacionais aceitáveis para os sistemas envolvidos no trabalho da Unidade. Para isso o Sistema Controlador do DP atua simultaneamente de duas formas ou métodos:

- a) **Método da Posição** - Medindo o desvio da unidade em relação ao “alvo” e estimando a força necessária para restaurar essa posição.
- b) **Método da Força** - Medindo os esforços resultantes das condições oceanometeorológicas agindo sobre a Unidade e calculando a força necessária para contrabalançá-los de modo a não perder posição.

A maioria dos sistemas DP é projetada para atuar primariamente conforme o “Método da Posição”. Todo sistema, porém mantém capacidade de análise segundo o “Princípio da Força Resultante” de modo a fazer frente a mudanças bruscas de tempo ou em caso de falhas no “Input Desvio” que alimenta os Controladores.

Figura 1– Representação esquemática do Sistema DP



(Fonte: User Manual for Acoustic Riser Angle Beacon-Honeywell/1980)

1.3 Movimentos de uma unidade flutuante

As forças ambientais que agem em unidades flutuantes são o vento, a correnteza e as ondas. Os esforços resultantes da sua combinação acarretam 6 tipos de movimentos:

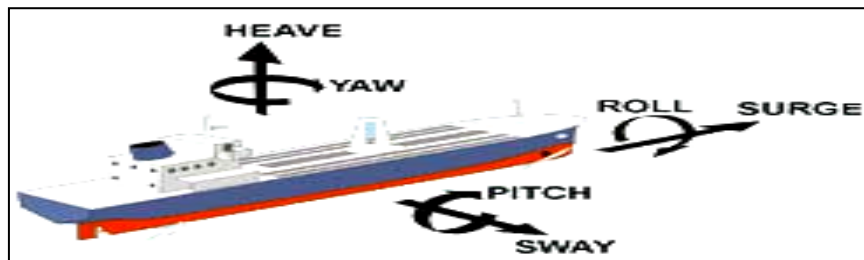
- **Translação** - *surge, sway e heave.*

- **Rotação** - *pitch, roll e yaw*.

O sistema DP controla diretamente apenas 3 deles, todos em relação ao plano horizontal: **SURGE** ou avanço (**X**); **SWAY** ou deriva (**Y**) e **YAW** ou aproamento (**N**). Entretanto, os demais movimentos são naturalmente afetados de modo secundário e também monitorados uma vez que influem em alguns tipos de sensores de referência de posição. De modo genérico, um sistema DP.

- Mede aproamento e distância em relação ao alvo pré-estabelecido.
- Avalia o desvio em termos das coordenadas X, Y e N.
- Avalia a força necessária para restabelecer a posição sobre o “alvo”, dividindo a resultante em termos de X, Y e N.
- Com base nessa avaliação, comanda o sistema de propulsão para efetuar a correção necessária.

Figura 1.1-Movimentos de Uma Unidade Flutuante



(Fonte: <http://www.km.kongsberg.com>)

1.4 O sistema de posicionamento dinâmico

O significado genérico de “Sistema de Posicionamento Dinâmico” é amplo e engloba uma série de equipamentos que interagem no sentido de possibilitar a manutenção da posição de uma embarcação ou sonda. Consideramos três grandes grupos que integram o Sistema como um todo:

1) Sistema DP Propriamente Dito: Responsável por determinar a posição atual da embarcação ou sonda; compará-la com o objetivo pré-determinado; comandar o sistema de propulsão no sentido de efetuar as correções necessárias, restabelecendo a posição. O sistema DP propriamente dito subdivide-se em 4 outros sistemas:

- Sistema de Controladores
- Sistemas de Referência de Posição
- Sistemas de Sensores

d) Sistemas de UPS's

2) Sistema de Propulsão: Responsável por contrabalançar as forças ambientais, permitindo à embarcação manter-se sobre o objetivo. Consiste de:

a) *Thrusters*

b) *Propellers*

3) Sistema de Geração e Gerenciamento de Energia: Provê a energia elétrica necessária para atuar todos os equipamentos envolvidos no posicionamento dinâmico. Consiste basicamente em:

a) Motores

b) Geradores

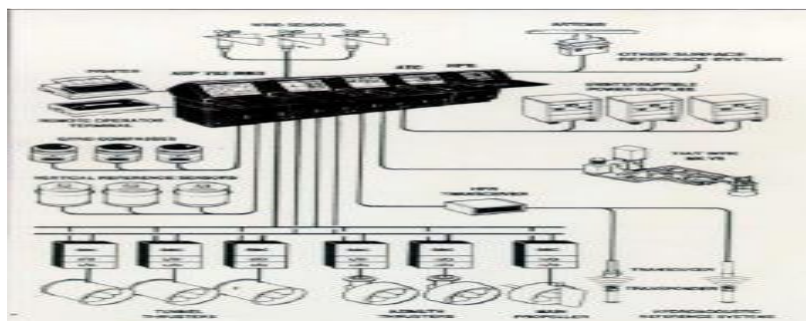
c) Gerenciadores

1.5 O sistema “DP” propriamente dito

O “Sistema DP Propriamente Dito” é o responsável por: determinar a posição atual da embarcação com base em informações recebidas dos Sistemas de Referência de Posição e Sensores Auxiliares; comparar os dados recebidos com a posição desejada pré-estabelecida; estimar o erro ou discrepância entre as duas medidas; e emitir ordens ao Sistema de Propulsão comandando a correção necessária para restabelecer o posicionamento desejado. Esta linha de ação, contudo é dificultada pelo efeito combinado das forças de origem oceano-meteorológica (vento, corrente, ondas), as quais devem ser levadas em conta no cálculo da força comandada ao Sistema de Propulsão visando a compensação dos 03 movimentos no plano horizontal (**X**, **Y** e **N**).

A seguir serão detalhados os subsistemas que compõe o sistema DP propriamente dito: Controladores/Computadores; Referência de Posição; Sensores; UPS's.

Figura- 1.2– Sistemas DP:ADP-703 da Kongsberg e duplex da Cegelec

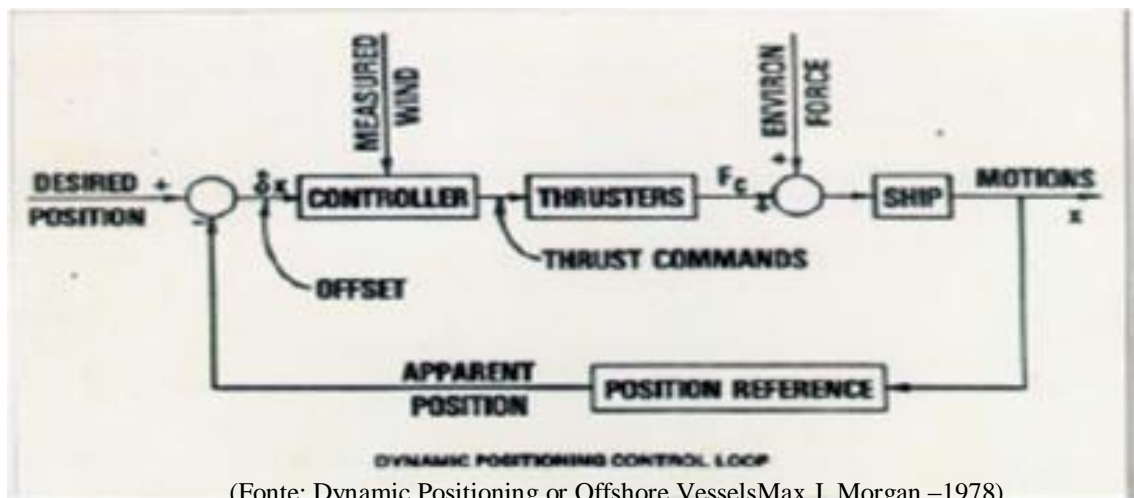


(Fonte: DP Demonstrations Cegelec – 1991)

1.6 Sistema de controladores

O coração de um Sistema DP utilizado em sondas é constituído por no mínimo 02 computadores (sistema dual), em comunicação e verificação mútua permanente de forma a obedecer ao princípio da redundância. A evolução dos Controladores DP está diretamente relacionada ao desenvolvimento de “hardwares” e “softwares” cada vez mais poderosos.

Figura 1.3 – Fluxograma operacional do sistema DP



(Fonte: Dynamic Positioning or Offshore Vessels Max J. Morgan –1978)

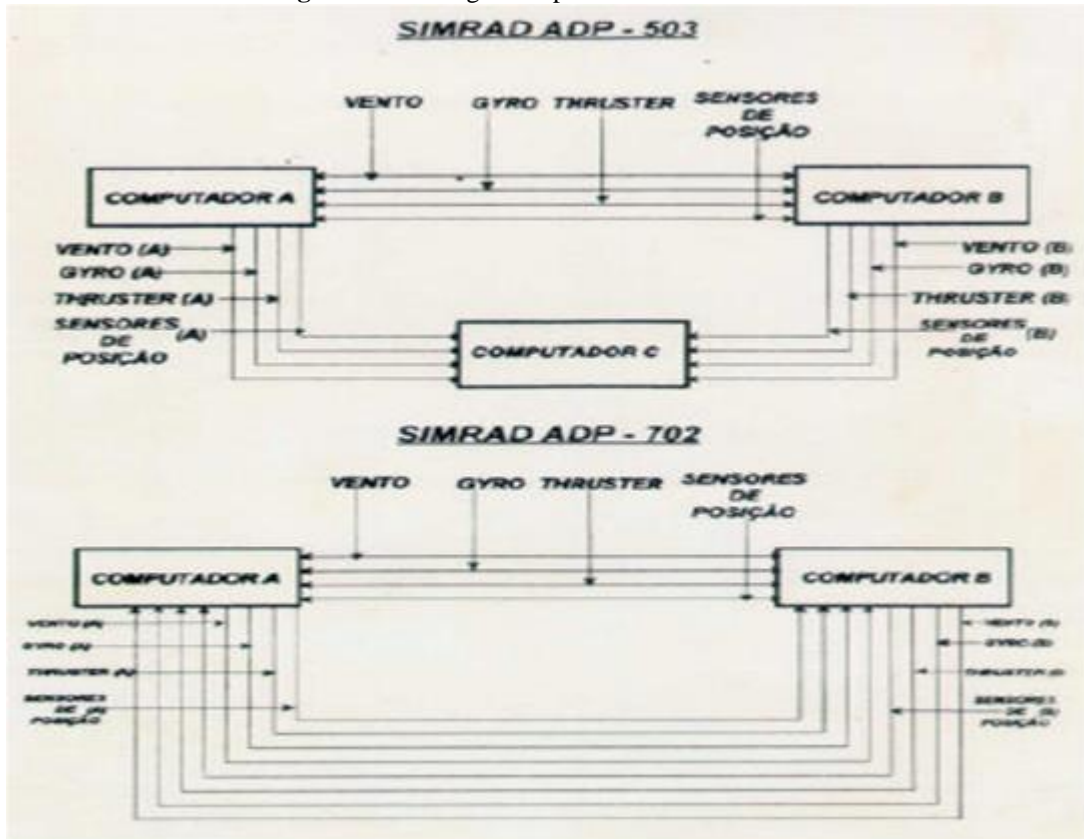
Nos sistemas mais antigos 2 computadores calculam continuamente a posição da Unidade e caso seja detectada alguma discrepância em seus “outputs” acima de certa tolerância um alarme é acionado de modo a alertar o Operador, o qual toma a decisão final (Ex: Nautronix ASK H-316).

Posteriormente surgiram sistemas nos quais existe um 3º computador que age como um “mediador” ou “juiz”: embora não participe diretamente no cálculo do posicionamento, analisa as informações processadas pelos outros dois com base num conjunto de critérios, tomando automaticamente a decisão final no caso de alguns tipos de discrepância (geralmente as mais bruscas ou evidentes como erro de leitura de sensores, por exemplo) ou apenas alertando o Operador no caso de outras cuja causa não é de determinação imediata a fim de que ele tome a decisão (Ex: “Simrad” ADP-503).

Nos modelos mais atuais a configuração é de 2 Controladores, porém de alta capacidade: eles próprios incorporam os “juizes”, ou seja, algoritmos de auto-diagnose e tomada de decisão que se interrelacionam todo o tempo e selecionam o “output” (em caso de discrepâncias acentuadas) ou apenas avisam o operador (naquelas não tão evidentes). Dessa

forma, portanto eliminam a necessidade de um terceiro computador. (Ex: “Simrad” série 700 e “Cegelec” séries 800 e 900)

Figura1.4– Fluxograma operacional do sistema DP



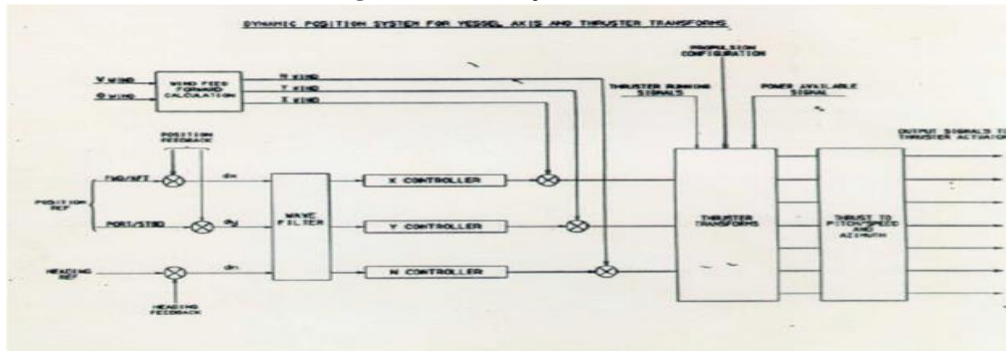
(Fonte: Dynamic Positioning Operator's Manual Simrad Albatross – 1992)

O Sistema DP Propriamente Dito inclui as interfaces com os Sistemas de Referência de Posição e Sensores Auxiliares, responsáveis pela digitalização dos dados que vão alimentar os Controladores.

Os Controladores DP mais conhecidos e utilizados são: Simrad “Albatross” modelos “ADP” (Ex: “Amethyst” e “Yatzy”); *Nautronix* (ex-Honeywell) modelos “ASK” (Ex: “Sedco 710”, “S.C. Lancer”, “Peregrine 2” e “Discoverer Seven Seas”); Cegelec modelos “DPS” (Ex: “Neddrill 1” e “Neddrill 2”).

A essência dos computadores é um “*Software*” altamente complexo composto por uma série de algoritmos de estimação e controle cujo funcionamento básico veremos na página a seguir:

Figura1.5 – Interação Controlador DPxThruster:



(Fonte: Dynamic Positioning and Thruster Assisted Mooring Systems Cegelec Projects Ltd – 1993)

1.6.1 Forças ambientais / modelo matemático

Os algoritmos de controle trabalham com um modelo matemático que corresponde a uma descrição hidrodinâmica e aerodinâmica da embarcação com base em suas características físicas tais como massa, volume, formato, calado e forças de arraste (“*drag forces*”), além dos “Diagramas de Capabilidade”. Desenvolvido a partir de dados e ensaios de projeto, o modelo matemático é afetado pelas mesmas forças que atuam sobre a embarcação, ou seja, é uma simulação da realidade.

As forças devido ao vento são calculadas a partir das medições de velocidade e direção nos anemômetros, decompondo-se em sinais de baixa ou alta frequência (rajadas), devidamente “filtrados” para atenuar ruídos ou erros de medição.

As forças devido às ondas e correntezas são calculadas a partir de estimativas dos efeitos que provocam no casco, uma vez que não existem ainda sensores 100% confiáveis para obtê-las de forma direta. Os Sistemas DP de modo geral consideram como “corrente” o efeito de arraste produzido pelas ondas (componente horizontal ou de baixa frequência) somado à correnteza propriamente dita, resultante obtida de forma indireta considerando-se a força produzida pelos thrusters + velocidade da embarcação e descontando-se a força produzida pelo vento.

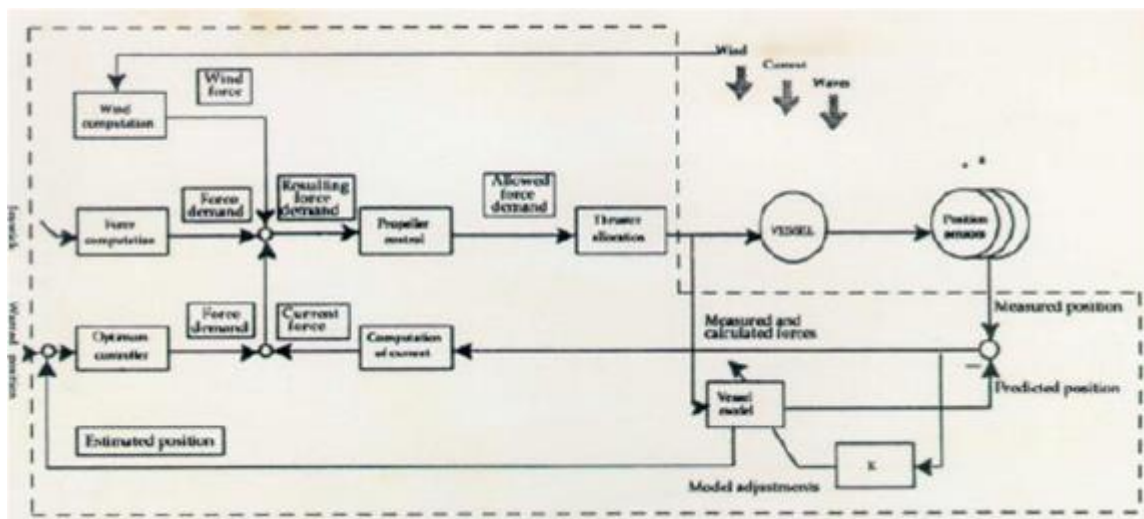
Com relação às ondas, é importante salientar que existe um “filtro interno” que decompõe o movimento por elas causado em dois fatores: “forças de onda de 1ª ordem”, de caráter oscilatório e responsáveis pelo “sobe-desce” da embarcação, são eliminadas pelo sistema já que não resultam em deslocamento no plano horizontal em relação a um ponto fixo. Considerando-se um navio com 100 m de comprimento e ondas de 3 m, as “forças de 1ª ordem” podem chegar a 400 ton, superiores a qualquer sistema de thrusters e portanto os

“filtros internos” impedem que qualquer tentativa seja feita no sentido de compensá-las. Por outro lado a natureza oscilatória dessas forças afeta grandemente o “roll” e “pitch” da embarcação, movimentos que são lidos pelas VRU’s e utilizados para “compensar” automaticamente o “output” de alguns Sistemas de Referência de Posição (p. ex., acústicos).

O segundo fator obtido pela decomposição do movimento das ondas é a “componente horizontal ou de baixa frequência”, utilizada na estimativa da “corrente” como acima descrito.

As forças devido aos thrusters são calculadas a partir de suas características construtivas e de desempenho (dados que o modelo dispõe) em função da rotação, *pitch* e *heading* dos mesmos.

Figura 1.6 – Representação do Modelo Matemático DP



(Fonte: Dynamic Positioning or Offshore Vessels Max J. Morgan –1978)

O modelo matemático não é contudo uma representação 100% fidedigna da realidade, ou seja, da embarcação sujeita às forças ambientais. Assim sendo, sistemas de controle especiais foram criados para levar em conta a diferença ou erro entre o calculado e o efetivamente medido pelos diversos sensores e emitir a ordem e grau de correção ao Sistema de Propulsão. Os dois tipos principais de sistemas de controle são descritos a seguir.

1.6.2 Controlador “PID” (proporcional integral derivativo)

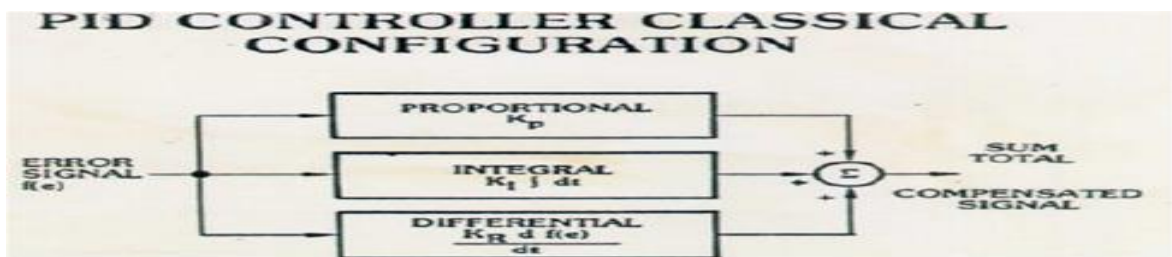
É o tipo mais difundido, presente em sistemas DP mais antigos. O Controlador avalia o erro total entre a posição medida e a desejada, decompondo-o em cada uma das 3 direções fundamentais: *Surge* (X), *Sway* (Y) e *Yaw* (N). Cada componente de erro é multiplicada por “Fatores de Ganho” específicos, resultando numa “Demanda de Thruster” para cada direção.

Esses “Fatores de Ganho” são obtidos inicialmente a partir de cálculos proporcionais (força restauradora diretamente proporcional ao módulo do erro ou desvio de posição) e derivativos (força restauradora proporcional à derivada do desvio, qual seja à velocidade). Uma vez que o objetivo primordial é manter a embarcação estacionária, a velocidade é zero. Portanto, a componente derivativa do Controlador deve atuar no sentido de zerar a velocidade.

Se o Sistema levasse em conta apenas a Componente Proporcional, o controle seria inevitavelmente oscilatório posto que a força comandada só seria invertida após a embarcação ultrapassar o “alvo”. A introdução da Componente Derivativa permite reduzir a força total necessária aos *thrusters*, uma vez que são acionados de forma antecipada no sentido de começar a “frear” o movimento antes de passar por cima do “alvo”, comandados em função da velocidade.

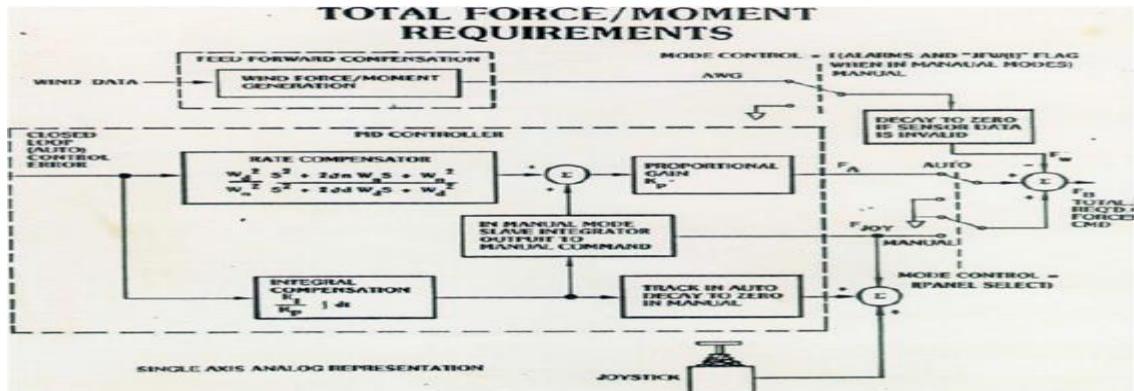
Contudo, ainda assim poderia dar-se o caso de obter-se um “*offset* estável”, acarretado por “forças desconhecidas” (que não são medidas diretamente, apenas estimadas no modelo matemático tais como ondas e correnteza). Para evitar essa situação, qual seja uma “estabilidade fora de posição”, é introduzida no sistema de controle a Componente Integral. Sua função é construir um “histórico” dessas forças ao longo do tempo e introduzi-las no cálculo primário da força necessária aos *thrusters* para compensar o desvio inicial (“Demanda de *Thrusters*”).

Figuras 1.7 – Controladores PID



(Fonte: Dynamic Positioning of Offshore Vessels Max J. Morgan –1978)

Figuras 1.8– Controladores PID



(Fonte: Dynamic Positioning of Offshore Vessels Max J. Morgan –1978)

1.6.3 Filtros Kalman:

Consiste num conjunto de algoritmos extremamente complexos, desenvolvidos inicialmente para sistemas de controle de equipamentos bélicos tais como satélites mísseis e submarinos nucleares. Aplicados em modernos sistemas DP, conjugam alta precisão, estabilidade e economia de thrusters se comparados com os tradicionais controladores “PID”.

A essência dos Filtros Kalman é o caráter preditivo que incorporam ao Controlador. O Sistema começa a adquirir os dados dos sensores, numa fase de “aprendizado” das condições atuais reinantes na locação, e depois de certo tempo passa a prever a posição, velocidade e forças atuantes na embarcação. Os dados previstos num determinado ciclo (da ordem de milissegundos) são comparados com os valores medidos e o erro associado será incorporado na previsão do próximo ciclo, num processo contínuo de retroalimentação cujo resultado é aumentar cada vez mais o grau de acerto das previsões, desde que mantidas constantes as condições externas. Como na prática isso não ocorre, ao menos consegue-se diminuir bastante as oscilações da Unidade em torno do “alvo”, por assim dizer “amortecendo” os desvios de posição e consequentemente economizando *thrusters*.

Da mesma forma que nos Controladores PID, o erro ou desvio total é dividido nos 3 componentes fundamentais porém essa informação é “trabalhada” de forma diferente.

O Controlador Kalman estima os “estados da embarcação” (posição, velocidade e força) de duas maneiras simultâneas:

- a) Conhecendo as forças aplicadas à Unidade, calcula a aceleração, a velocidade e portanto a posição correspondente.
- b) Usando a relação (posição) x (velocidade) fornecidas pelos sensores de referência, estima as “forças desconhecidas” que atuam na Unidade (aqui entendidas como originadas por ondas e

correntezas não diretamente medidas, além dos erros inerentes às estimativas das forças devido ao vento e aos *thrusters/propellers*).

Combinando os resultados obtidos de posição, velocidade e força o Sistema estima de forma bastante precisa os “Fatores de Ganho” que, aplicados aos componentes do desvio total, fornecerão as “Demandas de Thrusters” correspondentes. Em resumo, a utilização dos Filtros Kalman possibilita:

- Redução efetiva de “ruídos” provenientes das medições de *heading* e posição;
- Ótima combinação de dados provenientes de diferentes Sistemas de Referência de Posição. O controlador calcula a variância dos dados de cada Sistema e atribui diferentes “pesos” a esses “*inputs*”, a depender de sua acurácia, estabilidade e repetibilidade;
- Capacidade preditiva (“*Model Control*”) possibilitando a manutenção da posição mesmo em caso de “corte” de informações dos Sensores de Referência por vários minutos (aproximadamente 30 minutos) baseando-se em dados históricos recentes de posicionamento. Essa característica é muito importante para um Sistema DP, e é conhecida como “*Dead Reckoning Mode*”,
- Economia de combustível e menor desgaste de thrusters em função da menor solicitação aos propulsores, uma vez que as correções necessárias são antecipadas em relação a um controlador “PID”. Isso significa um menor afastamento ou oscilação em torno do “alvo”.

Figuras 1.9 e 1.10 – Modelo Matemático e Filtros Kalman

Figura 1.9

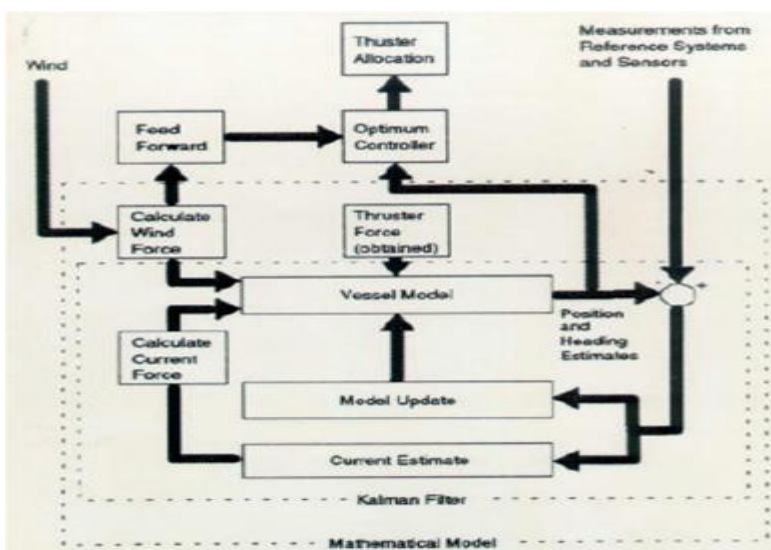
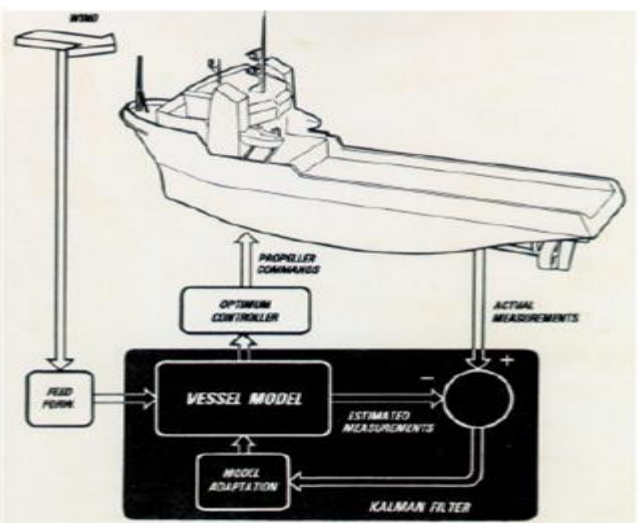


Figura 1.10



(Fonte: Dynamic Positioning of Offshore Vessels Max J. Morgan –1978)

1.7 Interfaces com sistemas de referência de posição e sensores

Nos sistemas DP mais modernos a configuração permite que as informações provenientes dos vários Sistemas de Referência de Posição e Sensores participem simultaneamente no cálculo da posição da sonda (“*Multi Sensor System*”). Essa característica é importante, pois impede uma desconexão de emergência por falha de um único Sistema de Referência, muito embora eles próprios já possuam redundância.

A maneira pela qual alguns Sistemas modernos efetuam a triagem e seleção das informações será descrita a seguir:

Inicialmente o sistema seleciona a prioridade em termos de referência de posição, normalmente o acústico ou o DGPS. A partir daí executa uma série de testes para checar a consistência de dados de todos os sensores, incluindo o prioritário. Caso seja detectada incoerência dos dados de algum deles, serão simplesmente ignorados para fins de avaliação da posição efetiva da embarcação (teste de predição, no qual valores anômalos são descartados).

Além disso, o Sistema calcula a variância das informações recebidas de cada sensor de referência, a qual consiste num valor “filtrado” a partir da diferença entre o dado fornecido pelo sensor e o valor estimado pelo modelo matemático. Com essa variável são efetuados testes baseando-se na comparação com a menor variância obtida dentre todos os sensores, a qual muda constantemente, e considerando determinados limites de tolerância. O objetivo final é atribuir pesos às informações recebidas de cada sistema de referência, inversamente proporcionais às respectivas variâncias, que possibilitarão definir o grau de importância que o sistema DP atribuirá ao conjunto de dados desse sistema de referência específico.

Nos Sistemas DP mais antigos não existe essa complexa e automática linha de ação. Na “caixa” do Controlador existem diversas entradas, cada qual destinada a 1, 2 ou 3 Sistemas de Referência ou Sensores. Por exemplo, numa determinada entrada podem estar conectados 2 acústicos em paralelo (redundância automática), enquanto que outra entrada recebe os sinais do DGPS selecionado pelo operador a partir dos existentes.

É estabelecido um sistema de referência e a partir daí o Controlador executa seu trabalho comparando cada dado com a média simples dos valores recebidos num determinado período anterior.

Caso seja constatada discrepância maior do que certos limites préestabelecidos, um alarme é disparado para alertar o operador DP. Esse por sua vez poderá optar entre “deixar como está”, fazendo com que o Sistema assuma como verdadeira a nova média, ou comutar para outro sistema de referência a fim de que seja checado eventual mau funcionamento do

primeiro. Percebe-se assim que esses sistemas “rudimentares” estão grandemente sujeitos a falhas humanas por erro de interpretação.

1.8 Modos operacionais de controladores modernos

Em sistemas mais modernos como os do Neddrill 1 e 2 (Cegelec), ou da Yatzy e Amethyst (Simrad), o controlador dotado de Filtros Kalman permite estabelecer diversos modos operacionais e a partir daí assumir tal qual um “piloto automático” o que lhe for ordenado. A nomenclatura varia em função do fabricante, mas em linhas gerais temos os seguintes:

1.8.1 *Manual / joystick mode*

Os movimentos transversal e longitudinal da embarcação, além do aproamento, são controlados manualmente pelo operador DP utilizando um *joystick* multifuncional. Utilizado em manobras de porto ou deslocamentos entre locações, por exemplo.

1.8.2 *Joystick auto heading*

Os movimentos em X e Y são controlados manualmente, porém, o aproamento é mantido constante de acordo com um valor pré-estabelecido pelo operador. Opcionalmente pode ser fixada uma velocidade de rotação e um heading final, possibilitando uma mudança automática e gradual no aproamento enquanto o operador altera X e Y com o joystick.

1.8.3 *Auto-position ou DP mode*

É o modo em posicionamento dinâmico propriamente dito, totalmente automático, alimentado pelos sistemas de referência de posição e sensores e responsável por manter a sonda sobre a locação previamente estabelecida.

1.8.4 *Auto-position minimum Power*

Variação do “Modo DP”, no qual o sistema busca automaticamente o aproamento mais favorável para um mínimo de potência requerida aos thrusters, o que vai depender da direção e intensidade dos esforços ambientais. Esse aproamento não necessariamente vai

coincidir com o mais adequado para realizar determinadas operações no poço, mas é o mais utilizado na prática.

1.8.5 *Auto track / auto sail modes*

O operador define uma trajetória a ser percorrida pela embarcação (coordenadas), podendo subdividi-la em vários intervalos especificando os parâmetros de navegação em cada um deles. No “*Auto Track Mode*” a velocidade pode variar de praticamente zero até 3 ou 4 Knots, sendo utilizado para deslocamentos que exigem maior cuidado ou precisão (entre obstáculos, por exemplo). Já no “*Auto Sail Mode*” pode-se atingir a velocidade máxima da embarcação e é utilizado para DMA’s entre áreas e até em navegação de longo curso.

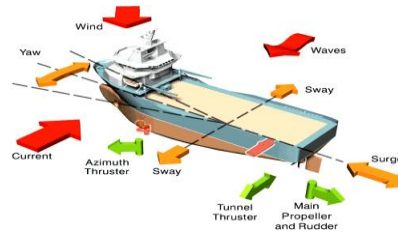
1.8.6 *Follow target mode*

O sistema comanda um deslocamento que siga determinado ponto móvel de referência, como por exemplo, um emissor acústico instalado em ROV.

1.8.7 *Model control ou dead reckoning mode*

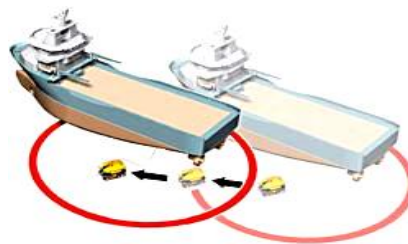
Se durante o “modo DP” ocorrer um problema tal que ocasione um corte súbito das informações recebidas dos sistemas de referência de posição, o controlador entrará automaticamente no “*Dead Reckoning Mode*”: os Filtros Kalman trabalharão de forma puramente inercial, controlando os *thrusters* a partir de previsões obtidas por extrapolação dos dados armazenados mais recentes. Isso possibilitará a manutenção da posição por um período da ordem de 30 minutos, suficiente em tese para estabelecer controle manual de forma suave e segura. Entretanto, caso os problemas perdurem e o sistema permaneça em “*Model Control*”, a Unidade vai gradualmente perder posição em função basicamente da inconstância das forças ambientais (“*Drift Off*”). Este modo não pode ser selecionado pelo operador DP por meio de um botão, por exemplo, já que é automaticamente ativado ou desativado pelo controlador conforme haja ou não *input* dos sistemas de referência de posição. Em testes, o que se faz é simular o corte dessas informações e verificar se o “*Model Control*” atua.

Figura 1.11 – Forças e Movimentos aplicados ao navio



Follow Target Mode (Fonte:<http://www.km.kongsberg.com>)

Figura 1.12 – Movimento relativo ao ROV



Follow Target Mode (Fonte:<http://www.km.kongsberg.com>)

1.9 Classes de sistemas de posicionamento dinâmico

1.9.1 Classe não DP

Operações, onde a perda da capacidade de manter a posição não é considerada para por em perigo vidas humanas ou causar danos.

Posição manual e controle automático de aproamento sob máximas condições ambientais especificadas.

1.9.2 DP Classe 1

Operações, onde a perda da capacidade de manter a posição pode causar danos ou poluição de pouca importância.

O equipamento DP Classe 1 não tem redundância. A perda de posição pode ocorrer em caso de uma única falha.

1.9.3 DP Classe 2

Operações em que a perda da capacidade de manter a posição pode causar lesões corporais, a poluição, ou dano com grandes consequências econômicas.

O equipamento Classe 2 tem redundância. A perda de posição não deve ocorrer a partir de uma única falha de um componente ativo ou sistema, tais como geradores, propulsores, quadros elétricos, válvulas remotamente controladas, etc. Mas pode ocorrer após a falha de um componente estático, como cabos, dutos, válvulas manuais etc. De acordo com a International Maritime Organization (IMO), falha única é definida pelos seguintes critérios:

- a) Qualquer componente ativo ou sistema (geradores, compressores, quadros, remoto válvulas controladas, etc.);
- b) Qualquer componente normalmente estáticos (cabos, tubos, válvulas manuais, etc.) que não é devidamente documentado com relação à proteção e confiabilidade.

1.9.4 DP Classe 3

Operações, onde a perda da capacidade de manter a posição pode causar acidentes fatais, ou poluição de grande escala ou danos com grandes consequências econômicas.

O equipamento Classe 3, tem redundância de modo que nenhuma falha em um sistema ativo fará com que o sistema falhe. A perda de posição não deve ocorrer a partir de qualquer falha única, além de também ter que resistir ao fogo ou alagamento em qualquer compartimento sem o sistema falhar. Para os equipamentos classes 2 e 3, um único ato acidental deve ser considerada como uma única falha, se tal ato é razoavelmente provável.

Com base nas definições da IMO de única falha, o pior caso de falha única deve ser determinado e usada como critério para a análise de consequências.

1.9.5 Formação e treinamento de pessoal especializado

1.9.6 MSC (*Maritime Safety Committee*)

A *Maritime Safety Committee* (MSC) - Comitê de Segurança Marítima, em sua sexagésima sexta (28 maio - 6 junho 1996), considerou a questão do treinamento dos operadores de sistema de posicionamento dinâmico (DP) em relação a ponto 4.12 do Código

MODU de 1989 e observou que o *International Marine Contractors Association (IMCA)* tinha preparado uma publicação sobre “O Treinamento e Experiência do Pessoal-Chave de DP (Edição 1 / Rev.1)”, que poderia ser usado como uma diretriz para a formação dos operadores DP.

O Comitê, lembrando as obrigações contidas na regulamentação I/14 da Convenção STCW de 1978, como emenda, e observando a importância da formação adequada dos operadores de DP e da recomendação do Sub-Comitê de Projeto de Navios e Equipamentos, em sua trigésima nona sessão (22 a 26 de janeiro de 1996), convidou os governos membros para trazer as diretrizes acima à atenção das entidades concernentes e aplicá-las na formação de pessoal-chave DP empregados em navios dinamicamente posicionados, definido no parágrafo 1.3.1 do anexo à MSC / Circular 645.

O Comitê observou que a citada publicação IMCA (agora conhecida na indústria *offshore* como “IMCA M 117 O treinamento e a Experiência do Pessoal-Chave de DP”, que identifica programas de treinamento, os níveis de competência e experiência para a operação segura de embarcações DP.

1.9.7 IMCA (*International Marine Contractors Association*)

A indústria *offshore* está de acordo que treinados e experientes chave de posicionamento dinâmico (DP) de pessoal são essenciais para uma operação segura e DP bem sucedido comercialmente. O desafio é sempre encontrar o método mais custo-eficaz para alcançar um nível satisfatório, e a *International Marine Contractors Association (IMCA)*, inicialmente assumiu este desafio através da publicação de "O Treinamento e a Experiência do Pessoal-Chave de DP" no início de 1996. As orientações são concebidas para os navios envolvidos em operações onde a perda de posição poderia causar grandes danos, perdas econômicas, de poluição grave, ou até mesmo perda de vidas.

A publicação IMCA M 103, então conhecido como 107 DPVOA, as Diretrizes para a concepção e à operação dos navios de posicionamento dinâmico, foi aprovada pelo Comitê de Segurança Marítima na sua trigésima sexta sessão em maio de 1994, resultando em MSC / Circular 645 Diretrizes para embarcações com Sistemas de Posicionamento Dinâmico, de junho de 1994. IMCA M 103 inclui uma série de suplementos, em relação a diferentes tipos de construção offshore e embarcações de apoio.

1.9.8 *The Nautical Institute*

Armadores representados pela IMCA, outras associações comerciais, outras organizações e partes interessadas trabalham com o Nautical Institute em programas de treinamento para assegurar a qualidade e a consistência dos cursos de Iniciação/Básico de DP e Avançado/Simulador. Os centros de treinamento são credenciados pelo Nautical Institute e recredenciados em intervalos regulares. Ao recredenciar centros, o Nautical Institute espera observar aprimoramentos que reflitam as melhores práticas operacionais atualmente em uso, incluindo, por exemplo, simulações que incorporem incidentes relatados recentemente. O credenciamento do Nautical Institute também é reconhecido pelo *Norwegian Maritime Directorate (NMD)*. O treinamento de operadores de DP é realizado em quatro partes:

- a) Frequência e conclusão satisfatória de curso aprovado de Iniciação/Básico de DP;
- b) Familiarização com DP no mar (30 dias), de acordo com a Seção C do DP Watchkeeping Log Book (Livro de Registro de Serviço de DP) do Nautical Institute;
- c) Frequência e conclusão satisfatória de curso aprovado de simulador;
- d) Conclusão satisfatória e registrada de seis meses de operação de DP real, incluindo avaliação do Comandante. Consulte as diversas notas de informação IMCA a respeito da certificação DPO. A assinatura do Comandante no livro registro de DP é extremamente considerada na avaliação do DP em treinamento.

As escolas de treinamento preparam o aluno apenas para o aprendizado obtido em operações numa embarcação. O treinamento contínuo mesmo é após a obtenção do certificado de DP.

É exigido que todo o pessoal em treinamento tenha o seu livro de registro. Ele registra o progresso através do treinamento e os itens que precisam ser aprendidos, entendidos e aplicados nas fases realizadas no mar.

A frequência e o desempenho satisfatórios nos cursos de Iniciação/Básico de DP e de simulador são requisitos para a certificação.

A experiência de turno de DP para certificação deve ser registrada no livro de registro do operador de DP do Nautical Institute e autenticada pelo Comandante. O Comandante recomenda a certificação do operador em treinamento ao Nautical Institute através do preenchimento da seção F do livro de registro, a qual constitui a declaração de que o operador em treinamento está capacitado para assumir total responsabilidade pelo turno a bordo de uma embarcação com DP. Pode ser necessário obter endosso desta seção por um DPO certificado caso o Comandante não disponha de certificação em DP. Em qualquer dos casos, a pessoa que

autenticar o livro de registro e recomendar o operador em treinamento, deve estar totalmente satisfeita com sua capacidade de se tornar um DPO. Se aplicável, o treinamento também deve ser endossado pela autoridade em treinamento de DP indicada pela empresa.

Os operadores que receberem o certificado servindo em uma embarcação DP classe 1 terão o endosso “limitado”. Para remover o endosso “limitado”, é necessário:

- a) No mínimo, mais três meses de experiência em turno de DP realizado em embarcações DP classes 2 ou 3 ou equivalente, onde dois meses na classe 1 equivalem a 1 mês na classe 2 ou;
- b) Este tempo deve incluir dois meses efetivos a bordo de uma embarcação DP classe 2 ou 3, onde o requisito de tempo se refere à operação do posicionamento dinâmico em operações de DP;
- c) Autenticação como descrito acima.

A partir de janeiro de 2011, ficou obrigatória a realização de uma prova de conhecimentos teóricos como finalização do curso básico. Só obterá aproveitamento no curso o aluno que obtiver nota igual ou superior a 7 (sete). Essa prova é controlada diretamente pelo Nautical Institute através de computadores conectados à internet e, utilizando um *software* gerado pelo *Nautical Institute* e distribuído aos Centros. A prova *online*, com 30 questões sorteadas automaticamente de um banco de dados central, permite que cada aluno tenha uma prova diferente do outro. Esse banco de dados é composto por várias questões oferecidas pelos membros do The Dynamic Positioning Training Executive Group (DPTEG) e abrangem todo o conteúdo programático do curso de maneira igual; ou seja, não há o risco, por exemplo, de caírem mais questões de um determinado assunto. Há um algoritmo específico que compõe a prova com todo o conteúdo dado. Em caso de reprovação, o Centro de Treinamento não poderá emitir o certificado de conclusão do curso.

Desde Janeiro de 2011, o *Nautical Institute* passou a estabelecer requisitos mínimos para os procedimentos de certificação:

Só pode atender o curso aqueles alunos que tiverem certificação STCW II/1 ou II/2, independente das limitações do certificado de competência.

O tempo de embarque em navios DP que o aluno possuir antes da data de realização do curso básico (ou no período entre o curso básico e avançado, exceto os 30 dias de familiarização obrigatórios pelo DP Básico) não será aproveitado em sua totalidade. Anteriormente, o aluno podia aproveitar um máximo de cinco meses de embarque antes do curso básico (ou no período entre os cursos) para reduzir a necessidade do período de treinamento composto por seis meses após o curso avançado. Agora não! Não importa

quantos meses o aluno tenha antes do curso básico ou entre o término dos 30 dias de familiarização e o curso avançado; somente um mês será aproveitado na contagem dos seis meses (180 dias) de treinamento e experiência após o curso avançado.

Os cursos de *Sea Service Time Reduction* (DP 3) - Redução do Período de Experiência em DP (seis meses após o curso avançado) foram aprovados pelo *Nautical Institute* e podem ser elaborados e certificados. Este é um curso dividido em dois módulos (cada um de uma semana) compostos de uma semana de simulação intensiva. Não há teoria de DP nesse curso e todas as falhas possíveis nos mais diversos tipos de operações DP são simuladas. Portanto, somente cursos que possuam simuladores de Passadiço do tipo Full-Mission podem ministrar tais cursos.

Os alunos possuem cinco anos após a data de emissão do seu certificado do curso básico para completar o esquema de certificação. Ou seja, se ao final de cinco anos do seu primeiro curso o aluno ainda não tiver concluído os seis meses de experiência após o avançado, o seu esquema de certificação será considerado abandonado e o aluno deverá realizar novamente uma nova certificação, desde o início com o curso básico.

Os alunos devem enviar seus *Log Books* para o *Nautical Institute* através de um procedimento online, através do *website* <http://www.nautinst.org>. Todas as informações registradas no *Log Book* são checadas e o NI reserva o direito de rejeitar *Log Books* que contenham informações que possam ser consideradas fraudes, exigindo do DPO outras formas de comprovação.

Exigências foram implementadas quanto à utilização de simuladores durante os cursos de DP. Uma recomendação do *Nautical Institute* foi que os centros de treinamento ofereçam cursos com a utilização de Passadiços *Full-Mission*, que reproduzem com fidelidade a embarcação em DP que o aluno realiza seu exercício, em especial para os cursos de DP avançado. Alinhados com uma nova revisão da classificação de simuladores pela DNV, o *Nautical Institute* está classificando os simuladores em uso nos centros de instrução e, a partir daí, revalidando os cursos que atenderem as exigências e analisando as instituições que não as cumprirem.

2 SENSORES DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO USADOS EM PLATAFORMAS DE PERFURAÇÃO

Neste capítulo, citaremos a composição e princípio de funcionamento dos sensores de referência de posicionamento e outros sensores mais utilizados em plataformas de perfuração.

2.1 Sistemas Hidroacústicos

É o principal sistema de referência de posição em qualquer Unidade DP, dada sua precisão e “independência” em relação a outros equipamentos que não os intrinsecamente ligados à própria embarcação (por exemplo, o DGPS depende de satélites e estações costeiras; radioposicionamento depende de fontes externas além de condições atmosféricas e etc.). A precisão de um típico Sistema de Referência Acústico é da ordem de menos que 1% da lâmina d’água.

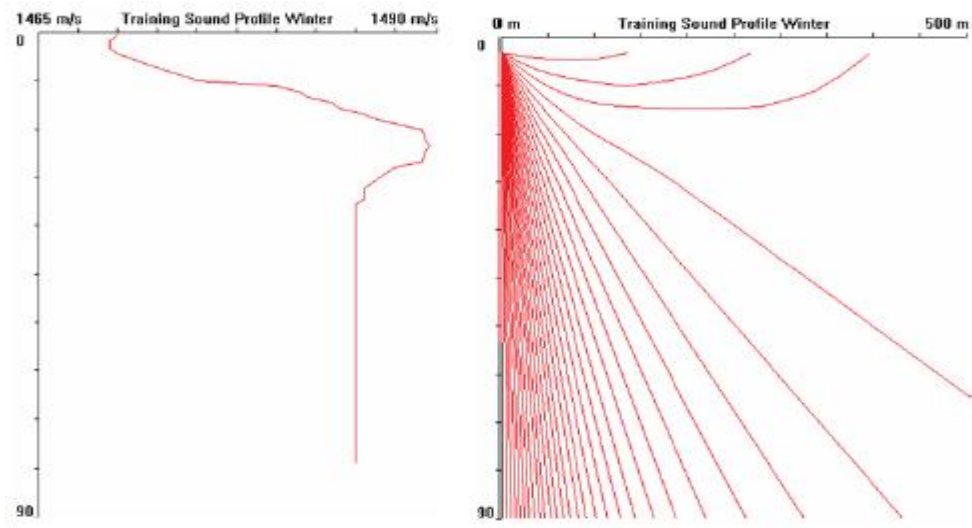
2.1.1 Composição e princípio de funcionamento:

Os principais equipamentos que compõem o Sistema Acústico são:

- a) **Beacons** - geralmente não são equipamentos “inteligentes” (microprocessados), sendo utilizados em sistemas mais antigos. Lançados no fundo do mar transmitem pulsos acústicos com duração de milisegundos a uma frequência fixa, espaçados de 1 a 3 segundos. Uma vez ativado transmitirão até o esgotamento das baterias (pelo menos 100 dias).
- b) **Transponders** - transmissores “inteligentes” (microprocessados) que emitem um pulso a uma determinada frequência de resposta (geralmente préselecionada dentro um “range” especificado) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência pelo equipamento de superfície (transducer). Utilizados em sistemas mais modernos, atualmente muitos deles já incorporam capacidade de efetuar medições (temperatura da água, profundidade, tensão nas baterias etc.), executar comandos (mudanças de frequência e potência) e transmitir os resultados.

- c) **Hidrofones** - localizados no casco da embarcação, são receptores de sinais acústicos provenientes dos beacons e responsáveis pela sua transformação em pulsos elétricos enviados ao processador.
- d) **Transducers** - equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com beacons ou transponders.
- e) **Processador** - interface com o Controlador e o Operador DP, está diretamente ligado aos transducers/hidrofones dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas com os transponders/beacons, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos. Considerando um par emissor/receptor, a distância entre eles pode ser determinada pelo tempo de propagação do pulso multiplicado pela velocidade do som na água, a qual deve levar em consideração temperatura e salinidade do meio além das correntezas intermediárias. Isso é feito inicialmente a partir de tabelas, gráficos e experiência de campo, porém somente a calibração do sistema possibilitará levar em conta na prática todas as variáveis envolvidas naquela locação específica.

Figura 2: Gráficos de temperatura e velocidade Sônica na água



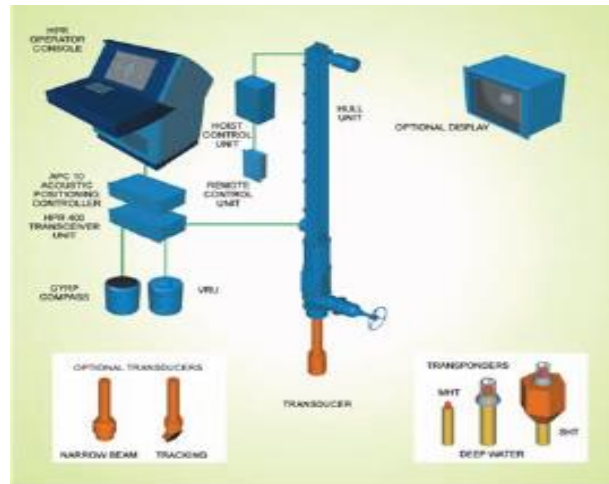
(Fonte: Power point Transocean_ DPCourseMarch2004)

Considerando agora um conjunto de emissores/receptores dispostos em determinado arranjo, o princípio da interferência possibilitará determinar a defasagem entre eles e conseqüentemente o ângulo entre os sensores móveis (*transducers* ou hidrofones) e os

sensores fixos (transponders ou beacons). Esse parâmetro é também conhecido como *offset* quando traduzido em afastamento na horizontal.

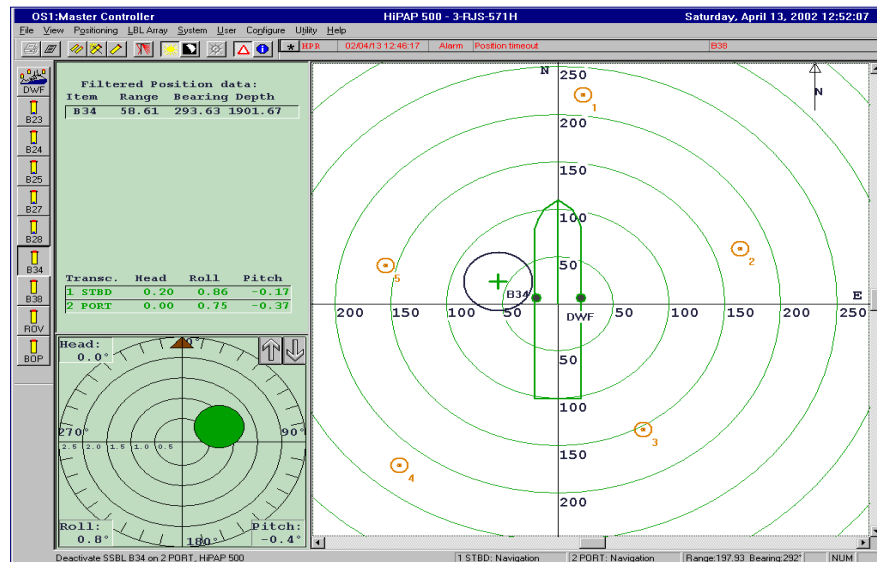
O processador do sistema acústico efetua uma correção nos sinais recebidos de forma a compensar os efeitos de *roll* e *pitch*, cujos valores são continuamente fornecidos pelas VRU's e VRS's.

Figura 2.1- arranjo do sistema acústico e seus componentes



(Fonte: HIPAP Technical Course mk2_2008)

Figura 2.2- OS do Sistema acústico (APOS-Kongsberg)



(Fonte: Power point Transocean_DPCourseMarch2004)

A performance dos sistemas hidroacústicos depende de vários fatores tais como: potência dos transmissores; perdas durante a propagação do sinal (espalhamento, absorção, difusão, atenuação); reflexão e refração; distância (lâmina d'água); direção e ângulo de

captação dos receptores; configuração do arranjo de transponders/beacons; características do meio de propagação.

Outro fator importantíssimo que afeta a eficiência de um sistema hidroacústico é o ruído. Ele pode ser causado por “fatores mecânicos”, tais como os próprios *thrusters* da Unidade ou alguma embarcação nas proximidades (e por essa razão hidrofones ou *transducers* são espalhados de forma a não serem todos afetados ao mesmo tempo, provendo redundância). Mas o ruído pode também ter causas naturais, tais como o próprio movimento das ondas, correnteza passando pelos hidrofones ou até mesmo grandes cardumes de peixes ou camarões (fatos já relatados).

De modo geral, porém os operadores DP chamam de “*noise*” praticamente toda causa de perturbação nos sinais acústicos: reflexões e refrações aleatórias causadas por heterogeneidade do meio de propagação, atenuações, desvios etc.

A Bacia de Campos em particular é especialmente suscetível a causar desvios de sinal no sistema acústico, fruto da extensa lâmina d’água conjugada a uma diversidade de fortes correntezas superpostas e variações bruscas de temperatura. Esses fatores contribuem para uma acentuada refração e espalhamento de sinais, também classificados como “*noise*” pelos operadores. É por essa razão que uma boa calibração do sistema é fundamental para um desempenho satisfatório, podendo demandar de 5/6 horas até 24 horas a depender do equipamento.

Os principais fabricantes de sistemas hidroacústicos são: *Nautronix* (ex- *Honeywell*); *Sonardyne*; *Kongberg*.

2.1.2 Tipos de sistemas hidroacústicos

Um sistema de referência de posição hidroacústica depende não somente de cada sensor individual, mas também da disposição ou arranjo entre eles, o qual vai determinar a triangulação ou telemetria responsável pelo posicionamento. A classificação mais usual utiliza o conceito de linha base, referente ao espaçamento entre sensores.

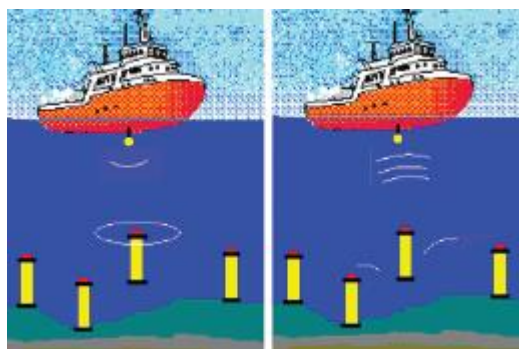
2.1.2.1 Sistema LBL (“long base line”)

Um grupo de no mínimo 3 ou mais comumente 4 *transponders/beacons* são dispostos em quadrilátero no fundo do mar, a uma certa distância do alvo (da ordem de centenas de metros). A linha base longa refere-se ao lado do quadrilátero ou distância entre sensores.

Um *transducer*/hidrofone instalado no casco da unidade relaciona-se com esse arranjo medindo sua distância a cada vértice (“*range*”) pelo tempo decorrido entre emissão/recepção de sinais. Uma vez que as dimensões do quadrilátero são fixas e conhecidas (medidas durante o processo de calibração, inclusive com auxílio do DGPS), possibilita estabelecer a posição e distância da Unidade em relação a ele (referencial) no qual a locação está usualmente inserida. Visando redundância, vários *transducers* efetuam as medidas simultaneamente.

Esse sistema é caro (devido à quantidade e potência requerida ao *transponders*) e trabalhoso para instalar e calibrar, porém oferece ótima precisão em qualquer lâmina d’água e permite cobrir uma grande área, características em função justamente das dimensões do arranjo em relação ao “passeio” da embarcação.

Figura 2.3-Sistema LBL



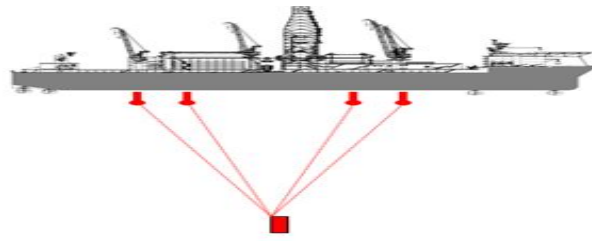
(Fonte: HIPAP Technical Course mk2_dezembro2008)

2.1.2.2 Sistema SBL (“Short Base Line”)

Nesse sistema é lançado um único *transponder* ou *beacon* no fundo do mar, cujos pulsos são recebidos por um arranjo de 3 (ou mais comumente 4) *transducers* ou hidrofones instalados no casco da embarcação, tão afastados uns dos outros quanto possível. A “linha base curta” em questão refere-se à distância entre os sensores desse arranjo ou o lado da figura geométrica formada no casco. Na prática, por razões de redundância existe sempre mais de um *transponder* ou *beacon* operando.

O princípio físico desse sistema baseia-se na interferência, ou seja, conhecendo-se a distância entre receptores e medindo-se a defasagem entre as ondas sonoras recebidas pode-se determinar o ângulo e a distância em relação à fonte instalada no “*mud line*”.

Figura 2.4-Sistema SBL

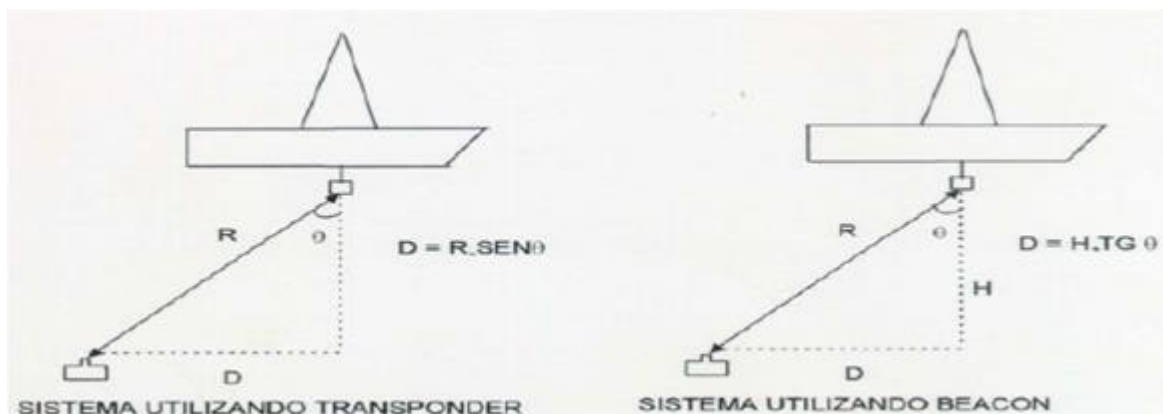


Short Base Line (SBL)

(Fonte: Power point Transocean_ DPCourseMarch2004)

Nos sistemas que utilizam *transponders* a distância horizontal ou “*offset*” entre o transmissor (a grosso modo o poço) e os receptores (sonda), é calculada a partir da medição do ângulo de incidência dos sinais e da distância transmissor/receptor (linha reta ou “*range*”). Nos sistemas que utilizam *beacons* somente o ângulo de incidência do sinal é medido, enquanto a profundidade é inserida manualmente pelo Operador, o que lhes confere menor precisão.

Figura 2.5-Sistemas utilizando Transponder e outro utilizando Beacon



(Fonte: Acoustic Positioning Training Course - Lecture Notes Sonardyne – 2006)

Todavia qualquer pequeno desalinhamento entre sensores, tais como hidrofones/*transducers* colocados a profundidades um pouco diferentes, afeta grandemente a precisão das medidas. Além disso, esse sistema é mais suscetível do que o LBL a desvios de sinal, ruídos e aos movimentos da embarcação, especialmente *roll* e *pitch*, e, portanto correções contínuas e

automáticas são realizadas pelo processador acústico tomando como referência sinais recebidos das VRU's ou VRS's.

Por outro lado é de instalação mais simples e barata, tendo em vista o menor número de transponders ou beacons a serem dispostos no fundo do mar, e adequadamente calibrado oferece boa precisão embora inferior à do sistema LBL.

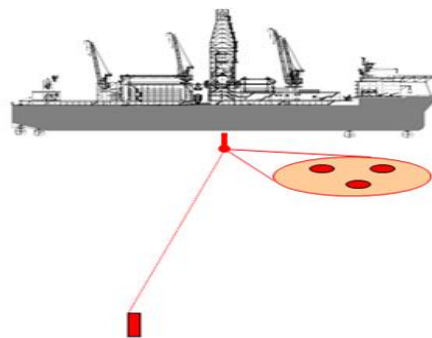
2.1.2.3 Sistema USBL ou SSBL (“Ultra Short or Super Short Base Line”)

A denominação varia com o fabricante. Seu princípio de funcionamento é semelhante ao do SBL. A diferença reside no seguinte: enquanto que neste último os transducers ou hidrofones estão individualmente dispostos numa configuração tal que a distância entre eles no casco é da ordem de dezenas de metros, no sistema USBL eles são agrupados em módulos (“*assemblies*”) apresentando um espaçamento unitário de poucos centímetros.

Como o sistema mede a defasagem dos sinais em cada elemento, quanto menor esse espaçamento menor a precisão da medida, o que se constitui em desvantagem perante o SBL. Além disso, é mais suscetível que este último a desvios de sinal e ruídos, demandando também um longo tempo de calibração.

Como vantagem em relação ao SBL está a eliminação do problema de desalinhamento na vertical de receptores, uma vez que são montados num mesmo conjunto. Por outro lado é bastante sujeito a desalinhamento de perpendicularidade e aproamento com relação ao eixo longitudinal da embarcação. Trata-se, contudo de um sistema de inegável praticidade, custo reduzido de instalação e facilidade de manutenção (menor número de elementos dispersos).

Figura 2.6-Sistema USBL/SSBL



Ultra Short Base Line (USBL)
Super Short Base Line (SSBL)

(Fonte: Power point Transocean_ DP Course March 2004)

Alguns sistemas desse tipo, tal como o SSBL HPR-500 da “Kongsberg”, utilizam um transponder associado a um único transducer no casco e incorporam medição direta de “range” como nos LBL, o que já é um caminho para os sistemas descritos a seguir.

Figura 2.7-Cabeça do hidrofone HPR-500



(Fonte: HIPAP Technical Course mk2_dezembro2008)

2.1.2.4 Sistemas combinados

De maneira geral as unidades DP operam simultaneamente com mais de um sistema, de forma a possibilitar redundância e para que as desvantagens de um sejam compensadas pelas vantagens do outro a fim de possibilitar uma maior confiabilidade. Exemplo: SS-43 utiliza SBL + USBL. Nos sistemas DP atuais, contudo, ao invés de contribuírem de forma independente, são utilizados sistemas acústicos mais modernos que combinam intrinsecamente 2 princípios diferentes obtendo com isso maior precisão, repetibilidade e imunidade a fatores externos.

Os dois mais conhecidos e utilizados são: LSBL (“*Long and Short Base Line*”, utilizado no “Neddrill 2”) e LUSBL (“*Long and Ultra-Short Base Line*”).

Basicamente são formados 2 arranjos de sensores, no fundo e na embarcação, cuja interação recíproca possibilita alta definição na determinação da posição da Unidade.

2.2 Introdução ao sistema DGPS (*Differential Global Positioning System*)

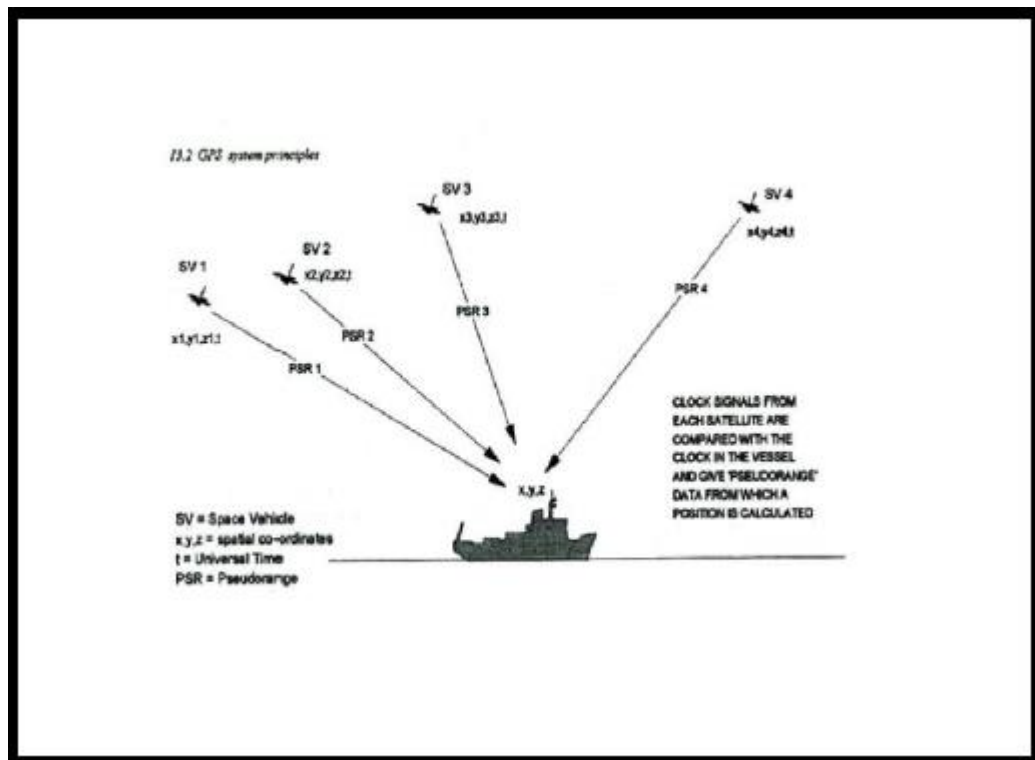
A técnica de posicionamento por satélite começou a ser utilizada com fins exclusivamente militares na final dos anos 80, desenvolvida pela NASA em colaboração com o Departamento de Defesa dos EUA e OTAN. A seguir será comentado acerca dos princípios do sistema GPS de forma a de dar subsidio ao entendimento do sistema DGPS que será comentado com mais ênfase no item 2.2.2

2.2 .1 Sistema GPS

O sistema GPS baseia-se numa constelação de 24 satélites em órbita circular a aproximadamente 20.000km de altitude (mais de 3 vezes o raio da Terra) com período de 12 hs de tal forma que para um determinado observador na superfície um satélite específico permanece cerca de 5 horas acima do horizonte.

Ademais, a depender do local e da hora o número total de satélites “visíveis” varia de 4 (número mínimo para efetuar um posicionamento tridimensional) até 10 (maior precisão), embora os períodos com menos unidades não passem de 10 min. A acurácia do sistema depende do exato conhecimento da posição dos satélites (“parâmetros efêmeros”) e um “tempo padrão” em relação ao qual emissor e receptor estejam sincronizados.

Figura-2.8 Conceito básico do sistema GPS



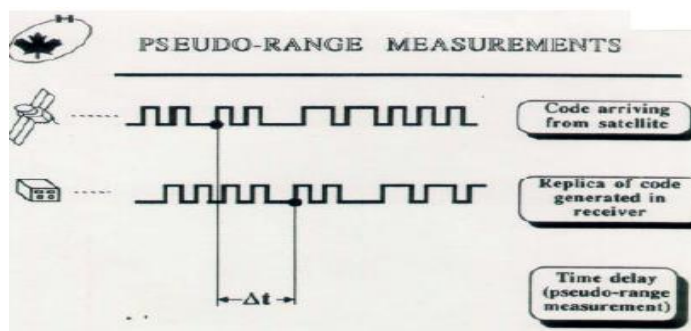
(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

Existem 4 variáveis a serem determinadas: posição (**X** e **Y**), altitude (**Z**) e a diferença de tempo entre o relógio do receptor e o relógio dos satélites (**dT**).

O receptor gera internamente o mesmo tipo de sinal codificado que é transmitido pelos satélites, comparando-os a cada momento. A defasagem medida em cada comparação (“*pseudo-range measurement*”) é resultante de dois fatores: distância emissor-receptor e dessincronia de seus “relógios internos”. O algoritmo inserido no receptor monta um sistema

de equações com as informações de pelo menos 3 satélites, e a partir do momento em que os mesmos estão “em fase” com relação ao tempo padrão GPS e suas coordenadas a cada instante são fornecidas “embutidas” no sinal, possibilitam cancelar o fator “dessincronia temporal”, restando então a componente da defasagem devido à distância.

Figura 2.9- Equemático da Modulação e determinação da pseudo distância



(Fonte: Guide to GPS Positioning Canadian GPS associates – 1987)

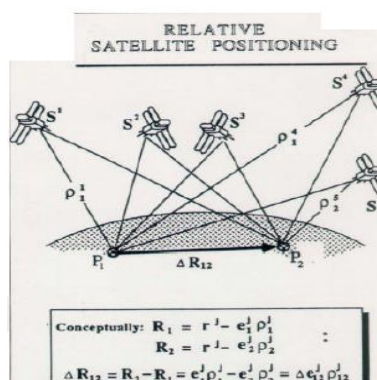
Como a velocidade do sinal eletromagnético é conhecida, a distância do receptor a cada satélite pode ser determinada. Utilizando-se pelo menos 3 deles, consegue-se uma triangulação com relação a **X** e **Y**; com um quarto satélite obtém-se a altitude **Z**; e a utilização de outros possibilita aumento de precisão. Em resumo, temos 4 variáveis (3 a serem fornecidas ao “exterior” e uma “de uso interno”, para cálculo das demais) e portanto precisamos de pelo menos 4 satélites. A velocidade do receptor por sua vez é obtida pela medição do diferencial da posição após um pré-definido e pequeno intervalo de tempo (“pseudo-range rate measurement”).

Os sinais digitais da rede GPS são bastante complicados em função de codificações denominadas **PRN** (“*Pseudo-Random Noise*”), obtidas a partir de equações definidas pelo Departamento de Defesa dos EUA. A partir da disponibilização do sistema para uso civil em 1991, criou-se o que se denomina “disponibilidade seletiva” por meio dos seguintes códigos: “*C/A -Code*”, sequência binárias de 1 milissegundo a 1,023 Mhz; “*P-code*”, sequência que se repete a cada 267 dias com frequência de 10,23 Mhz; “*Y-Code*”, similar ao “*PCode*” porém com equação de geração confidencial. Na prática os receptores de uso civil estão programados para decifrar “*C/A*” e “*P*”, porém somente usuários militares dos EUA e aliados conseguem decodificar a sequência “*Y*”. Isso se traduz em menor precisão para os instrumentos GPS comuns, da ordem de 100 m, ao passo que os de uso militar são bem mais precisos (± 10 m). Em outras palavras, a supressão do “código Y” implica numa degradação deliberada do sinal

GPS, criada por razões estratégicas. Além disso, os próprios códigos “C/A” e “P” contêm imprecisões intrínsecas, também propositais.

Para a maioria das aplicações civis, tais como navegação de longo curso, orientação em locais isolados como desertos ou florestas e até mesmo para o lazer essa precisão é mais que suficiente, porém torna inviável a utilização do “GPS puro” para o posicionamento de unidades DP e para o estabelecimento de novas locações.

Figura 2.9.1-Posicionamento relativo de Satélite



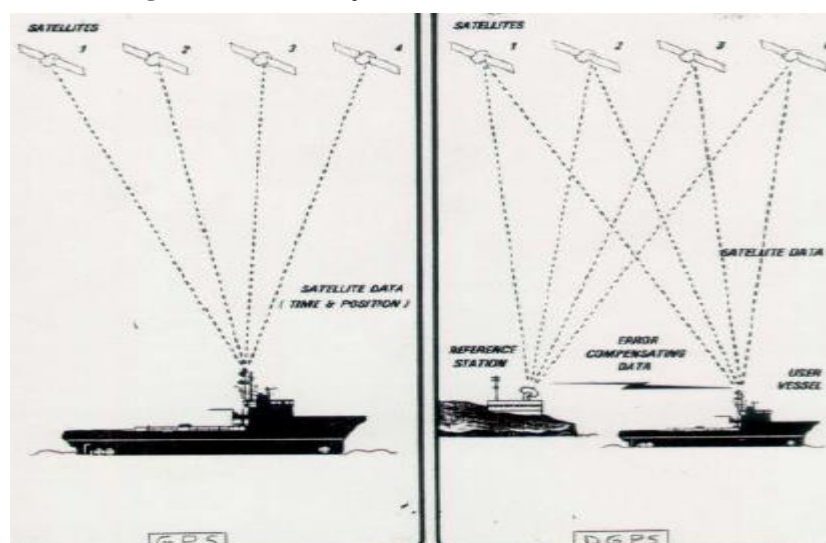
(Fonte: Guide to GPS Positioning Canadian GPS associates – 1987)

2.2.2 Sistema DGPS Propriamente dito

Objetivando justamente aumentar a precisão do sistema GPS liberado para uso civil de forma a atender atividades onde a alta resolução das coordenadas é fundamental, foi criado o GPS Diferencial.

O sistema consiste basicamente no estabelecimento de estações receptoras fixas cujas coordenadas são bem conhecidas. Ao receberem os sinais do GPS, os computadores dessas estações calculam imediatamente o erro embutido na degradação imposta às coordenadas e o transmitem instantaneamente às estações móveis usuárias do sistema (sondas, navios, etc) onde é assumido como correção. A eficiência do método está diretamente ligada à recepção da correção “on line” com o sinal GPS, o que pode ser conseguido via rádio ou, melhor ainda, via satélite de comunicações “Inmarsat” uma vez que o primeiro está sujeito a distúrbios atmosféricos e tem alcance limitado. O sistema como um todo, GPS + Correção, denomina-se Sistema DGPS e com ele a resolução obtida é da ordem de 2 a 5 m dentro da área onde é válida essa correção com grau aceitável de precisão (até cerca de 2.000 km da estação).

Figura 2.9.2-Diferença entre sistema GPS e o DGPS



(Fonte: Guide to GPS Positioning Canadian GPS associates – 1987)

O DGPS revelou-se tão eficiente graças à precisão, clareza e confiabilidade que via de regra costuma ser a 2ª prioridade em termos de referência de posição, após o acústico. Além disso, constitui-se num “back-up” que atende inteiramente ao princípio da redundância, uma vez que não está sujeito ao mesmo modo de falha dos demais sistemas.

Existem atualmente 2 estações que atendem ao DGPS no Brasil, em Macaé e em Fortaleza (além da situada nas *Falklands*, para sondas no sul do país). Embora a maior parte do Sistema esteja localizado “fora da sonda”, a baixíssima probabilidade de falha torna-o confiável e disponível praticamente “full time”. A única ressalva advém do fato que, em épocas de elevada atividade solar (“manchas”), o excesso de partículas na ionosfera causa algumas perturbações no sinal. Contudo tratam-se apenas de poucos dias durante o ano, devidamente informados pelas estações, o que não tira a confiança no DGPS.

2.2.3 Utilização do DGPS

O sistema é útil não somente em termos de posicionamento relativo (sistema DP) mas também em termos absolutos na localização de poços, agilizando o DMA. Fisicamente, na sonda, o Sistema compreende:

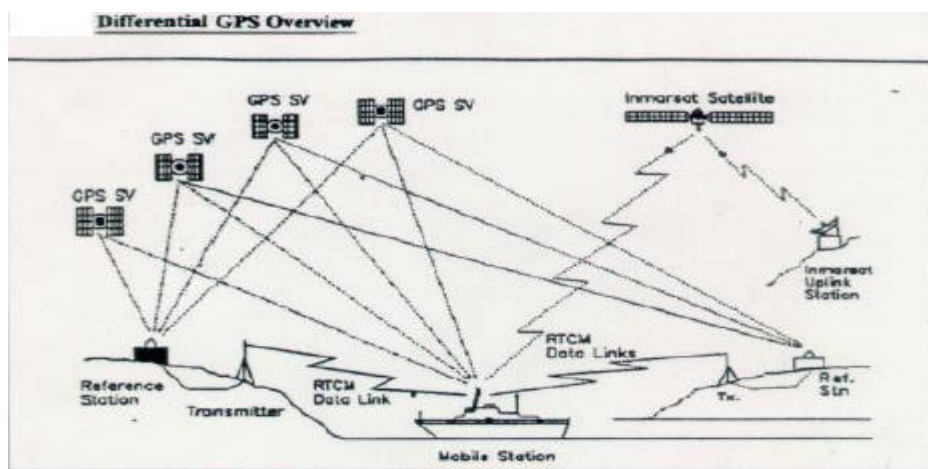
Pelo menos dois receptores GPS digitais (geralmente da “Trimble”, série 4000) com respectivas antenas “dome” omnidirecionais de 12 cm de diâmetro;

Pelo menos dois terminais receptores “diferenciais”, responsáveis pelo processamento da correção transmitida pela estação de referência, geralmente um deles ligado à antena “Inmarsat” original da Unidade e o outro com antena própria giro-estabilizada com 1 m de diâmetro, ambos no sistema “Skyfix” da “RACAL”. A duplicidade de equipamento visa

atender ao princípio da redundância em caso de falha e também compensar eventuais zonas de “sombra”, razão pela qual as antenas devem ser instaladas em locais diferentes.

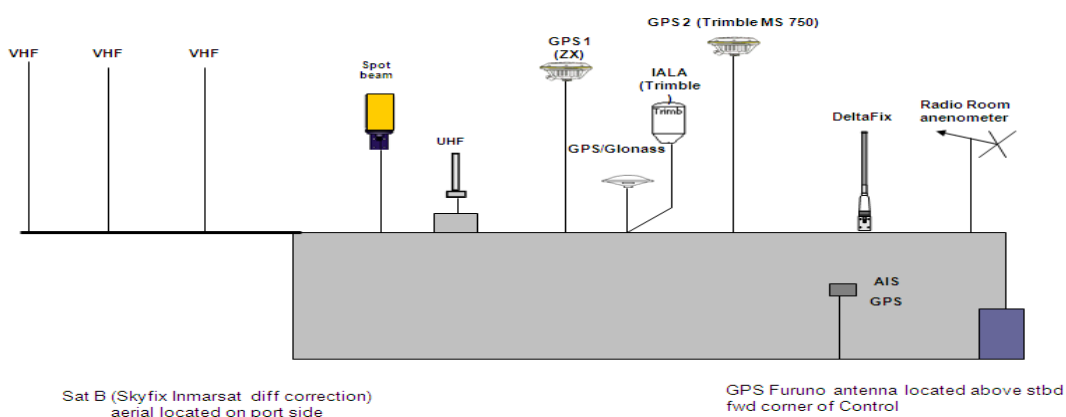
A depender do sistema DP o “input” dos DGPS’s é comutado automaticamente em caso de falha de um deles ou via chave seletora manual pelo operador. Esse input, enviado pelo processador “Skyfix” ao controlador DP, é obtido a partir da conjugação dos sinais DGPS com as informações recebidas do Giroscópio e da “VRU”, como forma de compensar os movimentos da embarcação e a distância entre antenas e centro da sonda (locação).

Figura 2.9.3-Visão geral do sistema DGPS



(Fonte: Guide to GPS Positioning Canadian GPS associates – 1987)

Figura 2.9.4 –Esquemático de antenas da Sonda Sedco 707



(Fonte: Transocean Rig Specific Files)

2.2.4 Sistemas de coordenadas

A superfície da Terra, para efeito de posicionamento, é considerada como uniforme a partir do prolongamento do nível médio dos oceanos. A figura geométrica assim obtida, denominada geóide, na prática não pode ser representada matematicamente em função de sua complexidade e das diferenças gravimétricas acarretadas pelo relevo.

Dessa forma foram criados vários elipsóides de revolução que pretendem simular matematicamente a Terra “real”. Dentre os existentes, convencionou-se internacionalmente para o DGPS a utilização do elipsóide “WGS-84” conjugado a um datum virtual arbitrado, em relação aos qual a latitude e longitude são fornecidas.

2.3 Sistemas de sensores

São equipamentos vitais para o posicionamento dinâmico de uma embarcação. As informações provenientes de alguns deles, além de alimentarem diretamente o Controlador DP (posto que são dados fundamentais para os algoritmos) são responsáveis pela “orientação” dos Sistemas de Referência de Posição.

O tipo e quantidade de sensores vai depender da estrutura do sistema DP como um todo, mais antigo ou mais moderno, além do grau de redundância. Os mais completos possuem inclusive sensores de *heave* (acelerômetros verticais), de ondas (transdutores de pressão associados com bóias) e de correnteza (transdutores rotacionais que medem velocidade e direção) cujos dados, embora úteis para complementar o banco de informações necessárias ao operador DP, não entram de forma direta no Controlador devido a suas imprecisões intrínsecas. Por outro lado existem 3 tipos de sensores comuns a qualquer unidade DP, em função de sua importância: giroscópios, VRU's e anemômetros

2.3.1 Agulhas giroscópicas (“Gyrocompass”)

Uma das principais funções do sistema DP é manter o aproamento (“*heading*”) da embarcação conforme pré-estabelecido pelo operador ou segundo a menor resultante das forças ambientais, a fim de minimizar a potência dispendida no sistema de propulsão. Além disso, o conhecimento do *heading* é fundamental para a “transformação de coordenadas” que se realiza automaticamente no transcórre da interação (Sonda) x (Sistema de Referência de Posição). Para o nível de precisão requerida no sistema DP a bússola magnética é totalmente

inadequada, ao passo que agulhas giroscópicas modernas conseguem operar com erros menores que 0,5%. Uma falha em “gyro” pode facilmente levar a uma perda de posição.

Uma “agulha giroscópica” consiste basicamente de um pêndulo composto por um rotor que gira eletricamente a alta velocidade envolvido por uma “gaiola” pivotada na horizontal, a qual por sua vez é montada numa estrutura com eixo na vertical. A componente da rotação da Terra (“Força de Coriolis”) faz com que o pêndulo efetue um movimento oscilatório de precessão até alinhar o eixo de “spin” do rotor com o meridiano local, apontando para o Norte Verdadeiro.

Através da medida do ângulo formado entre a “caixa” que contém o girante (a qual está fixa à estrutura da Unidade, normalmente na ponte de comando e alinhada com seu eixo longitudinal proa/popa) e o eixo do rotor (o qual aponta para o norte) obtém-se o “heading” da embarcação.

Essa informação é transmitida contínua e automaticamente para o Controlador DP através de um sistema elétrico. O mais comum consiste de um potenciômetro que fornece voltagens proporcionais ao seno e cosseno do ângulo de aproamento. No processador essas voltagens são reconvertidas em ângulo mediante uma função arco-tangente.

Devem existir no mínimo 2 agulhas giroscópicas na embarcação, cada um ligado de forma independente a um dos Controladores DP de forma a prover a necessária redundância.

A leitura do aproamento pode também ser obtida de forma direta pelo operador DP. Outra função da agulha giroscópica é balizar a orientação automática de antenas como Inmarsat e GPS.

2.3.2 VRU (“Vertical Reference Unit”)

Também chamado de VRS (“Vertical Reference Sensor”), fornece basicamente os valores de “pitch” e “roll” da embarcação a fim de corrigir os sinais dos Sistemas de Referência de Posição acústicos (especialmente SBL e USBL) e DGPS, distorcidos em função da movimentação de seus respectivos receptores. Sem essa “pseudo imobilização” da Unidade mediante a “anulação” (por compensação) dos movimentos em torno dos eixos transversal e longitudinal, a precisão desses Sistemas de Referência seria grandemente afetada.

Daí se conclui que as “VRU’s” também necessitam de redundância, além de estarem posicionadas o mais próximo possível do centro da embarcação de forma a eliminar fatores indesejáveis tais como aceleração angular oriunda do braço de alavanca entre o centro de

gravidade e a posição do sensor (exceção feita às mais modernas, que prescindem deste requisito).

As informações da VRU também são utilizadas em controle de lastro no caso de semi-submersíveis, por exemplo.

Quanto ao princípio de funcionamento, podemos destacar 4 tipos principais.

2.3.2.1 VRU pendular

É o tipo mais simples, utilizado em sistemas DP mais antigos. Consiste num módulo com 2 “pêndulos-potenciômetros” perpendiculares, cada qual medindo a deflexão num plano, que se traduz em variações de voltagem proporcionais a estes ângulos (sistema similar ao do *Taut Wire* e “ERA”).

O problema com esse tipo de sensor não é a medição do ângulo em si, porém a representatividade dessa deflexão em termos de *roll* e *pitch* “puros”. O pêndulo é um dispositivo mecânico sujeito a acelerações laterais e angulares decorrentes do afastamento em relação ao centro de gravidade exato da embarcação, muito embora as VRU’s sejam preferencialmente posicionadas no “*moon pool*”. Além disso, existe o atrito do potenciômetro, o que também contribui para o erro total inerente às medições.

2.3.2.2 VRU giroscópica

É também um dispositivo eletromecânico, porém, de concepção totalmente diferente. Consiste de um rotor girando a 24.000 RPM, mantido na vertical por uma armação pivotada a qual está ligada a sensores elétricos. Pela lei de conservação do momento angular, qualquer tentativa decorrente do roll e pitch de inclinar o rotor implica no surgimento de um torque na direção correspondente, proporcional à deflexão e que se traduz em variações de voltagem no circuito elétrico, devidamente interpretadas como “ângulo” pelo processador.

O mecanismo também está sujeito ao efeito de forças inerciais embora em menor escala que nos pendulares.

2.3.2.3 VRU de acelerômetros

Seu princípio de funcionamento baseia-se em acelerômetros tipo “*Systron-Donner*”. É utilizada uma combinação de acelerômetros lineares (os quais medem *roll* e *pitch* de baixa frequência) e angulares (*roll* e *pitch* de alta frequência), conjugados num dispositivo eletromecânico.

2.3.2.4 VRU magnética

É um sensor de última geração, característico de sistema DP mais recentes. Embora caro, é altamente preciso e insensível a forças inerciais posto que não se trata de dispositivo mecânico.

No interior de um módulo existem 2 campos magnéticos fixos, perpendiculares entre si e de frequências diferentes. Imersa nesses campos há uma bobina giro-estabilizada (“*pick-up coil*”, posicionada sobre um disco de plástico que flutua num líquido especial), percorrida por uma corrente constante. Os movimentos da embarcação causam perturbações nos campos magnéticos, uma vez que passam a existir movimentos relativos entre a bobina central (imóvel em relação ao referencial Terra posto que giro-estabilizada) e as bobinas geradoras dos campos magnéticos (solidárias à embarcação). Pela Lei de Faraday é gerada uma D.D.P. em cada bobina de campo, e a magnitude dessa voltagem interpretada como proporcional ao movimento relativo associado às deflexões nos eixos X e Y (*roll* e *pitch*). Porquanto as frequências dos campos são diferentes, é possível discernir a intensidade de cada movimento individualmente.

Esse tipo de VRU situa-se normalmente na ponte de comando, próxima aos Controladores DP, num módulo cilíndrico de aço inox com 0,6m de altura e 0,4 m de diâmetro.

Um outro tipo de VRU magnética, embora baseada no mesmo princípio, difere em detalhes construtivos. No caso compõe-se de dois módulos, um orientado no eixo proa/popa e outro no eixo BB/BE com respectivos conjuntos bobina/campo magnético.

2.4 Anemômetros

Das forças ambientais que predominantemente atuam sobre uma embarcação DP - corrente, ondas e vento - este último é o único que pode ser diretamente medido com razoável grau de precisão. Adicionalmente é o elemento oceano-meteorológico cuja taxa de variação é mais acentuada, tanto no que tange à direção quanto na intensidade (rajadas).

2.4.1 Influência do vento no controle DP

Desde o início os projetistas de Controladores DP atentaram para o fato de que essa característica de mudança brusca, principalmente no que se refere às rajadas, era um fator potencialmente desestabilizante para o posicionamento dinâmico. Foi então desenvolvido um processo de “retroalimentação eólica” (“*wind feedforward*”) a ser introduzido no Algoritmo Controlador, cujas etapas são:

- a) Medir intensidade e direção do vento;
- b) Subdividir a direção medida nos componentes X, Y e N a fim de obter os respectivos “coeficientes de força de vento” (cujos valores básicos de referência foram determinados no projeto da embarcação);
- c) Multiplicar cada componente da velocidade do vento pelos respectivos “coeficientes de força” em X, Y e N, obtendo assim a resultante dos esforços devido ao vento em cada uma dessas direções;
- d) Inserir as forças de vento assim calculadas no Controlador DP, de modo a efetuar as correções necessárias no “output” para os thrusters.

Esse método garante que mudanças bruscas no vento sejam prontamente levadas em conta pelo Sistema, antes que possam acarretar desvios significativos no posicionamento da embarcação.

Nos Controladores mais modernos, dotados de Filtros Kalman, em caso de “corte” das informações provenientes dos anemômetros o Sistema após alguns minutos percebe uma força adicional agindo na embarcação (efeito do vento) e a partir daí passa a incorporá-lo no fator “corrente”, variável primária que entra no cálculo da força comandada aos *thrusters*. Entretanto mesmo nesses casos mudanças bruscas como rajadas não conseguem ser compensadas, e daí a importância dos anemômetros.

2.5 *Wind sensors*

Os anemômetros são instrumentos simples. A direção do vento é indicada por uma pequena pá que se alinha com o mesmo, e em cuja base de pivotamento existe um potenciômetro circular que origina variações de voltagem proporcionais ao ângulo. A velocidade é medida a partir de 3 ou 4 pequenas cuias que, ao girar, movimentam o eixo de um pequeno gerador de corrente contínua cuja intensidade é proporcional a essa velocidade. Os dois “*outputs*” são adequadamente interpretados pelo controlador DP.

Entretanto é importante que existam diversos anemômetros, não somente em função da redundância como também pelo posicionamento, o qual deve ser diferente de modo a proporcionar uma média confiável e evitar que fatores externos (zonas de “sombra” ou barreiras, por exemplo) afetem todos ao mesmo tempo.

Existem, porém, limitações “crônicas” no sistema de sensoriamento eólico. O fluxo de vento que corta uma embarcação não é uniforme, mas perturbado pelas discontinuidades de sua estrutura; dois anemômetros em localizações próximas dificilmente concordam em mais de 80%; causas externas como um helicóptero pode levar a interpretações errôneas; a escolha do posicionamento ideal dos anemômetros é operação por vezes complicada.

2.6 *Sistemas de UPS (“Uninterruptible Power Supply”)*

Este Sistema, também conhecido como “No Breaks”, é o responsável pelo suprimento contínuo de energia ao coração de um Sistema DP, qual seja o conjunto de Controladores/Processadores. Além disso, garante o funcionamento de sistemas vitais como os de referência de posição e sensores em caso de “black-out”, tornando possível continuar o monitoramento da posição e outras informações correlatas, além de evitar a perda dos dados armazenados.

Uma vez que em condições normais toda a alimentação dos Controladores passa pelas UPS’s, outra função das mesmas é “filtrar” e absorver picos de corrente ou ruídos decorrentes das atividades normais da sonda, dessa forma preservando os sensíveis equipamentos relacionados ao controle do posicionamento. Devem existir no mínimo 2 UPS’s para efeito de redundância.

Uma típica UPS é composta dos seguintes itens:

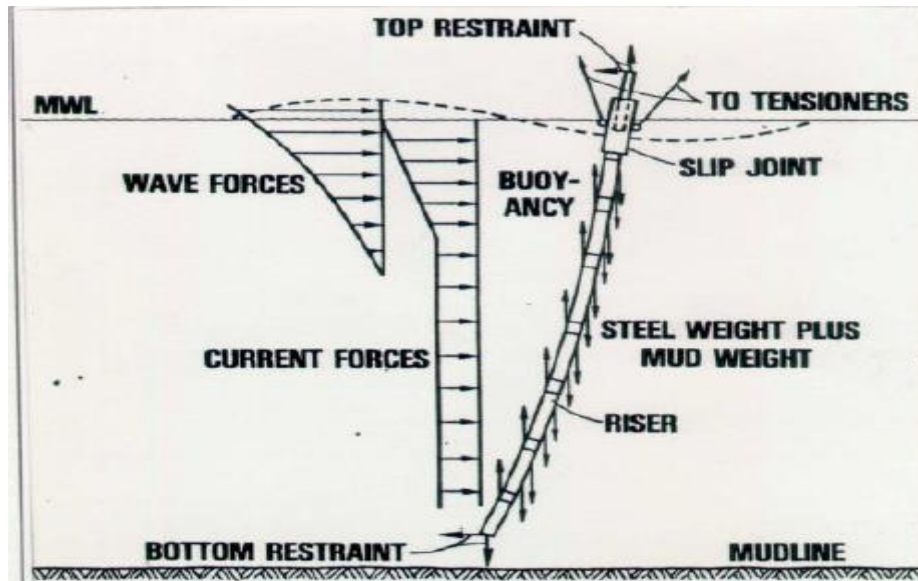
- a) Carregador de baterias- Geralmente dual, transforma a corrente alternada proveniente do sistema de geração da embarcação em corrente contínua, enviada simultaneamente para o inversor e para a alimentação do banco de baterias;
- b) Banco de baterias- Responsável pelo fornecimento de energia aos Controladores em caso de “*black out*”, com capacidade para no mínimo meia hora de operação;
- c) Inversor- Também dual, converte a corrente contínua recebida diretamente do Carregador (em condições normais) ou do Banco de Baterias (em caso de “*Black out*”) em corrente alternada de baixa voltagem que alimenta os Controladores (geralmente 115 V). A comutação carregador/baterias é efetuada por meio de um “switch” automático. Em caso de falha podem acarretar danos irreversíveis ao sistema de Controladores;
- d) Chave estática- No caso de sistemas com dupla UPS, este switch tem por função comutar da principal para a “*stand by*” automaticamente no caso de falha ou esgotamento das baterias.

2.7 ERA (*Electric Riser Angle*)

O conhecimento a cada instante do ângulo de deflexão da *Ball Joint* Inferior (ou *Uniflex Joint*) do *Lower Marine Riser* é importante pelos seguintes motivos: em Sistemas DP mais antigos constitui-se em parâmetro fundamental para balizar os limites operacionais da Unidade, inclusive como critério desde a entrada no Estado Degradado até eventual desconexão de emergência; em Sistemas DP mais modernos, embora o *offset* seja o parâmetro relevante, o conhecimento desse ângulo possibilita efetuar correções na superfície de modo a não extrapolar os limites de compensação do equipamentos acoplados à cabeça do poço. Na *Ball Joint*, por exemplo, ângulos acentuados poderiam danificá-la além de acarretar esforços indesejados no LMRP ou na própria coluna de trabalho; em ambos os casos possibilita efetuar desconexão suave e segura do conector do LMRP, mantendo o ângulo o mais próximo possível de zero.

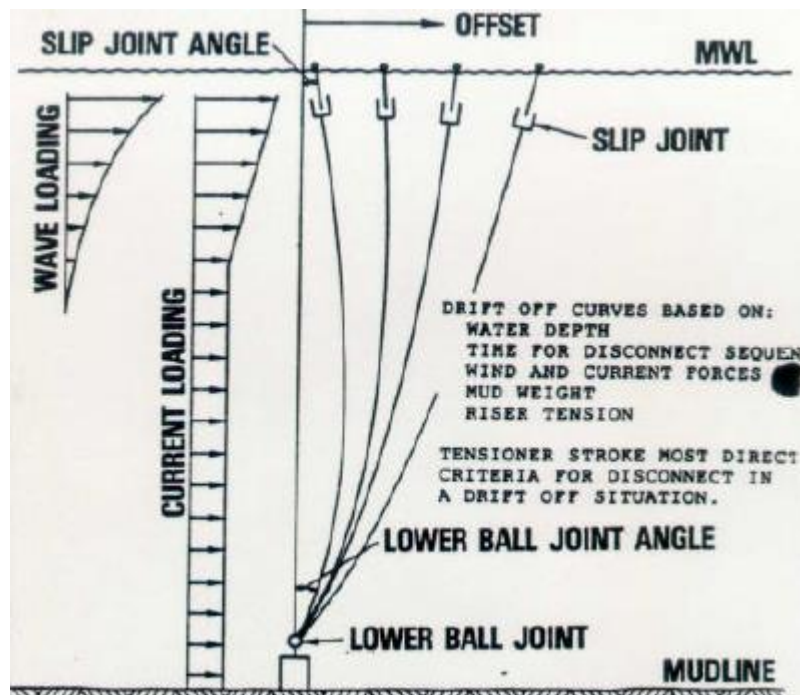
A princípio este sistema só pode ser instalado em risers de perfuração, em função do tamanho e local específico para a montagem além da necessidade de cabo elétrico (geralmente através do POD *multiplex*).

Figura 2.9.5- Ângulo do ERA devido as forças ambientais e peso do Fluido



(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

Figura 2.9.6- Representação do ERA



(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

2.7.1 Funcionamento

São instalados 2 módulos entre a *Ball Joint* e a primeira junta de *Marine Riser*, cada qual interligado eletricamente à superfície por um dos POD's *multiplex*, azul e amarelo, de forma a prover a necessária redundância. Os módulos são alinhados em relação a um dos

eixos do “*BOP Stack*” de tal forma que seus headings sejam conhecidos em função da posição de assentamento do BOP, dado importante com o qual o operador DP alimenta o Sistema Controlador.

No interior de cada módulo existem 2 “pêndulos-potenciômetros” ortogonalmente dispostos de forma a medir a inclinação nas direções norte-sul e leste-oeste. Além da importância já relatada desses ângulos em si, o Sistema DP efetua um cálculo aproximado do offset da embarcação considerando a coluna de risers como uma linha reta.

Na verdade isso não ocorre posto que as forças impostas pelas correntezas acarretam curvaturas na coluna, tanto mais acentuadas quanto maior a lâmina d’água, mas que podem ser parcialmente compensadas mediante uma calibração preliminar com o Sistema Acústico.

Em linhas gerais o princípio de funcionamento é similar ao do *Taut Wire*, porém com equipamento bem mais robusto de forma a suportar os impactos e vibrações às quais está sujeito o conjunto BOP. Alguns sistemas baseiam-se em movimento de bobinas em relação a campos magnéticos ao invés de pêndulos.

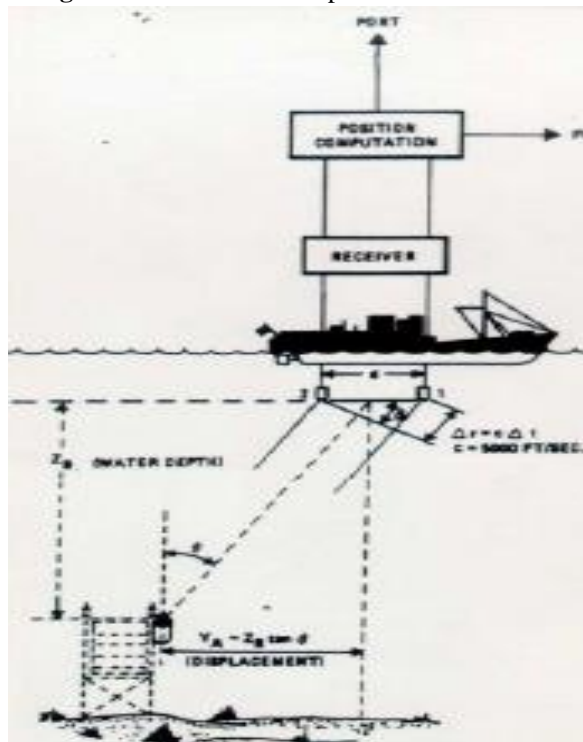
Os sinais provenientes dos 2 ERA’s entram de forma independente no Controlador DP e são automaticamente comutados em caso de falha de algum módulo ou problemas num dos POD’s do sistema *multiplex*.

2.8 ARA (*Acoustic Riser Angle*)

Sua função é a mesma do “ERA”, qual seja medir a inclinação da “*Ball/Uniflex Joint*”, porém em geral tem menor precisão. Na prática nem todas as unidades DP dispõem deste sensor, e naquelas que o utilizam atua como back-up do “ERA” ou apenas como uma referência autônoma, sequer conectado ao Controlador DP.

Suas maiores vantagens são a simplicidade, pequeno tamanho e possibilidade de instalação em ferramentas ANM como forma de balizar o deslocamento da sonda a fim de minimizar o ângulo para EDS ou desconexão normal.

Figura 2.9.7- Geometria Operacional do ARA



(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

2.8.1 Funcionamento

O módulo “ARA” “clássico” (mais antigo) tem formato cilíndrico com cerca de 0,8 m de altura, diâmetro 0,4 m e peso de 160 kg, fixado através de “clamps” na 1ª junta de *Riser* de Perfuração acima da *Ball Joint*.

Alimentado por bateria recarregável ou não (vida média 100 dias) consiste num *beacon* que opera continuamente emitindo uma série de 3 pulsos a intervalos cíclicos. Existem 2 inclinômetros perpendiculares no interior do módulo cuja leitura é transmitida para a superfície codificada na forma do tempo de espaçamento entre cada pulso da sequência.

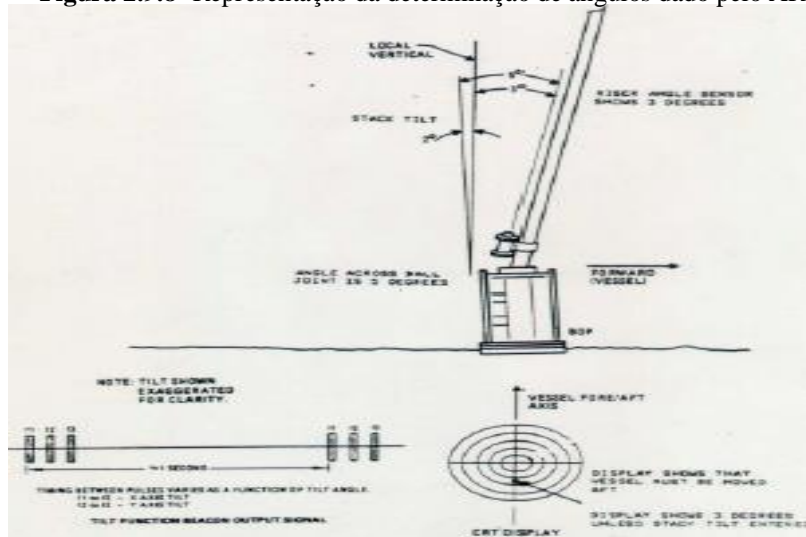
Quando o riser está na vertical (inclinação zero), a separação entre os pulsos é de 40 milisegundos. Para cada grau de inclinação esse intervalo aumenta em 2 milisegundos, sendo que o espaçamento entre o 1º e 2º pulsos codifica a inclinação no eixo BB/BE e entre o 2º e 3º pulsos a inclinação proa/popa.

Nos sistemas mais modernos ao invés de *beacon* utiliza-se um *transponder* que emite mensagens de telemetria informando diretamente os valores lidos de inclinação.

As informações são captadas por hidrofones específicos no casco da embarcação e processadas pelo receptor “ARA”, apresentando a posição da sonda em relação à cabeça do

poço e a inclinação do riser junto à *Ball Joint*. A frequência de operação pode variar entre 22 e 30 KHz, a depender do fabricante e da pré-calibração na montagem do equipamento.

Figura 2.9.8- Representação da determinação de ângulos dado pelo ARA



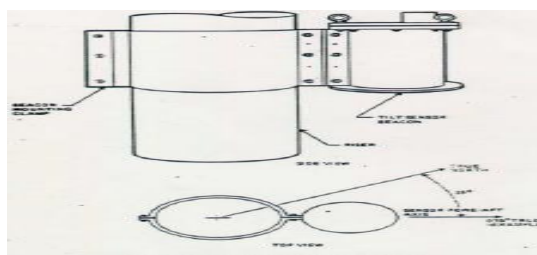
(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

2.8.2 Codificação do “ARA”

A descrição acima corresponde ao sistema de “módulo único”, tal como o “tradicional” da Nautronix (Honeywell). Existem, porém, sistemas “ARA” mais sofisticados, subdivididos em dois módulos conectados acima do LMRP e no próprio “Stack”, os quais se interrelacionam e enviam à superfície dados como ângulos relativos entre eles (por exemplo, modelo “MRAMS” USBL da “Sonardyne” adotado no “Neddill 2”). Ao contrário do convencional, entretanto, este modelo não permite adaptação em riser de completação em função do tamanho e complexidade.

Um detalhe importante na instalação é a orientação cuidadosa do módulo em relação ao BOP de tal forma que as leituras de inclinação nos eixos X e Y correspondam a uma referência pré-estabelecida e devidamente informada ao processador.

Figura 2.9.9- Montagem do módulo “ARA” convencional



(Fonte: Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition)

3 INTRODUÇÃO A PERFURAÇÃO

Este capítulo tem por objetivo dar uma visão geral na exploração de petróleo através da perfuração de poços mostrando as fases da perfuração, as várias operações de um poço, os equipamentos e sistemas que compõem um navio sonda plataforma sonda e o que o posicionamento dinâmico pode interferir nessas operações.

3.1 Introdução à perfuração

Perfuração está entre as mais importantes e arriscadas atividades na indústria do petróleo. Requer muitos materiais pesados e pessoas qualificadas para o custo efetivo e realizada no tempo requerido com segurança e dentro do orçamento.

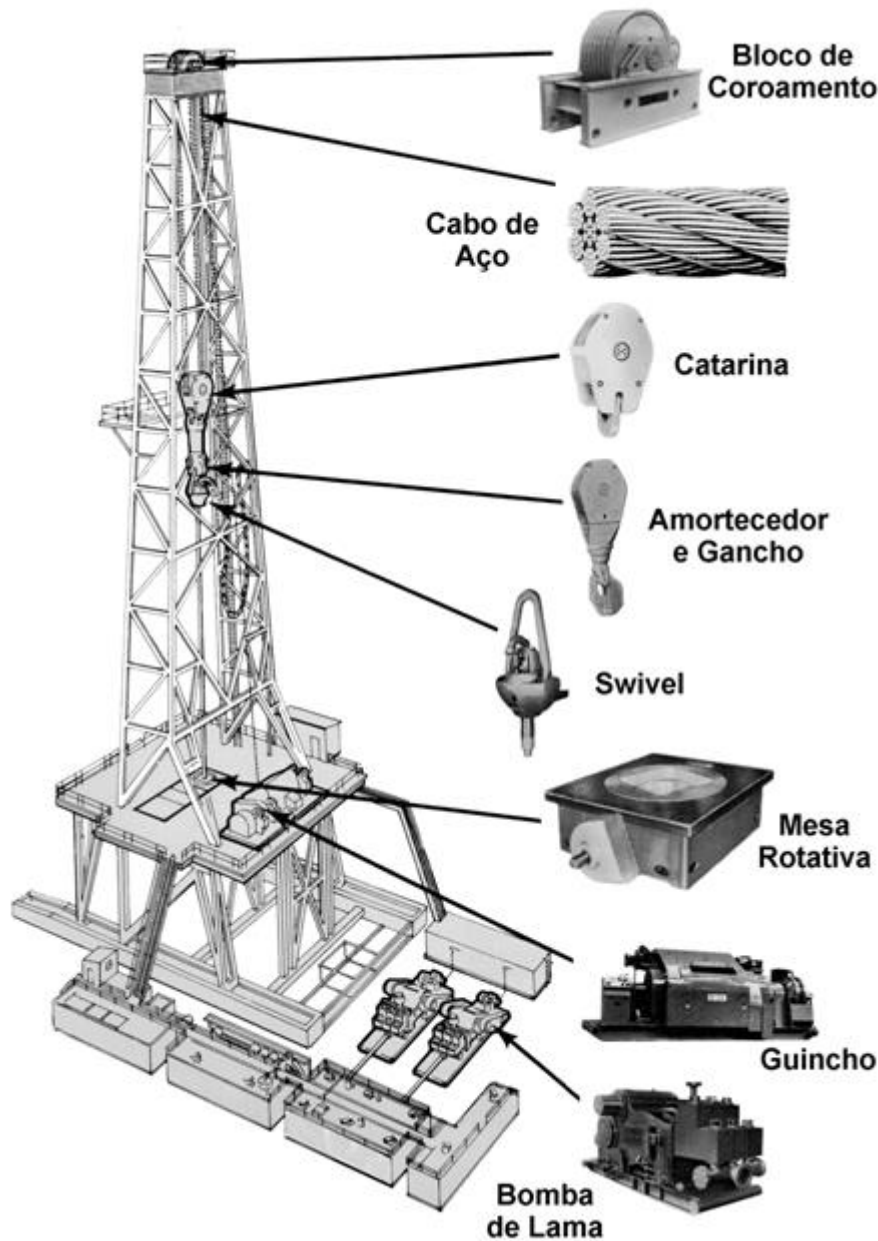
Um dos importantes instrumentos de segurança na perfuração é “*mud logging*”, unidade na qual assiste em tempo real a operação de perfuração e reage para qualquer potencial ou perigo existente.

3.2 Generalidades sobre perfuração

Perfurar significa fazer um buraco para se ter acesso na sub-superfície da terra. Muitas técnicas foram desenvolvidas para provar a existência de hidrocarbonetos na sub-superfície da terra, mas perfuração é ainda a única técnica que pode confirmar em 100% a presença de hidrocarbonetos. Existem geralmente dois tipos de perfuração: exploração e produção. Poços exploratórios ou de avaliação são apontados para determinar a extensão dos reservatórios, onde produção ou desenvolvimentos de poços são feitos para extração de hidrocarbonetos.

Perfuração de produção ou rotação é o mais usado atualmente por causa da sua alta performance e requer materiais pesados como mostrado na página seguinte:

Figura 3.0 – Figura de uma plataforma de perfuração com seus devidos equipamentos



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.3 Equipamentos que compõe a perfuração

A complexidade da operação de perfuração requer muitos tipos de equipamentos pesados. Eles são divididos em três grupos:

- Equipamentos da superestrutura: a plataforma e acima;
- Equipamentos de subestrutura: entre a superfície da terra e a plataforma;
- Equipamentos de perfuração: equipamentos de sub-superfície;
- Outros equipamentos: bombas de lama, geradores de eletricidades, etc *

Perfuração está entre as mais importantes e arriscadas atividades na indústria do petróleo. Requer muitos materiais pesados e pessoas qualificadas para o custo efetivo e realizada no tempo requerido com segurança e dentro do orçamento.

3.3.1-Equipamentos da superestrutura

- a) *Derrick* (torre): parece um guindaste, contém todos os equipamentos para manusear seguramente todos os equipamentos de perfuração, “tripping” (descida e subida de coluna no poço), e atividades de test;
- b) *Draw-works*: o principal mecanismo de içar/arriar contendo o cabo de perfuração o qual é controlado usando uma série de embreagens, engrenagens e freio;
- c) *Top-Drive* e equipamentos de rotação: durante a operação de perfuração o Top-Drive é usado para fornecer movimento rotacional para a coluna de perfuração e conectar a coluna de perfuração para o sistema de circulação da lama;
- d) *Rig floor*: parece ser uma área de acoplamento de tubo de trabalho, mangueiras, buraco e ferramentas. Serve como uma área segura onde os operadores podem manusear ou ajuntar as partes da coluna de perfuração e um lugar onde o escritório do sondador (*dog house*) está situado;
- e) *Driller’s doghouse*: pequena área fechada no canto do convés da plataforma aonde o Sondador conduz a atividade de perfuração;
- f) *Manifold de Choke e Kill*: uma rede complexa de tubos e válvulas que permite o sondador controlar a pressão abaixo do buraco em uma situação de kick;
- g) *V-Door e Catwalk* (rampa): quando o equipamento está pronto para ser trazido para a plataforma o cabo do burrinho é conectado e arrastado em uma área do convés inclinado que conecta o burrinho a plataforma chamada de V-Door;
- h) *Mud Pit e Área de mistura*: a sala dos tanques de lama onde o fluido de perfuração é misturado de suas partes componentes e partes bombeadas que retornam do poço. Os tanques variam de tamanho e número de acordo com cada plataforma;
- i) *Shale shakers* (peneiras) e *Mud Cleaners*: peneira é o local onde a lama retorna e é limpa dos detritos. Mud cleaners é uma variedade de aparelho centrífuga usado para a limpeza da lama para evitar a construção de contaminantes e amostras finas de detritos. O gás também pode ser extraído usando o degasser.

j)

k)

Figura 3.1 – Driller’s DOG HOUSE” (Cabine de Sondador)

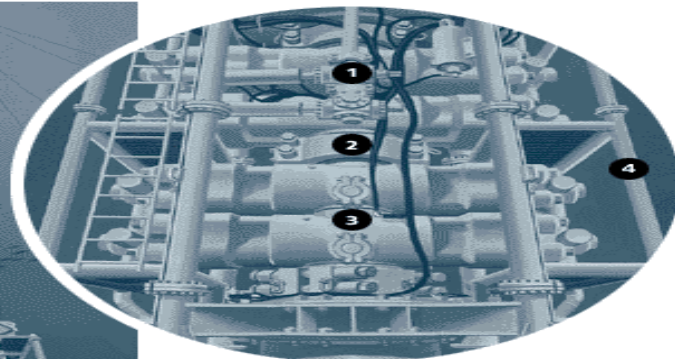


(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.3.2 Equipamentos da Subestrutura

- a) BOPs (Blow Out Preventers): uma série de mecanismo de valvulas empilhadas a qual permite uma anulação a rápida isolamento da parede do poço em um evento do escoamento do fluido de perfuração dentro dos buracos da parede do poço.

Figura 3.2– Blow Out Preventer (BOP) – Preventor de Erupção



- 1 - Válvula Submarina**
- 2 - Conector**
- 3 - BOP de Gaveta**
- 4 - Estrutura**

(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.3.3 Equipamentos de perfuração

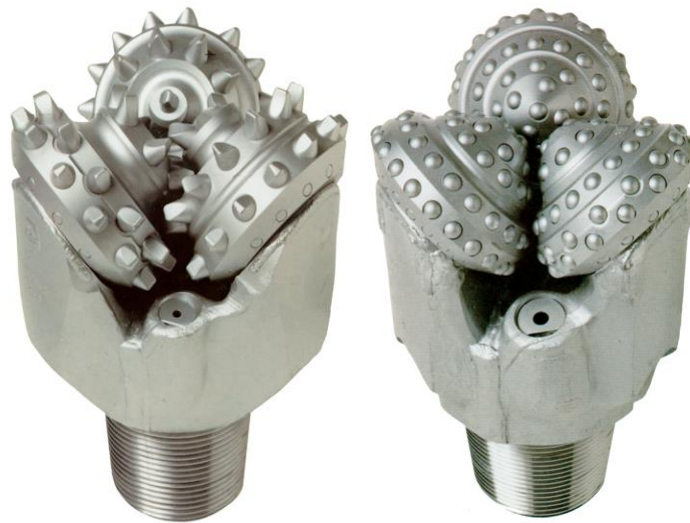
Drill String (Coluna de perfuração): seus principais componentes são: tubos de perfuração, tubos de perfuração pesados (HWDP), drill collars (DC), perfilagem são medidas enquanto ferramentas de perfuração (LWD/MWD são opcionais) e brocas de perfuração. Dentre as funções da coluna de perfuração as principais são: fornecer uma conexão robusta da plataforma para a broca, facilidade a aplicação da descida e força rotativa para a broca e permitir a circulação de fluido de perfuração.

Figura 3.3 – Drill Pipes (Tubos de Perfuração)



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

Figura 3.4 – Drill Bits (Brocas)



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.3.4 Outros equipamentos

- a) Bombas de lama: usadas para bombear lama com alta pressão para dentro do poço;
- b) Geradores de Eletricidade: usado para produzir eletricidade e alimentar todos os equipamentos usados na operação do poço;
- c) Equipamentos de manusear: tais como exemplo guindastes, burrinhos, etc;
- d) Equipamentos de manuseio da coluna de perfuração: todos os equipamentos utilizados enquanto se desce ou sobe coluna tais como chave flutuante, elevador de tubos, cunhas, robô de torque, etc.

Figura 3.5 – Crane (Guindaste)



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

Figura 3.6– Iron Roughneck (Robô de Aço para torque)



(Fonte: Sedco 707 Rig Specific Manual_2006)

3.4 Fases da perfuração

Perfurar um poço com segurança, sem causar instabilidades nas rochas cortadas (colapso, fraturamento) e sem permitir influxo de fluidos da formação (água, óleo, gás).

No geral podemos dizer que as fases principais na perfuração para um poço são:

- a) Perfurar;
- b) Circular;
- c) Perfilar;
- d) Revestir;
- e) Cimentar.

3.4.1 Perfurar

Na perfuração é a etapa na qual a um aumento na profundidade do poço, Caracteriza-se por peso e rotação sobre a broca e pela circulação de fluido.

O peso e a rotação tem a função de destruir as rochas, já o fluido retira os cascalhos gerados pela broca e o transporta para a superfície.

Figura 3.7- Mostra o início da operação de perfuração



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

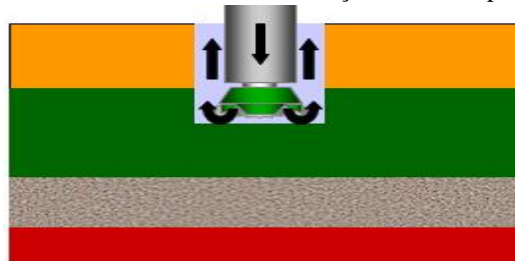
Na perfuração o *Top Drive* gira a broca por meio da coluna de perfuração. A coluna de perfuração fica conectada ao Top drive e passa pela mesa rotativa que serve para segurar toda a coluna durante uma subida ou descida da coluna para conexão ou desacoplamento dos tubos de perfuração. O peso aplicado na broca e o movimento rotacional permite que a mesma se mova no sentido vertical para baixo fazendo o buraco para a construção do poço. Essa é a primeira fase que se inicia com a perfuração inicial.

Uma vez que a perfuração se inicia o fluido de perfuração ou a lama é constantemente bombeado para baixo através do tubo de perfuração e ejetado através dos bicos da broca em uma alta velocidade e pressão. A lama retorna para a superfície através do espaço anular entre a coluna de perfuração e a parede do poço. A função do fluido é tirar o cascalho fora da parede do poço e trazer para a superfície. Também serve para resfriar a broca e neutralizar a pressão de formação de baixo.

3.4.2 Circular

Circulação consiste em se manter apenas o fluido sendo bombeado, sem peso sobre a broca, assim não se tem avanço na perfuração e apenas consegue-se a limpeza do poço.

Figura 3.8-Mostra o sentido de circulação do fluido pela broca



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

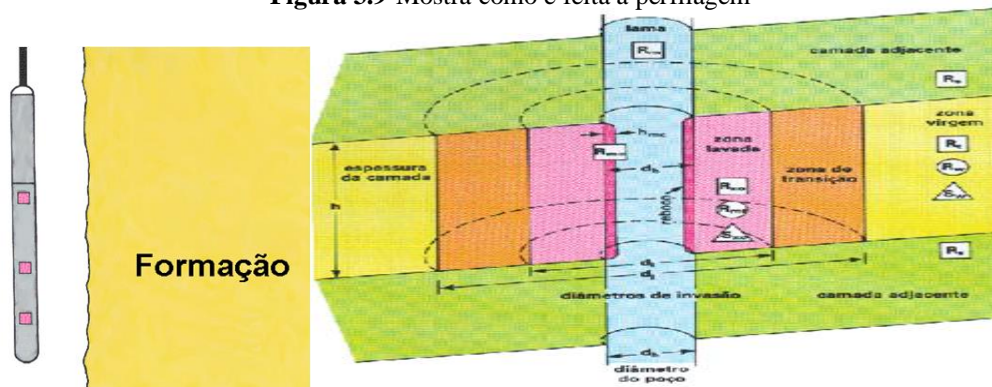
3.4.3 Perfilar

Após a perfuração de uma fase do poço e antes de revestir é comum a descida de registradores para se medir algumas das propriedades da formação.

A perfilaragem pode ser feita usando vários métodos e equipamentos no que dependerá do seu propósito e do material a ser analisado, como exemplo temos:

- a) Potencial espontâneo - SP (Detectar zonas porosas e argilosidade)
- b) Raios Gama - GR (Identificar litologia e argilosidade)
- c) Neutrônico - NPHI (Porosidade, litologia e detecção de HC leves)
- d) Indução - ILD (Correlação de poços)
- e) Sônico - DT (Estimar porosidade, constantes elásticas)
- f) Densidade - RHOB (Densidade, porosidade e HC leves)

Figura 3.9-Mostra como é feita a perfilagem



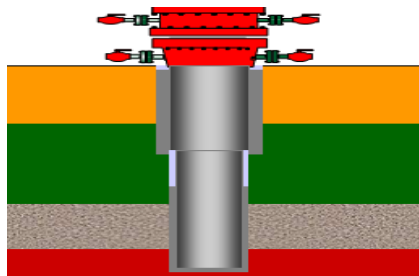
(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.4.4 Revestir

Após a perfuração de uma fase do poço e da perfilagem a parede do poço é protegida pelo revestimento, o qual é cimentado, permitindo assim o prosseguimento da perfuração.

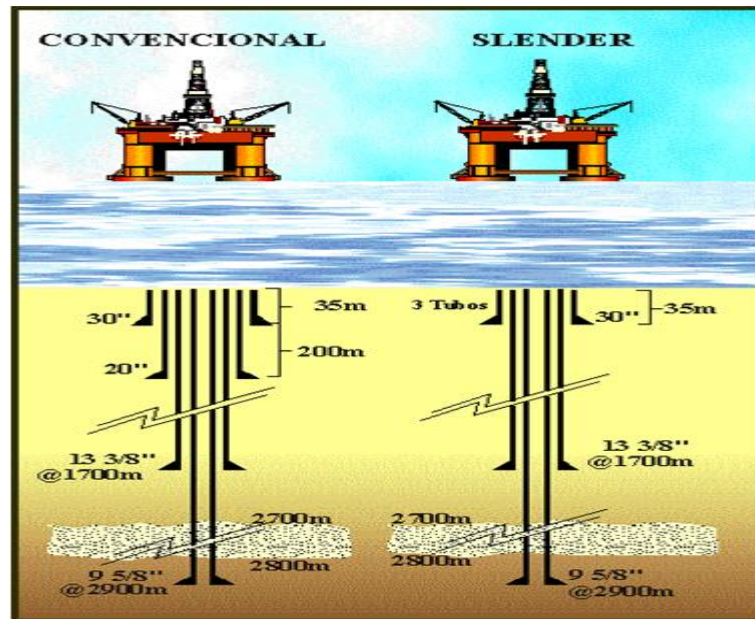
A operação de revestimento se inicia uma vez que o poço é perfurado e aberto o buraco até alcançar a profundidade desejada, toda a coluna de perfuração deve ser puxada para fora do buraco e se inicia a descida do revestimento da largura do buraco aberto de acordo com o tamanho da broca e o BHA (Bottom Hole Assembled) montado. O revestimento evita que o poço se cure e tem a função de selar a formação, previne desmoronamento, evita contaminação de água potável, permitir retorno à superfície, serve como controle de Pressões, permite diferentes tipos de fluidos, impede migração de fluidos, Sustenta outro revestimento, isola a água da formação produtora, etc...

Figura 3.10-Mostra primeira seção de revestimento descida para o poço



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

Figura 3.11-Mostra as várias seções de revestimentos



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

3.4.5 Cimentar

A operação de cimentação tem como um dos objetivos, preencher espaço entre o revestimento e a parede do poço e a função de prover o isolamento hidráulico entre as diferentes zonas permeáveis, suportar a coluna de revestimento e proteger o revestimento contra fluidos agressivos.

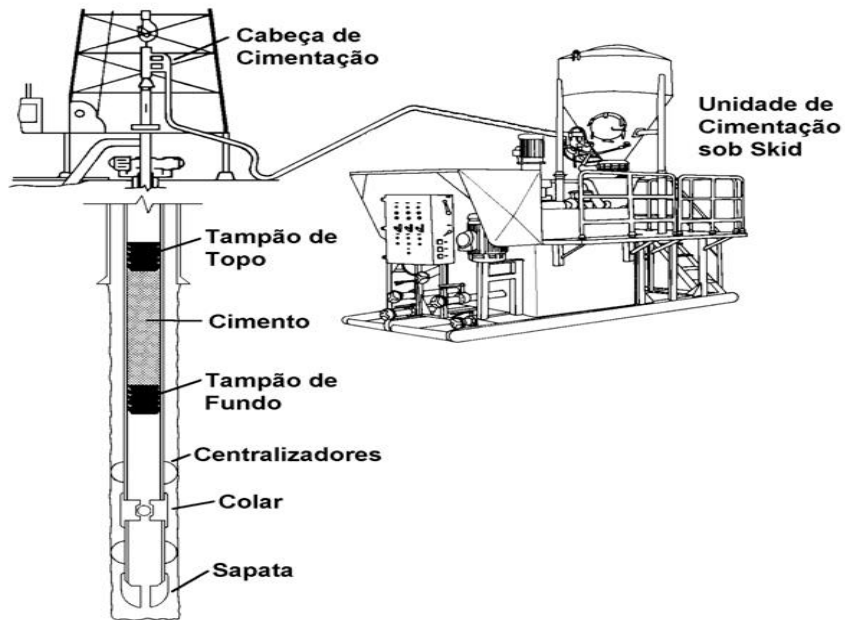
O trabalho de cimentação também consiste em isolar e selar o poço contra a zona de petróleo, gás e água e ainda adere o revestimento firmemente na parede do poço. Existem outras operações de cimentação em outras fases do poço como no caso de se plugar uma zona para desviar a coluna de perfuração em caso de poço direcional. Há ainda varias outras fases que compõem a operação de perfuração para que se finalize o poço que dependendo pode durar meses ou até anos para se finalizar e completar deixando assim pronto para a produção.

3.4.5.1 Tipos de cimentação

- a) **Cimentação Primária:** É a cimentação realizada logo após a descida da coluna de revestimento;
- b) **Cimentação Secundária:** Recimentação ou squeeze: Destina-se a corrigir a cimentação primária, quando há necessidade e Tampões, para abandono do poço ou

para isolamento de zonas inferiores, algumas vezes durante a perfuração pode ser usada no combate de perda de circulação.

Figura 3.12- Planta de Cimentação



(Fonte: Power Point_ Curso_Fundamentos_de_Perfuracao_ Equipe de Perfuração da UC/NB)

4 APLICAÇÃO DAS SONDAS DP NA PERFURAÇÃO DE POÇOS OFFSHORE.

Este Capítulo falará abordará a aplicação das Sondas DP na perfuração de poços offshore, mostrará o como é feito o cálculo de medição do afastamento de uma unidade dp quando conectada, comentará sobre o Guia Operacional Específico do Poço (WSOG), o seu objetivo, como é determinado, este capítulo também comentará sobre desconexão de emergência, operações críticas, critérios para determinas estado degradado operacional e alarmes do DP.

4.1 Aplicação

O problema de posicionamento para uma sonda de perfuração estaria essencialmente em se manter na locação desejada, exatamente sobre o poço ou a uma determinada distância horizontal (*offset*) do poço, durante as operações da sonda de perfuração. O centro de rotação do navio ou da plataforma semi-submersível está localizado na mesa rotativa do piso de perfuração.

Embarcações de posicionamento dinâmico podem ter apenas um casco (*monohull*) ou possuírem formas de sonda semi-submersível (*multi-hull*). Do ponto de vista do operador, um importante fator é a capacidade de manter posição. No caso do navio sonda (*monohull*), o navio pode precisar aproar para as forças resultantes ambientais (vento, corrente e ondas) na intenção de reduzir o consumo de energia como também à carga nos thrusters.

Esta necessidade de aproar as forças a resultantes poderá ser restrita pela configuração do riser. Como de costume a configuração do riser não irá permitir um giro de 360° sobre o eixo da perfuração. Isso é por causa do perigo de enrolar as linhas que existem no BOP (*choke e kill*) em torno do *riser*. Tipicamente, um desvio de 180° é o máximo permitido do aproamento de assentamento da embarcação no poço.

Se a embarcação é uma embarcação semi-submersível, então aproar as forças ambientais é de menor importância . Usualmente a silueta de uma plataforma semi-submersível é similar em todas as direções e, sendo assim, não existe nenhuma vantagem real para uma determinada proa. Ao contrário, a direção e velocidade da corrente serão de grande importância e terão um efeito muito grande na escolha do aproamento, sendo de grande importância de colocar os submarinos (pontoons) aproados na direção da corrente.

Em águas profundas, a situação com a unidade de perfuração se torna mais complexa, devido ao número de dutos de interligação (*risers*) e tamanho da coluna de tubos que transmite fluido de perfuração (*drillstring*), a força e modelo de correntes de superfície e das correntes de fundo. O ponto crítico é no sistema de controle do BOP (*Lower Marine Riser Package* (LMRP)) que inclui a base da gravidade, a cabeça do poço e o BOP. A isso é acoplado ao riser. O peso considerável do riser e da coluna de perfuração é suspensa pela torre de perfuração por meio de um bloco. A parte final do riser acopla o BOP através de uma junta flexível que permite deflexões angulares em qualquer direção. É vital que o riser e BOP estejam alinhados, qualquer desalinhamento irá causar desgaste. Os ângulos críticos são entre 3° e 7°. O máximo ângulo permitido de entre o riser e o BOP para operações normais é de 3°, enquanto que um ângulo de 7° dita que o riser deve ser desconectado. Se a embarcação estiver sofrendo uma perda de posicionamento, é importante que ações corretas sejam tomadas no tempo certo e se o riser chegar a um valor de 10°, pode ser que desconexão se torne impossível causando um incidente ainda maior a bordo. Os círculos de guarda (*watch circles*) na verdade esse círculo de 3° é um alarme de aviso, vinculado a um alerta amarelo, sob o qual a tripulação da plataforma irá preparar para desconectar o riser da LMRP, enquanto o círculo de guarda 7° (*watch circle*) constitui o alerta vermelho, no qual o riser será desconectado usando o sistema de desconexão de emergência.

Por causa da força da corrente, o riser irá arquear numa direção para onde a corrente estiver saindo entre o riser e a *stack*. Se a plataforma estiver posicionada verticalmente sobre o BOP, esta proa irá resultar em um ângulo de offset entre o riser e o BOP. Para reduzir este ângulo à zero, a plataforma deve ser posicionada com um offset numa direção de onde a corrente estiver vindo. Na prática, a plataforma deve ser continuamente manobrada na intenção de manter o ângulo do riser com BOP a zero ou próximo de zero. Isto faz com que a posição dos círculos mais complexa.

4.2 Medição do afastamento de uma unidade DP quando conectada

O sistema DP “destrincha” o afastamento em relação ao alvo em termos das 3 coordenadas ou movimentos básicos. Na prática, porém as grandezas que visualizamos e com as quais trabalhamos de forma direta são o *offset* e a *deflexão angular*. O *Offset* é o principal parâmetro de controle em qualquer unidade DP.

É definido como o percentual, em termos de lâmina d'água, que o centro da sonda está afastado da locação. A deflexão angular, em termos teóricos, corresponde ao ângulo que a *ball joint* inferior (ou *uniflex joint*) assume para um determinado *Offset*.

Logo: $\delta = \text{arc.tg.offset} [\% \text{ LA}]$.

Entretanto isso só seria válido se a coluna de risers fosse perfeitamente rígida. Na prática a deflexão é grandemente afetada pelas deformações que a coluna sofre devido às diferentes correntezas a diversas profundidades. De qualquer modo a deflexão é um parâmetro primário para desconexão em alguns sistemas DP. Nesses casos procura-se mantê-la dentro de limites aceitáveis variando-se o *Offset* na superfície. Além disso, o seu conhecimento é importante porque toda ferramenta de cabeça de poço, BOP ou ANM tem limitações angulares para desconexão. Esquemáticamente:

A = centro da embarcação

B = cabeça do poço

C = locação na superfície (“alvo”)

A-B = coluna de risers (na prática, não é retilínea)

C-B = lâmina d'água

$OFFSET (\%) = (A-C/C-B) \times 100$

B DEFLEXÃO (δ°) = arc tg offset

Exemplos:

Se a lâmina d'água for 1000 m e a sonda estiver 20 m fora da locação, o *Offset* será de 2%

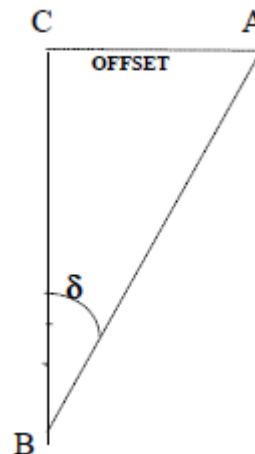
Para um *Offset* de 3%, o ângulo teórico da *ball joint* será de:

$\delta = \text{arc tg } 0,03 = 1,72^\circ$

Os limites de *Offset* e *Deflexão* que balizam os alarmes “Amarelo” e “Vermelho” para uma determinada sonda são estabelecidos previamente, a depender da operação e do equipamento utilizado (definição de Estados Operacionais). Valores usuais, como exemplo, podem ser:

- Alarme Amarelo : *offset* = 3% ; *deflexão* = 2°;
- Alarme Vermelho : *offset* = 6% ; *deflexão* = 4°.

Uma consequência importante desses conceitos é que quanto menor a lâmina d'água mais “estritas” se tornam as tolerâncias de *offset*, obrigando o sistema DP a intervir com maior frequência no sentido de corrigir a posição da embarcação.



Na prática o limite inferior para operações DP costuma ser da ordem de 100 m, o que pode “saturar” sistemas DP mais antigos face à velocidade e volume requeridos de processamento. Nessa lâmina d’água o afastamento máximo para alarme amarelo é da ordem de 3 ou 4 m.

4.3 Guia operacional específico do poço

4.3.1 Introdução

O Guia de Operações Específicas do Poço (*Well Specific Operations Guidelines* (WSOG)), os procedimentos e os limites operacionais a serem adotados para cada projeto de poço em particular são de crucial importância para o sucesso de uma desconexão em caso de emergência. A qualquer hora um navio sonda ou uma plataforma de posicionamento dinâmico poderia vir a ocorrer uma necessidade de se efetuar uma desconexão de emergência. O maior problema seria uma desconexão de emergência mal sucedida ou não executada em tempo hábil.

A grande maioria das causas de desconexões de emergência, excluindo a falha humana, está relacionada aos sensores e equipamentos que compõe sistema de posicionamento dinâmico. Logo podemos concluir a necessidade dos operadores conhecerem muito bem seus equipamentos, quais são seus limites e quais são as consequências de uma eventual falha ou mau funcionamento de cada um deles.

4.3.2 Objetivo

O principal objetivo do Guia de Operações Específicas do Poço (*Well Specific Operation Guidelines* (WSOG)) é de identificar situações críticas que influenciam uma instalação de posicionamento dinâmico e de assegurar uma desconexão de emergência em tempo hábil em caso de falha. Identificando os itens críticos, desenvolvendo uma análise de risco e procedimentos para que se tenham ações eficazes antecipadamente é possível classificar a relevância de cada item numa linha de decisão e iniciar o correto nível de alerta do DP.

O WSOG reduz as possibilidades de incidentes com sondas de posicionamento dinâmico. Os riscos previstos e as ações predeterminadas são acordados entre a empresa de perfuração e a operadora (cliente), para minimizar os seus efeitos e riscos de incidentes,

acidentes e/ou agressões ao meio ambiente bem como procedimentos reativos ou preventivos face às situações de emergência que poderiam ser a perda de posicionamento e/ou a perda de redundância.

4.3.3 Coleta de informações pré-operacionais para determinação do WSO

O Guia Operacional Específico do Poço deve incluir informações, tais como:

- a) Localização de outras instalações na região;
- b) Condições Ambientais esperadas para a área;
- c) O WSOG deve claramente conter e sistematicamente identificar os critérios limites que impactam na habilidade de manter posição e os vários estágios de estado degradado (verde, informativo, amarelo e vermelho);
- d) Carta Batimétrica deve ser obtida mostrando as obstruções e profundidades para que possa ter uma rota de fuga;
- e) O WSOG deve estabelecer a definição de Desconexão de emergência e identificar os problemas que podem ocorrer nessa desconexão;
- f) O WSOG deve constar as pessoas envolvidas com a operação a bordo e ter as assinaturas do OIM, Comandante, Supervisor da perfuração (Toolpusher), Sondador, Chefe de Máquinas, Supervisor de Manutenção e Operador de Posicionamento Dinâmico Sênior;
- g) O WSOG na sua versão final deve constar as assinaturas do cliente e do gerente da empresa.

4.3.4 Desconexão de emergência

Uma desconexão de emergência é definida à medida que um evento proveniente de um alerta vermelho do DP e inicia o processo automático que fecha e protege o poço, que desconecta a Low Marine Riser Package (LMRP) do (BOP) seguido pelo movimento da embarcação sobre uma direção pré-estabelecida para águas profundas e livres de obstruções no fundo do mar.

4.3.5 Operação crítica

As operações críticas são operações que de forma direta ou indireta apresentam risco de poluição, contaminação ou perda de controle do poço, altos prejuízos materiais e risco a

integridade física das pessoas, principalmente no caso de desconexão de emergência mal sucedida durante sua execução. São exemplos de operações críticas na perfuração: passagem de ferramentas como ferramenta de perfuração (*Bottom Hole Assembly* (BHAs)), revestimento pelo BOP, perfilagem com ferramenta radioativa e todas as operações com o poço exposto.

Analisando as operações dois tipos de situações podem ocorrer:

- a) Estado degradado constatado antes da operação crítica - Não se inicia operação crítica em Estado de operação degradado;
- b) Estado degradado constatado durante a operação crítica – Deve-se interromper a operação e atingir o mais rápido possível a condição mais segura para eventual desconexão.

4.4 Critérios para determinar os estados degradados de operação

O princípio para a formulação dos critérios é o do ponto simples de falha (*Single Point Failure*) ou o Princípio da Redundância: Nas embarcações classe 2 e 3 os sistemas, sensores e equipamentos devem ser projetados de modo que um ponto simples de falha em sensores, equipamentos ou subsistemas não possam resultar em desconexão de emergência. Adicionalmente ao Guia de Operações específicas do Poço (*Well Specific Operation Guidelines* (WSOG)) devem ser desenvolvidas para cada poço em particular e para cada localização.

A aplicação deste princípio exige alguns cuidados já que apenas a mera multiplicidade de componentes não vai garantir a confiabilidade de um sistema, como por exemplo, podemos citar o caso dos sistemas de Referência de Posição que a multiplicidade do sistema não garante confiabilidade, mas somente diferentes princípios físicos de funcionamento.

4.5 Estados operacionais de uma sonda DP

Em linhas gerais todas as sondas DP sempre trabalharam com algum tipo de alarme, intimamente ligado à ameaça de perda de posição, acionado pelo Operador DP e dirigido diretamente ao Sondador.

Os mais usuais são:

- a) **Alarme Amarelo:** Indicativo de que a sonda atingiu um determinado offset crítico, devendo-se paralisar as operações normais e iniciar-se os preparativos para uma eventual desconexão no fundo;
- b) **Alarme Vermelho:** Indicativo de que é necessário efetuar imediatamente a desconexão de emergência, em função de alto offset e da impossibilidade de corrigi-lo nas condições atuais.

Ao longo do tempo, porém, constatou-se que a simples existência desses 2 alarmes não era suficiente. A razão básica é que eles sinalizam apenas a consequência de uma deficiência no sistema DP, seja por falha ou excesso de solicitação, traduzindo-se numa ameaça de perda de posição (elevado e crescente *offset*). Via de regra o tempo para realizar-se uma desconexão segura, fruto de uma análise criteriosa da situação, é insuficiente. Vários incidentes e elevados prejuízos já aconteceram por desconexões de emergência mal realizadas.

Buscou-se então criar métodos que possibilitassem a detecção correta e a tempo da possível necessidade de desconexão de emergência, focalizando as causas primárias de alguma deterioração do sistema DP, uma vez que “elevado *offset*” seria um indicativo de que o estágio da ameaça de perda de posicionamento já se encontraria bastante avançado. As decisões concernentes a essa nova maneira de encarar o problema deveriam ser tomadas não mais por Operadores DP e Sondadores, e sim por Capitães, Superintendentes, *Pushers* e Fiscais.

Segundo a conceituação criada pelo DP-PS, teremos então:

a) Estado Verde de Operação Normal

Durante o qual não há qualquer ameaça de perda da capacidade operacional segura da Unidade. Assim sendo, não há qualquer indício de *offset* ou ângulo da *ball joint* inferior anormais para aquele determinado sistema. Todo tipo de operação pode ser realizado uma vez que não há risco aparente de perda de posição.

b) Estado de Operação Degradado

No qual foi detectada a possibilidade de perda da capacidade operacional segura da Unidade, embora ainda não tenham sido observados *offset* ou deflexão angular da *ball joint* anormais. Normalmente não existe risco iminente de perda de posicionamento. Todavia algum tipo de falha, mau funcionamento ou alta solicitação em algum equipamento ou subsistema DP (no sentido mais amplo), está causando uma “degradação” na capacidade operacional segura da sonda, normalmente associada à perda de redundância. O Capitão, Superintendente, *Pusher* e Fiscal devem ser imediatamente informados a fim de que

providências adequadas sejam tomadas, dentre as quais não iniciar operações consideradas críticas. (Objeto do trabalho “*Degraded Status Criteria and Emergency Disconnection Guidelines*”). O início do Estado de Operação Degradado coincide com o início das ameaças de desconexão de emergência.

c) Estado de Alarme Amarelo

No qual a capacidade operacional segura da Unidade está comprometida uma vez que foram detectados offset ou deflexão da *ball joint* inferior anormais para aquele sistema realizando uma determinada operação. O Sondador deve ser imediatamente avisado pelo Operador DP de forma a interromper as operações e iniciar tão logo possível os preparativos para uma desconexão de emergência segura, a qual poderá ou não ocorrer conforme a evolução da situação.

d) Estado de Alarme Vermelho

Durante o qual a Unidade perdeu sua capacidade operacional segura e a perda de posicionamento é iminente, com a ocorrência de offset e ângulo da *ball joint* muito elevados e irreversíveis. Alertado pelo Operador DP, o Sondador deve iniciar imediatamente a sequência para a “DE”.

e) Estado de Alarme Vermelho Direto

No qual a capacidade operacional segura da Unidade foi subitamente perdida a partir do estado de operação normal, mesmo que não tenham sido detectados *offset* ou deflexão angular anormais. A desconexão de emergência deve ser imediatamente efetuada em função da iminente perda de posicionamento, causada por um mau funcionamento incontrolável de equipamento ou sistema ativo, falha múltipla de equipamentos vitais, tempestade súbita ou falha humana grosseira.

4.6 Confeção do WSOG

Abaixo e na página a seguir, segue WSOG elaborado para o Poço I4-1.

GUIA OPERACIONAL DE OPERAÇÕES DP DA SEVAN LUÍZA
GUIA DE OPERAÇÃO ESPECÍFICA DO POÇO
(WSOG)

POÇO: I4-1

26JUN2009

POSIÇÃO: 21 ° 57' 24.335''S 039° 45' 59.386'' W CLIENT: LUANA

PROFUNDIDADE: 1712 m

STATUS DE ALERTA


CONDIÇÃO	VERDE	DEGRADADO	AMARELO	VERMELHO
Ação Requerida	Status Normal	Informar CMT/OIM, Superintendente da Sonda, Toolpusher, Imediato	Soar o Alarme e seguir Procedimentos	Soar o Alarme e seguir Procedimentos
DPO Informará Imediatamente CMT/OIM/ e Superintendente da Sonda	N	S	S	S
DPO Informará Imediatamente CMT e Fiscal	N	S	S	S

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O CMT/OIM E OU IMEDIATO DEVERÃO SER INFORMADOS SE OCORREREM AS SEGUINTE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.

**VENTO – UM VENTO CONSTANTE MAIOR DO QUE 40 KTS OU AUMENTO RÁPIDO DE VENTO DE TAL FORÇA TAL QUE NÃO FOI PREVISTA/NA PREVISÃO DE TEMPO.
CORRENTE DP DE INTENSIDADE MAIOR QUE 2.0KTS, OU UMA MUDANÇA BRUSCA DE DIREÇÃO COM AUMENTO DE INTENSIDADE.**

ESTE WSOG É VÁLIDO DENTRO DOS 100 METROS APARTIR DA POSIÇÃO ONDE A CABEÇA DO POÇO FOI ASSENTADA. ALERTA DEVE SER PRATICADO DURANTE AS CONDIÇÕES DE CONECTADO E DESCONECTADO, ONDE FOR APROPRIADO.

EQUIPAMENTO DP	VERDE	DEGRADADO	AMARELO	VERMELHO
BLACKOUT TOTAL				IMEDIATAMENTE QUANDO CONFIRMADO
DRIVE OFF AFASTAMENTO FORÇADO				IMEDIATAMENTE QUANDO CONFIRMADO QUE A SITUAÇÃO NÃO PODE SER CONTROLADA
ESTAÇÕES/ CONTROLADORES DP	3	2	1	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
UPS	4	2 (VER NOTA A)	1	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
VRU	3	2	1	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
GYRO	3	2	1	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
WIND SENSORS	3	2	1	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO

EQUIPAMENTO PRIMÁRIO DE MEDIÇÕES DO ACUSTICO DGPS	4 2 (VER NOTA B)	1 ACÚSTICO E 2 DGPS OU 2 ACÚSTICOS OU 1 ACUSTIC E 1 DGPS	1 ACÚSTICO OU 2 DGPS'S	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
NR. DE SENSOR DO LRA	2	1	NA	NA
FOOTPRINT DA POSIÇÃO DP (NO MÁXIMO 5 MIN. DO SETPOINT)	<0.003 X PROFUNDIDA DE <5 m	>0.003 X PROFUNDIDADE >5 m	30 m	40 m
			For 1-year Brazil Storm	
			30 m	40 m
			For 93% Non-Exceedance Storm	
FOOTPRINT DO APROAMENTO DP H NO MÁXIMO 5 MIN. DO SETPOINT)	< 2°	2°	>3°	SE HOVER AMEAÇA A CONSERVAÇÃO DO POSICIONAMENTO
NR. DE SENSOR ARA	1	0	NA	NA
LIMITE DO LFJ DO RISER	0 – 1.5°	2°	SITUAÇÃO ESPECÍFICA	SITUAÇÃO ESPECÍFICA
VARIAÇÃO DE APROAMENTO	0 – 15 °	15 – 30 °	SITUAÇÃO ESPECÍFICA	SITUAÇÃO ESPECÍFICA
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	VENTO <40 kts CORRENTE <2.0 kts	VENTO > 40 kts CORRENTE > 2.0 kts	SITUAÇÃO ESPECÍFICA	SITUAÇÃO ESPECÍFICA

CONDIÇÕES AMBIENTAIS OPERACIONAIS ACORDADAS COM O CLIENTE

OPERAÇÃO	HEAVE PÉS	PITCH /ROLL	VENTO KNOTS	ALTURA DAS ONDAS PÉS	CORRENTE DP
JATEAMENTO PELO CONDUTOR	3 - 4	2 – 3	40 –50	10	1.5
PERFURANDO	8 -10	3 -4	40 –50	10	2.5
DESCENDO REVESTIMENTO	6	3 -4	40 –50	10	2.5
CONECTANDO FERRAMENTA DE DESCIDA DE REVESTIMENTO	2 - 3	3 -4	40 –50	10	2.5
DESCENDO BOP	3 - 4	1 – 2	40 –50	10	1.5
CONECTANDO BOP	1 - 2	1 – 2	40 –50	10	1.5
SUBIR E DESCER DRILL PIPES	3 - 4	2 – 3	40 –50	10	1.5
DESCONECTAR LMRP	1 - 2	2 – 3	40 –50	10	2.5
CONECTAR LMRP	1 - 2	1 – 2	40 –50	10	1.5
TESTE DE FORMAÇÃO	2 - 4	3 -4	40 –50	10	2.0

OPERAÇÃO COM EMBARCAÇÕES	2 - 4	1 - 2	40 -50	10	1.5
DESCER ÁRVORE DE NATAL	1 - 2	1 - 2	40 -50	10	1.5
PERFILAGEM	2 - 4	2 - 3	40 -50	10	2.5

PROPULSORES

NÚMERO DE PROPULSORES NO BARRAMENTO	POTÊNCIA MÁXIMA NOS PROPULSORES
6 (6 x 2200KW = 13,200 KW)	11,000 KW
7 (7 x 2200KW = 15,400KW)	13,200 KW
8 (8 x 2200KW = 17600KW)	15,400 KW

- NÚMERO NO MÍNIMO DE 6 PROPULSORES DISPOÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS. SE HOUVER MENOS DE 6 PROPULSORES DISPOÍVEIS PARA SEREM UTILIZADOS A UNIDADE ESTARÁ EM ESTADO DEGRADADO DE ACORDO COM O CLIENTE
- A UNIDADE POSSUI 8 PROPULSORES AZIMUTAIS DE PASSO VARIÁVEL COM POTÊNCIA DE 2,200 KW CADA.
- ANÁLISE DE CONSEQUÊNCIA DP SERÁ PRIORIDADE CASO A MENSAGEM EMITIDA INFORMAR QUE A PERDA DE UM PROPULSOR EM PARTICULAR CAUSARÁ PERDA DE POSICIONAMENTO.

GENERADORES

GENERADORES DISPO'NÍVEIS/ POTÊNCIA	ESTADO DEGRADADO (UNIDADE ESTARÁ NESA CONDIÇÃO CASO A ENERGIA GERADA PELOS GERADORES SEJA:
3 GENERADORES = 9,900 KW	9,900 KW x .66 = 6,500 KW
4 GENERADORES = 13,200 KW	13,200 KW x .75 = 9,900 KW
5 GENERADORES = 16,500 KW	16,500 KW x .80 = 13,200KW
6 GENERADORES = 19,800KW	19,800 KW x .83 = 16,500KW

- NO MÍNIMO 4 GERADORES DISPOÍVEIS PARA OPERAÇÕES NORMAIS (1 GERADOR TOTALMENTE FORA DE SERVIÇO,OU SEJA, QUEBRADO E 1 EM MANUTENÇÃO
- NO MÍNIMO 3 GERADORES NO BARRAMENTO ENQUANTO CONECTADO A UNIDADE POSSUI 6 GERADORES COM POTÊNCIA DE 3,300KW CADA.

WSOG ASSESSMENT TEAM

POSIÇÃO	NOME	ASSINATURA	DATA
CMT/OIM			
SUPERINTENDENTE DA SONDA			
TOOLPUSHER			
SUPERVISOR DE MANUTENÇÃO			
CLIENTE/FISCAL			
GERENTE DE SONDA			
SDPO			
SDPO			

5 CUIDADOS OPERACIONAIS DP EM DE UMA PLATAFORMA DE PERFURAÇÃO

Neste capítulo serão abordados os cuidados operacionais DP que devem ser levados consideração de forma a garantir a segurança das operações colocando em primeiro plano a segurança da tripulação, meio ambiente e por final o patrimônio, neste capítulo será comentando acerca dos aspectos da comunicação que é essencial para a obtenção dos resultados esperados, também comentará a respeito planejamentos operacionais para operações de perfuração, procedimentos para configurar a embarcação em modo DP e aproximação da locação em modo DP, será também abordado aspectos para o planejamento de emergência e análise de falha do sistema DP, aspectos meteorológicos em termos de mudanças bruscas nas condições de tempo, como evitar e evadir situações com furacões, desenvolver e executar o plano para evitar o furacão, evitando tráfego e abalroamentos, operação com embarcações de apoio marítimo, problemas com os sensores de posicionamento que podem afetar nas operações de perfuração, gerenciamento dos ângulos do riser e considerações ao posicionamento da embarcação com respeito a manter um melhor perfil para o riser e por final, operações e situações críticas envolvendo operações e condições específicas da perfuração que podem comprometer a conservação de posicionamento DP e também como o posicionamento pode afetar tais operações ou situações específicas.

5.1 Comunicação é a chave para operações seguras

A segurança é sucesso de qualquer tarefa ou evento que envolva uma embarcação depende da boa, clara e concisa comunicação. Isso é verdade se a tarefa envolve comunicação interna (entre os diferentes departamentos a bordo) ou comunicações externas (embarcação para embarcação ou embarcação para o Centro de Controle). Como os experientes marítimos já sabem que a comunicação é a primeira coisa que é prejudicada durante situações de emergências. Comunicação, disciplina e terminologia apropriada precisam ser aderidas por todos os envolvidos nas operações de forma a assegurar que todos os maus entendidos sejam minimizados durante situações críticas e de emergência.

Comunicação efetiva é muito importante e precisa ser enfatizada como crucial asseguradora das operações seguras. O guia geral para comunicações eficientes são:

Os elementos fundamentais da comunicação são:

- a) O emissor da mensagem;
- b) A mensagem;
- c) O receptor da mensagem; e
- d) O reconhecimento pelo receptor que a mensagem foi entendida

Exemplo: (emissor): mensagem “*Drill Floor* requisitando um grau de banda para bombordo.

Passadiço (receptor) (reconhecimento): “Entendido. *Drill Floor* requisitando um grau de banda para bombordo”.

(Alguns minutos depois....)

Passadiço (emissor): (mensagem): “*Drill Floor* aqui é o Passadiço. A unidade está com banda para bombordo de um grau”.

5.2 Planejamentos operacionais para operações de perfuração

Há grandes questões de planejamento envolvidas em qualquer operação complexa de DP. Para assegurar a segurança e o sucesso das operações o planejamento deve cobrir, mas não se limitar as seguintes áreas:

- a) Escopo e tempo reais das operações de perfuração na chegada na locação;
- b) Coordenadas do poço e em que formatos elas estão;
- c) Verificação das coordenadas do poço pelo cliente;
- d) Datum das coordenadas;
- e) Cartas de navegação e cartas batimétricas a serem utilizadas;
- f) Publicações a serem utilizadas e condições meteorológicas e oceanográficas prevalentes na região e profundidade local;
- g) A locação trata-se de uma área congestionada por outras unidades;
- h) Identificar potenciais obstáculos ou perigos à navegação na superfície ou nas proximidades da nova locação;
- i) A sonda operará em área que contenha H₂S (ambientes com gás);
- j) Estudo de gerenciamento do Riser foi efetuado como devido;
- k) Que outras embarcações e ou unidades ancoradas podem estar operando nas proximidades da nova locação;
- l) Tipos de sensores de referência de posição disponíveis e sua credibilidade como, por exemplo, áreas de sombra para o sinal DGPS;

- m) Velocidade de aproximação, baseado no calado da embarcação;
- n) ETA na nova locação;
- o) Procedimentos de configuração de DP e tempo requerido para os testes;
- p) Cheques operacionais do sistema DP e status do equipamento;
- q) Lastro seguro e conservação da estabilidade da embarcação e sua integridade estrutural (estresse);
- r) Que tipo de restrições envolvendo a velocidade que deve ser observado durante a navegação e aproximação (transdutor, eixos, riser e BOP pendurados, etc.);
- s) WSOG e limites de excursão permitidos;
- t) Duração das operações do poço;
- u) Análises e Plotagem de capacidade DP efetuadas antes da chegada;
- v) Constituição e características do fundo do mar levados em consideração;
- w) Rotas de fuga para desconexões considerando as profundidades no caso de evitar o dano do BOP/LMRP que estará pendurado;
- x) Condições ambientais prevalecentes;
- y) Possibilidade de condições de tempo severo (Furacão);
- z) Correntes locais fortes;
- aa) Fontes e frequência das previsões de tempo disponíveis para área;
- bb) A locação esta dentro de uma área muito trafegada por embarcações;
- cc) Foi definida a proa de conexão do BOP;
- dd) Distâncias para o porto mais próximo e calado para navegação foram levadas em consideração;
- ee) Logística: Embarcações de apoio marítimo, ETA da embarcação na locação ou a embarcação de apoio marítimo fará a operação enquanto a nossa unidade se desloca para nova locação;
- ff) A quantidade de consumíveis, lama, baritina, combustível, água industrial, etc. necessárias e a duração do carregamento baseado na vazão de bombeio da embarcação, em que bordo a da nossa embarcação a embarcação Supply irá operar, a embarcação é DP ou irá operar em manual;
- gg) Sistema Acústico: Quando os transponders serão lançados, em quais canais (frequências) trabalho os transponders irão operar e quais canais estão disponíveis, como os transponders serão lançados há alguma restrição imposta em relação a outra operação durante o ajuste, calibração, e iniciando um arranjo LBL, onde o transponder

SSBL deve ser posicionado levando em consideração as condições ambientais esperadas e em consideração com o aproamento da embarcação.

Dependerá da natureza das operações do poço que determinará qual deve ser a prioridade na fase de planejamento das operações de perfuração DP.

5.2.1 Procedimentos para configurar a embarcação em modo DP e aproximação da locação em modo DP

Toda embarcação terá procedimentos de configuração de DP únicos e teram desenvolvidos *check lists* DP feito especialmente levando em consideração as particularidades e requerimentos operacionais da unidade. Preferivelmente um *check list* DP desenvolvido para o poço em questão para que se cubra os cheques operacionais para os vários modos de operação DP levando em consideração os vários sensores operabilidade e função.

Um *check list* DP perde seu efeito se os operadores confiarem nele de forma a substituir o senso comum. DPOs precisam exercitar o senso comum quando trabalhando com os *check lists*. O *check list* DP faz sentido? Ou é apenas mais uma papelada a se fazer? Preferivelmente deveria haver 2 operadores executando o *check list* DP, um operador deveria executar as checagens enquanto o outro faz a conferência verbal dos itens na lista a serem executados após um item ou tarefa particular tiver sido cumprida com sucesso. Isto assegurará que atenção apropriada foi tomada para a execução das checagens. Ambos operadores teram testemunhado que cada item ou tarefa foi checado de forma satisfatória, implementando e fazendo observações quando for apropriado se algum item não pode ser aprovado e qual o motivo para a não aprovação.

Uma vez que o CMT/OIM estiver satisfeito de que o sistema DP foi checado e que nenhum problema sério foi encontrado. Ele aprovara a aproximação do poço em modo DP. Os DPOs precisam fazer registros apropriados da condição da embarcação, do sistema DP e escrever observações detalhadas de condições anormais se for o caso.

Dependendo das condições de tempo, o DPO determinará se seu método de aproximação considerando a distância e a velocidade apropriada para se aproximar da posição do poço.

Ele frequentemente colocará o sistema DP em modo joystick enquanto escolhe a proa apropriada de forma a minimizar as forças transversais ou descarga transversais, por exemplo, colocar as resultante das forças pela proa , após isso colocar em auto *yaw* para se fechar a

proa, dessa forma ele pode focar no controle transversal(*sway*) e longitudinal (*surge*) pelo uso do *joystick*, ou automaticamente se tiver sistemas de referência de posicionamento disponíveis, razoavelmente bons e tiverem sido calibrados com sucesso. Controle em modo auto de qualquer eixo não deve ser habilitado até que possa ser determinado que a velocidade da embarcação nesse eixo é adequadamente baixa (abaixo de 0.2 kts como referência) de forma a evitar descarga excessiva, desta maneira carga nos geradores também excessiva. Finalmente, o operador pode fazer seus movimentos de posição e mudanças de aproamento para chegar na posição do poço da forma mais precisa possível.

5.2.2 Planejamento de emergência e análise de falha do sistema

Os DPOs devem planejar com antecedência as respostas às situações de emergência que possam ser antecipadas. Planejamento de resposta à emergências e gerenciamento de crises devem ser colocados em prática e a tripulação deverá ser treinada para agir de forma apropriada e efetiva em situações envolvendo emergência ou crises , mais importante, os operadores devem ser treinados de forma apropriada de acordo com o guia da indústria e procedimentos de resposta para emergência estabelecidos pela empresa e também em relação ao WSOG. Alguns dos critérios os quais devem ser considerados no desenvolvimento de um plano de resposta para emergência vem a seguir:

1. Consciência da Situação

- a) Em qual sequência da operação a unidade esta engajada? ;
- b) Qual e o nível crítico no evento de perda de posicionamento? ;
- c) Quais são as condições de tempo previstas? ;
- d) Quão bom a embarcação se comporta em modo de Dead Reckoning (perda de todos os sistemas de referência de posição)? ;
- e) Há barcos de apoio a contra bordo enquanto temos o riser conectado? ;
- f) Quais as operações que estão ocorrendo no Drill Floor? ;
- g) Os ângulos do BOP e riser (ângulo diferencial) estão estáveis e dentro dos limites? ;
- h) Qual rota de fuga pode ser utilizada após uma desconexão de emergência (carta batimétrica topografia do fundo)?

2. Avaliação da falha

- a) A falha implicará em disponibilidade do DP ou capacidade degradada do DP.

3. Minimizar as consequências da falha

- a) Quais ações que podem ser tomadas para minimizar as consequências da falha e manter a posição? ;
- b) Os efeitos são suficientemente críticos para soar o alarme amarelo ou vermelho.

4. Restabelecendo o sistema DP para a capacidade operacional total

- a) Qual o tempo estimado para o reparo da falha;
- b) Quando o sistema DP poderá ser devolvido a sua capacidade operacional.

Tal filosofia pode servir como ajuda para os operadores reagirem a falha de forma metódica e evitar pânico ou decisões precipitadas sendo feitas numa emergência. O que separa o bom do mau operador numa situação de emergência pode ser alguns meros segundos. Indecisão e ou reação exagerada muito provavelmente levarão a um resultado indesejado.

5.3- Mudanças bruscas nas condições de tempo

Os efeitos das mudanças bruscas nas condições de tempo em certas áreas de águas profundas pode ocasionalmente determinar se a embarcação engajada em perfuração em águas profundas podem continuar as operações DP, o DPO deve estar vigilante à potenciais mudanças bruscas na condição de tempo e deve preparar a embarcação para manobrar se necessário de forma a manter a posição e aproamento na melhor condição possível em relação ao poço e em relação as condições ambientais.

Ferramentas disponíveis ao DPO são as previsões de tempo para aquela determinada área, usar o radar meteorológico se disponível, e manter uma boa observação nas possíveis mudanças da altura e direção das ondas e observando também a direção e velocidade do vento durante o seu serviço. Considerando o caso da aproximação de uma zona de turbulência próximo a unidade, o DPO deve informar o *Drill Floor* que ajustes na posição e ou aproamento deverão ser feitos. O *Drill Floor* possivelmente terá que suspender as suas operações temporariamente até que as condições de tempo tenham melhorado o DPO provavelmente terá que utilizar energia/potência dos geradores extra, se disponível, para poder lidar com a situação com um aumento antecipado na carga, ele poderá ter que ajustar a proa para enfrentar o tempo, ele deverá prestar bastante atenção em manter o torque nas linhas de choke e kill dentro dos limites durante a mudança de aproamento.

A mudança brusca das correntes marítimas tal como a corrente de Loop de turbilhão no Golfo do México pode ter efeitos adversos na capacidade de posicionamento da embarcação, caso o DPO não agir de forma rápida e correta. Observar cuidadosamente a

mudança no vetor da resultante do empuxo causado pelos propulsores, caso suspeitar que a causa da instabilidade do posicionamento seja devido a uma mudança significativa de corrente o DPO deve habilitar a função de cálculo rápido de corrente (*Quick current*-função encontrada nos equipamentos DP da *Kongsberg Maritime*) para atualizar o cálculo das forças externas (o qual inclui corrente) pode ser um jeito de determinar repentinas mudanças nas forças de corrente. Ambas as opções ajudarão o DPO a tomar uma boa decisão.

5.3.1 Evitando e evadindo situações com furacões

O período dos furacões no Golfo do México começa no dia 1 de junho e termina no final de novembro. A maioria das embarcações DP de nova geração são classificadas a sobreviver as situações que envolva a ocorrência de furacão no que diz respeito a forças de vento e mar, mas não faz sentido arriscar-se em situações que possam envolver perda potencial de vida e danos a propriedade. Um plano de contingência para furacão deve ter sido formulado e posto em prática para uso. Alguns critérios devem ser considerados quando perigos são avaliados.

5.3.2 Desenvolvendo e executando o plano para evitar o furacão

Para ser elaborado um plano de modo a evitar um encontro direto com situações que envolvam furacão certos cuidados e questionamentos devem ser levados em consideração:

- a) Há fontes de consulta em relação a tempestades tropicais ou furacões;
- b) Há serviço de monitoramento de furacões e previsão do tempo disponíveis;
- c) Determinar a distância para o centro do furacão (olho) e evitá-lo baseado na velocidade e direção de aproximação do furacão;
- d) Observar para onde o vento ronda e a direção dos marulhos, caso esteja perto, de modo a determinar o deslocamento da tempestade usar o radar meteorológico como uma ferramenta na hora de tomar uma possível decisão;
- e) Boa marinharia quando estiver manobrando a embarcação caso a embarcação seja pega pela tempestade;
- f) Uma lista de pessoas essenciais em não essenciais deve estar em mãos;
- g) Prover evacuação por helicóptero para o pessoal não essencial;
- h) Distância e tempo para o porto mais próximo considerando o calado de trânsito;
- i) A velocidade máxima permitida da embarcação em condições variadas;

- j) Manter quantidade significativa de combustível, rancho e provisões a bordo durante essa temporada;
- k) Averiguar e manter a estabilidade intacta da embarcação;
- l) Manter o calado adequado e determinar integridade estrutural e estabilidade da embarcação;
- m) Checar sistema de gerenciamento de energia da embarcação;
- n) Alertar autoridades de resposta a emergência em terra;
- o) Preparar para abandonar o poço;
- p) Abandonar o poço;
- q) Pear carga no convés incluído outro itens soltos;
- r) Pear os tubos de perfuração, comandos, riser e flutuadores;
- s) Travar/trapear o guindaste;
- t) Desconectar de forma ordenada observando a posição relativa ao poço;
- u) Puxar a maior quantidade possível de riser e equipamentos subsea;
- v) Preparar o sistema DP de forma a colocar a embarcação em modo de navegação quando a decisão de evadir for tomada.

5.4 Evitando tráfego e abalroamentos

Sondas de perfuração não são imunes a potenciais colisões com outras embarcações, um navio sonda pode estar operando nas proximidades de rotas de embarcações ou vias de aproximação de poços.

O DPO deve não somente prestar atenção ao sistema DP, mas deve também observar o tráfego das embarcações nas redondezas. É essencial que haja vigilância constante. Os DPOs devem baixar a guarda no que diz respeito a outras embarcações navegando nas proximidades. Uma constante vigilância deve ser mantida em todos os momentos e em todas as direções, tanto visual quanto pelo radar, por Oficiais de Náutica qualificados. Isto é particularmente importante durante a noite e em visibilidade reduzida. Uma embarcação engajada em perfuração e exploração de poços de petróleo e em profundidade é classificada como embarcação com restrição em sua capacidade de manobrar de acordo com o RIPEAM (Regulamento para evitar albaroamento no mar). Esta classificação não isenta o Oficial de Quarto de manter uma boa vigilância usando todos os meios disponíveis a ele, incluindo uso do radar e ou delegando ao Marinheiro ou Homem de Área que fiquem de vigia em determinado local da unidade caso seja necessário. Também não liberar o CMT/OIM e seus

Oficiais fazer algo ou tudo que esteja em seus poderes para evitar ou impedir abalroamentos. Mesmo que a embarcação que aproxima esteja violando as regras.

Considere a situação onde uma embarcação de perfuração esteja operando a noite e a operação é perfurar adiante. As luzes apropriadas de embarcação de manobra restrita estão acesas (Encarnada, Branca, Encarnada), outra embarcação foi observada em rumo de colisão. Quais ações a ser tomar de forma a evitar um abalroamento?

E que tentativas de entrar em contato com a outra embarcação via rádio VHF ou outro tipo de rádio, ou atrair a atenção da tripulação da outra embarcação por meios visuais, como o uso da lâmpada Aldis, holofotes, de forma a requisitar que a outra embarcação mantenha uma certa distância falharam.

Após informar a situação a todas as partes interessadas a bordo, a primeira atitude pode ser uma mudança de aproamento para mostrar um aspecto menos provável para a embarcação que esteja se aproximando, de forma a mitigar resultado desastroso em potencial de uma colisão. Soar alarme vermelho quando o abalroamento tornar-se provável, desconectar e manobrar para evitar o abalroamento. Isso parece tudo óbvio e intuitivo, a segurança da sua tripulação, sua embarcação e seus equipamentos sempre tomam precedência sobre as operações de perfuração. A segurança definitivamente está acima de qualquer situação ou operação em que a unidade se encontre.

Situações como essa, raras, podem ocorrer, o DPO deve definitivamente se preparar para tal evento e saber o que fazer, de fato, a situação deve ser discutida com frequência. Ações imediatas precisam ser tomadas de maneira prudente para evitar o desastre óbvio.

5.5 Operação com embarcações de apoio marítimo

Embarcações de apoio marítimo e as operações em que elas são empregadas podem comprometer a habilidade de uma sonda em manter um posicionamento dinâmico estável enquanto combatendo condições de tempo. Embarcações de apoio reabastecem as unidades de tempo em tempo com suprimentos, sobressalentes, rancho, combustível, produtos químicos para perfuração, lama de perfuração, pessoal, água industrial, etc. O Oficial de Serviço deve estar preocupado com o efeito que a embarcação de apoio provocará na capacidade DP de sua unidade. Algumas das considerações que precisam ser feitas quando se opera com embarcações de apoio são as seguintes:

- a) Qual o tipo de operação e canal de comunicação de emergência para ser utilizado durante a operação? ;

- b) Qual será o bordo de operação;
- c) A descarga e o barulho feito pelos propulsores da embarcação de apoio afetarão o desempenho do sistema de referencia acústico da plataforma? ;
- d) Quanto será o tempo de duração da operação? ;
- e) A plataforma terá que mudar o aproamento para criar uma sombra para a embarcação;
- f) Onde a embarcação terá que aguardar caso as condições de tempo piorarem? ;
- g) Qual a direção que a plataforma se moverá no caso de uma desconexão de emergência e se isso poderá comprometer a segurança da embarcação de apoio ou de ambas embarcações? ;
- h) Quais são os procedimentos se a embarcação de apoio tiver incêndio a bordo? A plataforma é capaz de da assistência de combate a incêndio? ;
- i) De que maneira a embarcação de apoio afetará no cálculo das forças externas do sistema DP? ;
- j) A embarcação de apoio terá que se afastar durante a mudança de aproamento da unidade? ;
- k) O DPO terá que parar algum propulsor que possa oferecer risco a embarcação de apoio temporariamente enquanto ela se aproxima a contrabordo?

5.6 Problemas com os sensores de posicionamento que podem afetar nas operações de perfuração

Os Sensores de Referência de Posicionamento podem sofrer certos tipos de interferência devido a fatores externos que podem comprometer a segurança das operações de uma unidade engajada na perfuração e serão comentados a seguir.

5.6.1 O barulho causado pelos propulsores e seus efeitos no sistema de referência acústico

Em operações de perfuração em águas profundas as embarcações DP confiam pesadamente no sistema de referência acústico para determinar a posição da embarcação em relação ao poço. O desempenho desses sistemas acústicos pode ser afetado por vários fatores a seguir:

- a) Barulho do ambiente (provocado pelo homem ou por fatores biológicos);
- b) Condições de tempo e mar;
- c) Barulho da própria unidade (maquinário, sistema de resfriamento, descarte de cascalho, etc.);

- d) Barulho e descarga dos propulsores;
- e) Temperatura e salinidade da água do mar;
- f) Perfil da velocidade do som pela coluna d'água;
- g) Variação térmica e de densidade das camadas da coluna d'água durante a trajetória do som;
- h) Tipo e consistência do fundo do mar;
- i) Sensitividade de recepção dos transdutores;
- j) Frequência do som utilizada;
- k) Distância em relação aos transponders;
- l) Força acústica de sonda (nível da fonte);
- m) Reflexões dos sinais acústicos causada pela coluna de *riser*, ROV;
- n) Entidades biológicas;
- o) Turbulência (descarte de lama no mar).

O próprio barulho da embarcação causado pelos propulsores e pelas suas descargas podem ter um efeito dominante na performance do sistema de referência acústico. Considerando como o DPO pode minimizar os efeitos dos barulhos causados pelos propulsores no referido sistema de referência de posição. Primeiramente, devemos considerar em qual modo o sistema operacional será utilizado e onde os transponders deverão ser posicionados. A posição dos transdutores (hidrofonos) na embarcação deve ser considerada com respeito à descarga dos propulsores. O DPO deve ter que determinar qual a melhor proa a ser tomada de forma a produzir o mínimo de força de empuxo gerado para reagir contra condições ambientais existentes de modo a reduzir o barulho dos propulsores. O barulho originado pelas embarcações de apoio que estejam trabalhando nas proximidades da plataforma também deve ser levado em consideração. O DPO pode pedir para a embarcação de apoio reduzir o uso dos seus propulsores caso isso esteja degradando a qualidade de sinal do sistema acústico da plataforma.

5.6.2 Problemas com o DGPS

O sistema de posicionamento global (GPS) com aplicação de correções diferenciais (DGPS) é nos dias de hoje o principal sistema de referência de posicionamento utilizado no DP, particularmente em águas profundas. DGPS é utilizado em vários tipos de operações DP. As forças do DGPS são o alto grau da precisão de posicionamento, alta razão de atualização de dados e confiabilidade.

Embarcações DP engajadas nas operações de perfuração em águas profundas confiam fielmente no DGPS, Há varias situações e condições, entretanto, onde os sinais dos satélites GPS e ou sinais das correções diferenciais dos satélites podem ser severamente degradadas ou simplesmente perdidas. O DPO poderá enfrentar um alto grau de nervosismo. Variações na posição ou derivas de posição ou em casos severos, perda do sistema de referência. Estes efeitos podem ocorrer de forma aleatória, de forma sistemática ou periódica dependendo dos itens a seguir:

- a) Condições do tempo;
- b) Distúrbios ionosféricos causados por atividades solares (cintilação);
- c) Geometria pobre dos satélites GPS;
- d) Sinais mult-path (trajetórias múltiplas) causada pela reflexão;
- e) O numero de satélites acima do horizonte da embarcação e das estações provedoras da correção diferencial;
- f) Sombra ou bloqueio das antenas causadas por estruturas de bordo;
- g) A validade/idade das correções diferenciais;
- h) Assinatura expirada para as correções dos sinais;
- i) As estações que fornecem as correções diferenciais estão abaixo ou fora de alcance do usuário;
- j) Estações de correções de dados estão fora de serviço;
- k) A embarcação esta localizada a margem da cobertura de correção de base do satélite, sinais de correção de base Spotbeam e Inmarsat podem ser perdidos se o receptor Inmarsat não for ajustado o satélite correto ou orientação da antena está errada ou rompimento do cabeamento entre antena e demodulador;
- l) Aproximando da unidade (dependendo da posição geografia em que se encontra a unidade);
- m) Perda de sinal devido obstruções originadas pela torre de perfuração ou outra estrutura a bordo;
- n) Operações com guindaste próximo a antena do demodulador ou da antena do GPS;
- o) Ninhos de pássaros nas antenas.

Considerar quais ações tomar se estiver operando em DP em áreas geográficas onde se sabe que há períodos de inatividade de correções dos sinais e todas as correções GPS repentinamente começam a derivar. Primeiramente, assegurar que os sistemas de referência acústicos estáveis e confiáveis foram calibrados e estão sendo utilizados pelo sistema DP, por segundo, desabilitar os sistemas de referência GPS do DP para que cesse a atividade excessiva

dos propulsores e conseqüentemente cessar movimentos da embarcação causada pela deriva das posições GPS pressionando a opção *PRESENT POSITION*, mais de uma vez caso necessário para tentar estabilizar a embarcação. Quando a embarcação recuperar a posição e estiver estável, investigar a razão do DGPS ter derivado e monitorar a qualidade do sinal até que a falha seja corrigida ou a situação do GPS tenha melhorado.

5.7 Gerenciamento dos ângulos do Riser e considerações ao posicionamento da embarcação com respeito a manter um melhor perfil para o Riser

Para ajudar o DPO no monitoramento dos ângulos riser e do BOP e do ângulo diferencial entre os dois, o sistema DP tem uma função chamada monitoramento do ângulo do riser (RAM). É requisitado ao operador que monitore o ângulo diferencial para ter certeza que o ângulo seja mínimo e está dentro dos limites aceitáveis para as operações seguras da perfuração e que ocorra mínimo desgaste das ferramentas e equipamentos que descem no poço.

Quando ajustado e ativado de forma apropriada o sistema mostra marcações as quais mostram a posição do poço (BOP) e pra onde a embarcação deverá mover para zerar o ângulo diferencial. De tempo em tempo o operador terá que ajustar a posição da unidade de forma a reduzir ao mínimo o ângulo diferencial. Este ângulo é zero quando a linha de centro do BOP estiver exatamente alinhada com a linha de centro da coluna de riser na junta flexível inferior. Uma opção do RAM permite ao operador inserir limites para que ative os avisos e alarmes para os ângulos diferenciais como também máxima mudança de aproamento permitida para salvaguardar os mangotes de *choke e kill*.

5.8 Operações e situações críticas

Há mais algumas operações e situações críticas além das mencionadas no capítulo anterior que necessitam de uma atenção maior por parte do DPO de forma a garantir que a segurança da tripulação, do meio ambiente e integridade do patrimônio.

5.8.1 Situações com H2S

Praticamente todas as unidades de perfuração possuem detectores de H2S e de gás combustíveis os quais são instalados pela plataforma em área chave para alertar os tripulantes da presença de H2S ou de gases combustíveis. Um conjunto de procedimentos e

plano de resposta devem ser estabelecidos a bordo para a ocorrência do H₂S visto que exposição a esse gás pode matar.

Procedimentos podem ser desde a imediata mudança de aproamento de forma a ter o vento entrando pela proa em um ângulo de 030° ou até pegar o vento de proa para que se tenha os gases sendo levados pelo vento para fora da unidade, vale lembrar que o H₂S é mais pesado que o ar, a escolha de uma área ventilada em um ponto mais alto da unidade como ponto de reunião deve ser levado em consideração.

5.8.2 Teste de poço

O equipamento utilizado para o teste de poço está vulnerável a ser cortado e deixar o poço aberto. O teste de poço é, entretanto uma operação crítica extra durante a qual excursões significantes não podem ser toleradas. Controle da embarcação tem que ser suave e não agressiva, mas boa o suficiente para assegurar boa conservação de posicionamento. Este fato põe um fardo substancialmente pesado nas costas do operador do sistema DP que tem que ser altamente habilidoso e vigilante. O DPO tem que ser capaz de detectar erros e agir de forma rápida e correta. Tais excursões fora da posição pretendida devem ocorrer devido a sistemas de referências erráticos causando mudanças rápidas e resultando na tendência da embarcação em ter que seguir esses sensores erráticos. Isto pode ocasionar consequências devastadoras se não cessado imediatamente. O mais importante é manter a condição de operação segura e por último evitar danos às ferramentas de teste de poço.

5.8.3 Operações de queima

Operações de queima são raras, mas é uma das mais perigosas operações conduzidas a bordo de uma unidade de perfuração. Um acompanhamento de perto das condições do tempo, em particular na direção e velocidade do vento que prevalecerão durante as operações de queima. Se o queimador estiver localizado na popa da unidade e o vento repentinamente começa a vir pela a ré, o DPO deve mudar a proa o mais rápido possível no que diz respeito a uma série de outros fatores envolvidos em tal operação.

5.9 Cuidados operacionais a serem observados pela Equipe do Passadiço em conjunto com a Equipe da Plataforma

Nas sondas de posicionamento dinâmico observa-se em geral a tendência de existir certo “distanciamento” entre o “Departamento de Perfuração” e o “Departamento de MARINHA”. Além disso, na maioria delas não existe uma ascendência formal de um sobre o outro, e a depender do pessoal envolvido e da política da Companhia formam-se quase que dois “feudos” independentes. Isto é prejudicial às operações, posto que nesse caso “sonda DP trabalhando em harmonia” é a principal “ferramenta” para construção de um poço. Daí a importância do CMT/OIM no sentido de coordenar reuniões operacionais diárias com a presença do Imediato e do “*Tool Pusher*” e Fiscal da unidade, chamando todos à responsabilidade e visando “aparar arestas”, principalmente quando estão previstas operações críticas. Nestas reuniões deve ser discutida a sequência operacional, tendo sempre em mente duas perguntas essenciais: “- O que estaria na frente do BOP em cada etapa da operação?” e “- Se nesse momento fosse necessária uma desconexão de emergência causada por “*black-out*”, seria possível realizá-la de forma completa e segura?”.

Além disso, nas reuniões diárias detalhes importantes diretamente associados ao fato da sonda ser DP devem ser lembrados, tais como: a existência ou não de degradação em algum equipamento ou sistema diretamente relacionado ao DP; evitar ao máximo a permanência de BHA's, revestimentos ou ferramentas de grande diâmetro (Comandos, *packers*, etc) em frente à gaveta cisalhante; previsão de linhas extras de superfície (tipo “*coflexip*”) e amarrações de segurança que proporcionem “caminho livre” para a subida rápida da coluna após uma desconexão de emergência; testes diários dos alarmes de “status” do DP; previsão do corte de cabos e desconexão rápida de linhas que vinculem a sonda a uma embarcação especial durante operações “*lay away*”; contingências em operações de estimulação com barcos especiais; comunicação permanente e perigos que envolvem a proximidade com “trenzinho FPSO”; e outros.

O Comandante/OIM deve estar ciente de quanto tempo foi estimado para uma determinada operação, principalmente se ela for considerada crítica, informando se está prevista a chegada de mau tempo e se algum equipamento no sistema DP está apresentando problemas. Muitas vezes o O Comandante/OIM volta a consultar a previsão ambiental e entra em contato com outras unidades nas imediações a fim de certificar-se que nenhuma surpresa é esperada.

É importante lembrar que por mais "procedimentados" que estejam os processos reativos de segurança face a situações emergenciais, prevenir ainda é o melhor remédio. Portanto, o acompanhamento da "saúde" da sonda em relação à capacidade de manutenção de posição e aos equipamentos e sistemas relacionados à segurança e controle de poço; a compreensão dos critérios de "Estado Degradado"; a não execução de operações críticas se houver perda de redundância; a garantia de poder realizar a qualquer momento uma desconexão de emergência bem sucedida e a realização de reuniões pré-operacionais abrangentes e norteadas pelo bom senso, são fatores a serem levados em conta no projeto e acompanhamento das operações nos poços com sondas DP. Ou seja, é fundamental saber antecipadamente o que fazer diante de cada situação emergencial, e aí reside a importância de uma análise preliminar e "customização" dos "Fluxogramas para Desconexões de Emergência".

Uma vez adaptados ao binômio sonda-poço, bem compreendidos e disponibilizados na "doghouse", os "Fluxogramas" minimizam o risco de falhas humanas causadas pela falta de experiência ou "pânico" do sondador diante de situações contingenciais reais.

Diariamente, ao fim de cada "período de medição da jornada" (atualmente às 18:00 h), todas as sondas devem entregar um Relatório Diário de Status do DP contendo informações sobre as condições ambientais observadas ao longo do dia e como os geradores, thrusters e propulsores estão reagindo a elas; os movimentos da embarcação (roll, pitch, heave); os parâmetros de posicionamento (*offset*, deflexão da LFJ, overpull no LMRP, etc); quais dos equipamentos essenciais para o Sistema DP estão disponíveis ou em reparos, quais as manutenções previstas, etc. Esta ferramenta, além da utilidade em termos contratuais (registro de pendências), tem por objetivo ser uma "caçadora do Estado de Operação Degradado", informando se ele já existe ou é iminente, dando suporte para auxiliar no planejamento seguro das próximas operações e até antecipar eventuais problemas. É sabido que no ramo do petróleo, principalmente "*offshore*", as coisas mais improváveis às vezes acontecem..

Atualmente tornou-se padrão relatar o "status" do Sistema DP como um todo nas situações operacionais das Unidades (06 e 13 h), sugerindo-se dividi-lo em "Sistema DP", "Propulsão" e "Geração de Energia" caso necessário (para melhor descrever eventual anormalidade detectada num dos subsistemas). Estas informações são muito úteis para o "IP" correspondente (na tomada de decisões operacionais)

É uma das obrigações do Sondador notificar antecipadamente ao Operador de DP a passagem pelo BOP de qualquer elemento, principalmente aqueles que não possam ser cortados pela gaveta cisalhante (BHA's, revestimentos, packers, TH, etc).

Algumas sondas, no entanto, tomam precauções extras durante as operações críticas: colocam geradores a mais no barramento e exigem a presença atenta permanente de duas pessoas operando o DP.

Da mesma forma, todas as vezes que for estabelecido vínculo da sonda com o fundo (mesmo que não haja travamento de ferramentas ou equipamentos, como é o caso, por exemplo, de FERJAT) a sala do DP deve ser imediatamente informada pelo sondador. Outro procedimento: a realização de ensaios periódicos de *hang-off*, vinculados ou não a outros testes periódicos (tais como o de detecção de “kick” e fechamento de poço), nas sondas DP esses procedimentos são essenciais.

Figura 5.1 Semi-submersível DP West Tauros



(Fonte: <http://www.cdpetroleuioil.com>)

Figura 5.2 Sonda DP Ocean Clipper



(Fonte: <http://eeuwen.home.xs4all.nl>)

Figura 5.3 Semi-submersível Sevan Driller



(Fonte: Arquivos pessoais Sérgio Luiz Garcia Sapucaia)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa relatou através de seus capítulos os alicerces do sistema DP e sua operacionalidade, por outro lado, vale destacar que o papel do operador DP nesse ramo de conhecimento é de perpétua relevância, visto que é a figura chave para o aproveitamento de todas as funcionalidades e conhecimentos dos limites do sistema utilizado. A cada dia, os avanços da indústria de exploração de petróleo nos obrigam a irmos mais distante, operar em águas mais profundas, sob condições mais inóspitas, exigindo assim cada vez mais dos equipamentos utilizados e do pessoal envolvido. Nessas condições, o sistema de Posicionamento Dinâmico se tornou não apenas uma ferramenta imprescindível, mas também o meio que torna possível vislumbrar um futuro de novas e desafiadoras conquistas.

No primeiro capítulo desse trabalho foram apresentados os princípios de funcionamento do sistema DP em conjunto com seus periféricos e requerimentos para treinamento e certificação dos operadores DPOs, com intuito de divulgar tais informações para os que se interessem pelo assunto.

No segundo capítulo, foi mostrado com mais detalhes os periféricos mais utilizados em Plataformas de Perfuração DP de forma a restringir um pouco mais o assunto abordado no primeiro capítulo.

No terceiro capítulo foi feita uma introdução às operações de perfuração de forma a tentar mostrar um pouco algumas operações executadas nas unidades de perfuração bem como alguns equipamentos utilizados para a execução de tais operações de forma a inserir o leitor no contexto da perfuração e tornar o estudo mais compreensível especialmente em relação aos assuntos que foram abordados nos capítulos posteriores.

No Quarto capítulo foi um estudo mais detalhado acerca da aplicação de Sondas DP nas operações de perfuração de poços offshore, mostrando algumas particularidades desse tipo de unidade no sentido da conservação de seu posicionamento bem como parâmetros de determinação do Guia Operacional Específicos do Poço (WSOG), significado de desconexão de emergência, operações críticas e critérios para determinação dos estados degradados de operação em conjunto com os alarmes DP.

No seu último e Quinto Capítulo, para embasar ainda mais o trabalho elaborado, foram abordados os cuidados tanto operacionais quanto ambientais DP que devem ser levados em consideração de forma a garantir a segurança das operações colocando em primeiro plano a segurança da tripulação, meio ambiente e por final o patrimônio.

LISTA DE ABREVIATURAS E GLOSSÁRIO

Acoustic Ray Bending	Problemas de curvamento na recepção do sinal hidroacústico. Piora a medida que a distância oblíqua aumenta.
Ball Joint	Ligação entre o riser e o BOP e sua função é de absorver os movimentos da coluna.
Beacons (pingers)	Balizas que somente transmitem pulsos acústicos.
BOP	BLOW OUT PREVENTER. O preventor de explosões do Poço.
Checklist	Lista de Verificação.
Choke	Linhas que existem no BOP e que vão para superfície através do riser.
Computer System	Sistema de Computador.
Controllable pitch propeller	Propulsores com o passo controlável.
Directivity	Diretividade (propriedade do que é direcional).
DNV	DET NORSKE VERITAS. Sociedade Classificadora Norueguesa.
DP	DYNAMIC POSITIONING. Posicionamento Dinâmico.
DP System	DYNAMIC POSITIONING SYSTEM. Sistema de Posicionamento Dinâmico.
DP Vessel	Embarcação Posicionada Dinamicamente.
DPO	DYNAMIC POSITIONING OPERATOR. Operador de Posicionamento Dinâmico.
DPO trainee	DYNAMIC POSITIONING OPERATOR TRAINEE. Operador de Posicionamento Dinâmico em Treinamento.
Drift off	A embarcação deriva porque não possui suficiente força propulsiva.
Drill string	Coluna de tubos de Perfuração.
Drive off	A embarcação DP é dirigida para fora da posição pela sua própria força propulsiva porque o controlador DP acredita que a embarcação está fora de posição.
EDS	EMERGENCY DISCONNECT SYSTEM. Sistema de Desconexão de Emergência.
Fixed propeller	Propulsor de passo fixo.
FMEA	FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS. Análise de Modo e Efeito de Falha.
GDOP	GEOMETRICAL DILUTION OF PRECISION. Diluição da precisão geométrica.
GPS	Global Positioning system.
Hardware	Parte física do computador.
HDOP	HORIZONTAL DILUTION OF PRECISION. Diluição da precisão horizontal.
Heave	Movimento de translação da embarcação no sentido vertical, resultante de forças ambientais como das ondas e marulho.
Hertz	Unidade de medida de frequência, 1 Hz (igual a 1 ciclo por

	segundo).
HF	High Frequency.
HV	HIGH VOLTAGE. Alta Voltagem
Hydrophone	Localizado no casco da embarcação são receptores de sinais acústicos provenientes das balizas que somente transmitem e são responsáveis em transformar sinais acústicos em pulsos elétricos enviados ao processador.
IMCA	INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION. Associação Internacional Náutica Contratante é um órgão sediado na Inglaterra onde incorporou o DPVOA.
IMO	INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. Organização Marítima Mundial.
Inmarsat	Rede de satélite internacionais de comunicações.
Joystick	Sistema de Controle por alavanca, por manche.
Kill	Linhas que existem no BOP e que vão para superfície através do Riser.
Knots	Unidade de velocidade 1 milha náutica / hora (1852 m/h).
LBL	LONG BASE LINE. Sistema que utiliza a linha de base longa.
Line-of-sight	Linha de visada.
Lloyds	LLOYDS REGISTER OF SHIPPING. Sociedade Classificadora Britânica.
LMRP	LOWER MARINE RISER PACKAGE. Controlador do BOP e sendo a sua parte de cima do BOP.
LSBL	LONG SHORT BASE LINE. Linha de Base Pequena e Longa.
LSSBL	LONG SUPER SHORT BASE LINE. Linha de Base Super Pequena e Longa.
MF	MEDIUM FREQUENCY. Média Frequência.
Monohull	Tipo de embarcação somente com um casco.
Moon Pool	Abertura num navio sonda por onde são realizadas as operações de perfuração.
MRU	MOTION REFERENCE UNIT. Unidade de referência de movimento.
Multi-Hull	Tipo de embarcação com mais de um casco.
Multi-path	Fenômeno de propagação que resulta em ondas de rádio alcançar a antena receptora por dois ou mais caminhos.
Nautical Institute	Instituto Náutico
Noise	Ruído. Principal fator que afeta o sinal do sistema hidroacústico.
Off-line	Equipamento desligado.
Offset	Afastamento horizontal ou distância horizontal da unidade em relação à origem (posição que representa o poço).
OIM	OFFSHORE INSTALLATION MANAGER. Gerente da Instalação em Alto Mar.
Overpull	Aumento da tensão nos tensionadores.
PDOP	POSITIONAL DILUTION OF PRECISION. Diluição da Precisão da Posição.

PID	PROPORTIONAL–INTEGRAL–DERIVATIVE. Tipo de algoritmo do controlador DP chamado Proporcional Integral Derivativo.
Pitch	Movimento de rotação da embarcação em relação ao seu eixo transversal.
POD	POINT OF DISCONNECT. Ponto de desconexão.
Pontoons	Submarino.
Pooling	Sistema de combinação ou união de sensores.
Position Keeping	Manter Posicionamento.
Power Limiting	Limitador de Potência.
Power System	Sistema de Potência.
PPS	PRECISE SERVICE POSITIONING. Serviço de posicionamento preciso, de uso exclusivo de militares.
Processor	Interface entre o Controlador e o operador de DP. Está diretamente ligado aos hidrofones e transdutores dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas das balizas e das balizas receptoras e transmissoras, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos.
Pseudo-random code	Código de falso-aleatório. É um código digital complicado colocado no sinal.
Redundancy	Redundância.
Riser	Duto de interligação.
Roll	Movimento da embarcação em torno do seu eixo longitudinal.
ROV	REMOTELY OPERATED UNDERWATER VEHICLE. Veículo subaquático operado remotamente.
SBL	SHORT BASE LINE. Sistema que utiliza linha de base pequena.
Signal Shadow Sector Diagram	Diagrama de Setor de Sombra do Sinal GPS.
Single Failure	Falha Simples.
Slant range	Distância oblíqua do transponder ao transducer.
Slip Joint	Junta telescópica.
Software	Parte dos programas do computador.
Sonda	Nome genérico dado a navios-sonda e plataformas.
SPF	SINGLE POINT FAILURE. Ponto Simples de falha.
Sponson	Saliência Lateral do navio usado para suporte e/ou proteção. Serve também para fornecer estabilidade adicional para resistir ao emborcamento.
Spot beam	Rede de satélites de comunicações com potência concentrada para cada região do planeta.
SPS	STANDARD POSITION SERVICE. Um dos níveis de serviço do GPS. Feito para todos os usuários.
Stand by	Estado de alerta. Horas paradas ou fora de serviço.
STCW	THE INTERNATIONAL CONVENTION ON STANDARDS OF TRAINING, CERTIFICATION & WATCHKEEPING FOR SEAFARERS. Convenção Internacional de Padrão de Treinamento, Certificação e

	Serviços de Quarto para Marítimos.
Surge	Avanço. Movimento linear da embarcação no sentido longitudinal.
Sway	Caimento. Movimento linear no sentido transversal.
TDOP	TIME DILUTION OF PRECISION. Diluição da Precisão no Tempo.
Thruster (Azimuth)	Propulsores do tipo azimutal, capazes de produzir empuxo em todas as direções no plano horizontal.
Thruster (bow)	Impelidor de proa, podendo ser do tipo túnel ou azimutal.
Thruster (Retractable)	Impelidor ou propulsor que permite seu içamento para reparos. São mais vistos em navios-sonda.
Thruster (tunnel)	Impelidor fixo do tipo túnel podendo dar empuxo nos dois sentidos
Thrusters	Denominação genérica dos propulsores, elementos que produzem empuxo propulsivo.
Toolpusher	Supervisor da perfuração.
Track follow	Modo do DP onde a embarcação segue um rumo pré-estabelecido.
Transducer	São equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com balizas receptoras e transmissoras.
Transponders	São balizas receptoras e transmissoras que emitem um pulso acústico a uma determinada frequência de resposta (pré-selecionada) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência por um transdutor.
UPS	UNINTERRUPTABLE POWER SUPPLY. Fonte para suprir energia para alimentação temporária dos sistemas de controle DP.
USLBL	ULTRA SHORT / LONG BASE LINE. Linha de Base Ultra Pequena e Longa.
VDOP	VERTICAL DILUTION OF PRECISION. Diluição da Precisão Vertical.
Voting	Sistema de Eleição.
VRU	VERTICAL REFERENCE UNIT. Unidade de Referência Vertical. É o mesmo que VRS. Ele mede balanço (<i>roll</i>) e caturro (<i>pitch</i>) da embarcação para compensar esses movimentos no sistema hidracústico.
Watch Circles	Círculos de Guarda.
Weighting	Pesagem e mistura dos sensores.
Wind Feed Forward	Sistema que atua diretamente nos thrusters.
Worst Case Failure	Pior caso de falha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acoustic Positioning Training Course - Lecture Notes Sonardyne – 2006
- Bray, D. J Oilfield Seamanship Series - Volume 9: Dynamic Positioning - 2nd Edition.
- Considerações Gerais Sobre Sistemas DP Escola politécnica da Universidade de São Paulo – 1991
- David Well, Norman Beck, Dimitris Delikaraoglou, Alfred Kleusberg, Edward J. Krakiwsky, Gerard La Chapelle, Richard B. Langley, Mete Nakiboglu, Klaus-Peter Schwarz, James. Tranquila Petr Vanicek – Guide to GPS Positioning – NOVEMBER 1999.
- DP Demonstrations Cegelec – 1991
- Dynamic Positioning or Offshore Vessels Max J. Morgan –1978
- Dynamic Positioning Operator’s Manual Simrad Albatross – 1992
- Dynamic Positioning Product Description Simrad Albatross Manual– 1994
- Guide to GPS Positioning Canadian GPS associates – 1987
- IMCA 117 Training and Experience of Key DP Personnel – MSC / Circ 738 IMCA Jan 96.
- IMCA 119 Engine Room Fires on DP vessels - IMCA Aug 97.
- IMCA 128 QRA for the use of a dual DGPS system for dynamic positioning - IMCA Feb 95.
- IMCA 141 Guidelines of the use of DGPS as a position reference in DP control systems IMCA Oct 97.
- IMO Guidelines for vessels with dynamic positioning systems - MSC / Circ. 645 - May 94.
- Kongsberg HPR-500 Hydroacoustic Position Reference System Manual 2011.
- Nautronix “ASK” Operations Manual 2004.
- Sistema de Geração de Energia Alfredo Simões - Caper 91.
- Sonardyne Presentation for Petrobras 1995.
- The guidelines for the design & operation of dynamically positioned vessels – frev 5 eb -IMCA 99.

- Transocean DP Seminar 2003.
- User Manual for Acoustic Riser Angle Beacon-Honeywell-1980.

SITES

- A Brief History of Dynamic Positioning.
Disponível em: <<http://gcaptain.com/history?9952>>. Acesso em: 22/08/2013.
- DP History.
Disponível em: <<http://www.imca-int.com/documents/facsheets/IMCA-fs-Marine-DPHistory.pdf>>. Acesso em: 22/08/2013.
- Dynamic Positioning.
Disponível em: <<http://www.maritimeconnector.com/ContentDetails/101/lang/English/Dynamic-positioning.wshtml>>. Acesso em: 21/08/2013.
- DP systems - Kongsberg Maritime.
Disponível em:
<<http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/14E17775E088ADC2C1256A4700319B04?OpenDocument>>. Acesso em: 22/08/2013.
- 1989 MODU Code.
Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/42888518/MODU-Code-1989-English>>. Acesso em: 23/08/2013.
- STCW 1978.
Disponível em:
<http://www5.imo.org/SharePoint/contents.asp?doc_id=651&topic_id=257#1>. Acesso em: 25/08/2013.
- The Nautical Institute.
Disponível em: <<http://www.nautist.org>>. Acesso em: 25/08/2013.