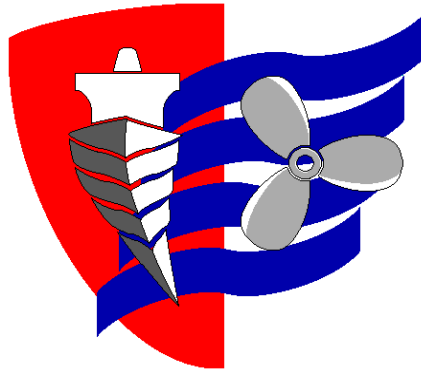


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

FUNDAMENTOS DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO

FUNDAMENTALS OF DYNAMIC POSITIONING

Para acceder al Título de Grado en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y
TRANSPORTE MARÍTIMO**

Autor: Abel Fandiño Díaz

Octubre/2014

ÍNDICE

0.DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

1. HISTORIA DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO

1.1 PROYECTO “MOHOLE”

1.2 AUTOMATIZACIÓN DEL DP

1.3 BREVE HISTORIA DEL “KONGSBERG SIMRAD'S DP SYSTEM”

2.PRINCIPIOS DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO

2.1 FUERZAS Y MOVIMIENTOS BÁSICOS

3. DISPOSICIÓN Y COMPONENTES DEL SISTEMA DP

4. REDUNDANCIA Y CLASES DE EQUIPO DP

4.1 DIRECTRICES DE LA OMI

4.2 APORTACIÓN DE REDUNDANCIA AL SISTEMA DP

4.2.1 REDUNDANCIA DE CONTROLES

4.2.2 REDUNDANCIA EN POSICIÓN Y RUMBO

4.2.3 REDUNDANCIA DE PROPULSIÓN

4.2.4 “CONSEQUENCE ANALYSIS”

4.2.5 REDUNDANCIA EN LA PLANTA ENERGÉTICA

4.2.6 REDUNDANCIA EN LOS SISTEMAS DE REFERENCIA

5. DISPOSITIVOS DE REFERENCIA DE POSICIÓN

5.1 UNIFICACIÓN DE VARIOS PRS

5.2 VALIDEZ DE LOS DATOS APORTADOS POR LOS PRSs

5.3 “REFERENCE ORIGIN”

5.4 SISTEMAS DE COORDENADAS UTM

5.5 “POSITION DROPOUT”

5.6 DGPS

5.6.1 EL SISTEMA GPS

- 5.6.2 EL GPS DIFERENCIAL (DGPS)
- 5.6.3 PRECISIÓN Y CALIDAD DE DATOS DGPS
- 5.6.4 SELECTIVE AVAILABILITY (SA)
- 5.6.5 INTERFERENCIAS IONOSFÉRICAS Y FRECUENCIA DUAL DEL DGPS
- 5.6.6 CAPACIDAD DE OBSERVACIÓN DE LOS INDICADORES DE PRECISIÓN DEL DGPS
- 5.6.7 APLICACIONES ESPECIALES DEL DGPS
- 5.6.8 VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL DGPS
- 5.7 SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN LÁSER
- 5.8 SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN HIDROACÚSTICOS
 - 5.8.1 “ULTRA-SHORT BASELINE HPR”
 - 5.8.2 “LONG BASELINE HPR SYSTEM”
 - 5.8.3 PROPAGACIÓN ACÚSTICA SUBMARINA
 - 5.8.4 DISPOSICIÓN DE COMPONENTES EN UN SISTEMA HPR
 - 5.8.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HPR COMO PRS
- 5.9 SISTEMAS DE REFERENCIA BASADOS EN TECNOLOGÍA MICROONDAS
 - 5.9.1 SISTEMA ARTEMIS
- 5.10 TAUT WIRE
- 5.11 REDUNDANCIA DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN

6. SISTEMAS DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO. THRUSTERS

- 6.1 HÉLICES PRINCIPALES Y TIMONES
- 6.2 AZIMUTH THRUSTERS
- 6.3 TÚNEL THRUSTERS
- 6.4 CONTROL DE HÉLICES, TIMONES Y THRUSTERS EN BUQUES DP
- 6.5 MODOS DE FALLO DE LOS THRUSTERS, SUS EFECTOS Y ACCIONES A TOMAR

7. PLANTA ENERGÉTICA. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

7.1 PLANTA ENERGÉTICA DIÉSEL-ELÉCTRICA

7.2 BUS TIE SWITCHES (DISYUNTORES)

7.3 TENSIONES BAJAS

7.4 SISTEMAS HÍBRIDOS

7.5 POWER MANAGEMENT

7.6 UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

8. MANIOBRAS DE BUQUES DP

8.1 FPSO AND TANKER OFFTAKE OPERATIONS

8.2 OPERACIONES CON ROVs Y BUZOS

8.3 ANCLEROS Y BUQUES DE APOYO A PLATAFORMAS

8.4 BUQUES CONSTRUCTORES Y GABARRAS-GRÚA

8.5 PLATAFORMAS PERFORADORAS

8.6 DRAGADO Y RECUBRIMIENTOS CON GRAVA

8.7 BUQUES TUBEROS. TENDIDO DE TUBERÍAS

8.8 BUQUES CABLEROS. TENDIDO Y REPARACIÓN

8.9 BUQUES FLOTELES Y DE SERVICIOS

8.10 BUQUES DE PASAJE

9. OTRAS APLICACIONES DEL EQUIPO DP

10. PLAN OPERACIONAL. GUARDIA DE MAR

10.1 PREPARACIÓN DEL PLAN

10.2 PLAN DE CONTINGENCIA Y RUTAS DE ESCAPE

10.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DP PREVIO AL COMIENZO DE OPERACIONES

10.4 APROXIMACIÓN A LA ZONA DE TRABAJO

10.5 GUARDIAS DE PUENTE Y COMUNICACIONES

10.6 CHECKLISTS

10.7 ÓRDENES PERMANENTES Y REGISTRO DE OPERACIONES

11. FUNCIONES DEL SISTEMA DP

11.1 GANANCIA DEL SISTEMA

11.2 FUNCIÓN FOLLOW-TARGET

11.3 FUNCIÓN AUTOTRACK

11.4 "RISER ANGLE MODE"

11.5 "SHUTTLE TANKER FUNCTIONS"

11.6 "AUTO-AREA MODE"

11.7 COMPENSACIÓN DE FUERZAS EXTERNAS

11.8 "QUICK CURRENT O FAST LEARN"

11.9 "DP CAPABILITY PLOT"

11.10 "DRIFT OFF CALCULATION"

11.11 PILOTO AUTOMÁTICO Y MODO EN TRÁNSITO

11.12 SENSORES Y EQUIPOS PERIFÉRICOS

11.13 ESCENARIOS DE TRABAJO PROBLEMÁTICOS PARA EL
BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DP

11.13.1 OPERACIONES EN AGUAS POCO PROFUNDAS Y
FUERTES CORRIENTES DE MAREA

11.13.2 OPERACIONES PRÓXIMAS A ESTRUCTURAS FIJAS

11.13.4 OPERACIONES PRÓXIMAS A OTROS BUQUES

12. IDONEIDAD, CUALIFICACIONES Y FACTOR HUMANO

12.1 "THE NAUTICAL INSTITUTE"

12.2 "STCW Regulations- Part B"

12.3 INFORME DE INCIDENTES

12.4 FACTOR HUMANO

13. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN PERSONAL

APÉNDICE A

APÉNDICE B

0. DESCRIPCIÓN DE CAPÍTULOS

CAPÍTULO 1: Historia del Posicionamiento Dinámico

En este primer capítulo trata de explicarse la evolución de los sistemas de posicionamiento dinámico, el motivo de su aparición y posterior desarrollo, haciendo referencias a los primeros buques que instalaron los sistemas DP. También, a grandes rasgos, se hace una breve definición del significado del sistema DP y se enumeran algunas de sus aplicaciones.

Referencias:

- <http://www.dynamic-positioning.com/>
- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.

CAPÍTULO 2: Principios del Posicionamiento Dinámico

En este apartado veremos los fundamentos principales del sistema de posicionamiento dinámico y su objetivo. Se proporcionará una definición más precisa del sistema, y se mostrarán los principales movimientos y fuerzas, a los que al verse el buque sometido, el sistema DP deberá vencer y tener bajo control.

Referencias:

- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Offshore Support Vessels. A Practical Guide. Gary Ritchie. Master Mariner, BA (Hons) MNI

CAPÍTULO 3: Disposición y Componentes del Sistema DP

El sistema DP está formado por un amplio repertorio de equipos, sensores y dispositivos periféricos. Con la ayuda de un primer diagrama de disposición

general, en este apartado se proporciona una descripción fundamental del conjunto de elementos y su contribución al funcionamiento del sistema.

Referencias:

- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.

CAPÍTULO 4: Redundancia y Clases de Equipo DP

La redundancia probablemente sea la característica más importante que ha de tener un sistema DP. Según el nivel de redundancia los sistemas se clasificarán en diferentes clases. En este capítulo se define el concepto de redundancia y se explican los diferentes parámetros clasificadores de la normativa vigente. Además, se explica en qué medida y cómo, los diferentes componentes principales del sistema habrán de ser redundantes.

Referencias:

- MSC Circ 645. Guidelines for vessels with Dynamic Positioning Systems. IMO. June 1994.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.

CAPÍTULO 5: Dispositivos de Referencia de Posición

El sistema DP tiene la necesidad de saber en todo momento en qué posición geográfica se encuentra el buque. Para ello, el equipo dispone de diferentes

dispositivos periféricos que le proporcionan la referencia de la posición, en cada segundo (normativa), de manera absoluta o relativa. En este capítulo veremos la diferencia que existe entre una y otra, y en que modo la proporcionan los diferentes dispositivos de referencia de posición. Por otro lado, se explicará el principio de funcionamiento de cada uno de los diferentes dispositivos de referencia de posición, su operativa y las ventajas e inconvenientes de unos y otros. Por último, este capítulo también hace referencia a la proyección cartográfica más utilizada en las operaciones con sistemas DP, la proyección UTM.

Referencias:

- DP Operator's Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Operator Manual "DP BASIC COURSE". The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 1.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 2.
- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.

CAPÍTULO 6: Sistemas de Propulsión y Gobierno

Son los encargados de crear el empuje necesario para contrarrestar las fuerzas externas y guiar al buque. Una vez que el sistema de posicionamiento dinámico conoce la referencia de la posición y la magnitud y dirección de las fuerzas meteorológicas externas, el buque queda finalmente bajo el gobierno de los elementos de propulsión. La propulsión de un buque DP es automáticamente controlada por el propio procesador DP, que conoce en todo momento en donde se encuentra el buque y donde quiere estar. En esta capítulo se explica cómo funciona la propulsión en un buque DP, y se describen los principales elementos de propulsión y gobierno. Al final del

capítulo, se recogen algunos de los principales modos de fallo que pueden padecer los diferentes propulsores y las acciones a tomar.

Referencias:

- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.

CAPÍTULO 7: Planta Energética

En este capítulo se describe el modo en que en un buque DP, se produce, se maneja, supervisa, y se distribuye la energía. Un buque sin energía es una unidad inservible, y en un buque DP es aún de mayor importancia que el suministro de energía sea seguro, continuo, suficiente y redundante, al verse el buque continuamente involucrado en operaciones que suponen un gran riesgo para la seguridad de las vidas humanas y riesgo de contaminación al medio-ambiente. En esta sección analizaremos las principales diferencias entre la planta energética de un buque tradicional y de un buque DP.

Referencias:

- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 1.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 2.
- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.

CAPÍTULO 8: Maniobras de Buques DP

Este capítulo hace referencia a la aplicación práctica del sistema DP, esto es, las diferentes operaciones que un buque de estas características puede

realizar. Se explicarán a grandes rasgos, las maniobras en la que un buque DP suele verse implicado, como por ejemplo, tendido de tuberías y cables, suministro de mercancías a plataformas, perforación del lecho marino, carga de crudo en alta mar, operaciones con submarinistas etc.

Referencias:

- DP Operator's Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Operator Manual "DP BASIC COURSE". The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.

CAPÍTULO 9: Otras Aplicaciones del Equipo DP

En este apartado, se hace referencia a aquellas aplicaciones prácticas del sistema DP que no son tan comunes. Debido a la gran ventaja que supone el uso del sistema DP frente al sistema de gobierno tradicional, su implantación gana día a día más espacio en el mercado naval, y se llega incluso a instalar en cierto buques con el simple hecho de hacerlos más maniobrables y eficientes en las operaciones portuarias.

Referencias:

- DP Operator's Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.

CAPÍTULO 10: Plan Operacional. Guardia de Mar

En el mundo del posicionamiento dinámico y del offshore, todas las maniobras y movimientos del buque deberán ser previamente estudiados, discutidos y analizados, siendo la seguridad de las operaciones el requisito esencial. Por ello, en este capítulo se recoge la forma en que se debe realizar un plan operacional y en base a qué factores. Con quién se debe discutir, y quién debe tener conocimiento de él y por qué motivos. Éste capítulo también describe de modo genérico la forma en que se suele llevar a cabo el inicio de cualquier maniobra (checklist, prueba de equipos, etc) y

en base a qué conceptos se deben elaborar las rutas de escape.

Referencias:

- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.

CAPÍTULO 11: Funciones del Sistema DP

Los diferentes sistemas DP, ofrecen una serie de aplicaciones informáticas, capaces de gobernar al buque de modo automático para que realicen una serie de maniobras, o funciones operativas. Las funciones que son capaces de realizar cada uno de los sistemas DP, varían entre las diferentes marcas, y dentro de las mismas marcas varían según el coste del equipo. En este capítulo se comentan algunas de las funciones más comunes y utilizadas, cómo la función “Follow-Target”, “Auto-Track”, etc.

Referencias:

- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.

CAPÍTULO 12: Idoneidad, Cualificaciones y Factor Humano

Debido a la gran complejidad de los equipos DP, y a la peligrosidad de las operaciones en las que se ven involucrados, es imprescindible para la seguridad de las operaciones y de las personas, que se proporcione a este tipo de buques, de personal plenamente competente para el manejo de los equipos DP. Por ello, desde hace varios años, existen organismos encargados de la formación y entrenamiento de operadores de sistemas de posicionamiento dinámicos, y regulaciones marítimas encargadas de la exigencia de ellos. En este capítulo, se recogen los requisitos de formación y experiencia que todo operador ha de superar para poder ejercer sus

funciones. Por último, se añade un apartado en donde se analizan los errores humanos mas comunes por parte de los operadores DP, que comúnmente desembocan en accidentes marítimos.

Referencias:

- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.
- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.

CAPÍTULO 13: Conclusiones y Valoración Personal

En éste último capítulo se añaden mis propias impresiones sobre el sistema y una serie de comentarios personales sobre esta área del mundo marítimo. No finalizando, sin hacer una valoración personal de mi propio trabajo.

1. HISTORIA DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO

El posicionamiento dinámico (DP) es un método de posicionamiento de buques con una gran precisión, usando una combinación de ordenadores, sistemas de referencia de posición y propulsores. Diferentes tipos de buques, hacen uso del DP para mantener una posición fija o para seguir una ruta de trabajo predeterminada. Ejemplos de tipos de trabajos llevados a cabo con sistema DP, pueden ser perforaciones en el lecho marino, trabajos con submarinistas, tendido de tuberías y/o cables, suministros a plataformas, FPSO (Floating Production Storage and Off-take Unit) y buques de apoyo multi-propósito. En realidad, cualquier tipo de buque podría usar el sistema DP, aunque sólo fuese para facilitar sus maniobras en puerto.

El sistema DP ha surgido y evolucionado debido a razones como a la flexibilidad de finanzas y debido a la ineficacia de los sistemas tradicionales en ciertas maniobras de atraque y amarre, donde el uso de los métodos convencionales es inviable por diversos motivos. Un buque DP puede hacer todo, más y mejor, de lo que lo consigue hacer un buque tradicional, incluso estando el otro bien firme al fondo, o atracado a una estructura fija.

El uso del DP consigue reducir significativamente el tiempo de realización de maniobras en las cuales hubiese sido necesario hacer uso de amarras. Por ejemplo, supongamos buque que tiene que trabajar en los cuatro costados de una plataforma petrolífera. Cuando el trabajo es completado en uno de los costados, podrá desplazarse a los siguientes rápidamente, bajo el uso del DP. Sin que las maniobras requieran mucho tiempo, en comparación a si tuviese que haber utilizado anclas y amarres.

La nueva exploración y extracción de petróleo a grandes profundidades hace inviable el anclaje y uso de amarres. En aguas profundas, se tardaría menos tiempo en la perforación de un pozo que en las maniobras de anclaje.

Los primeros sistemas DP eran controlados de forma manual por un operador que usaba una referencia visual para mantener la posición, sin la

ayuda de sistemas computarizados.

Hoy en día, aún es posible mantener la posición del buque de forma manual, a través del “manual joystick”. En cambio, los modelos matemáticos que usan los ordenadores a bordo, consiguen mantener la posición automáticamente de una forma mucho mas eficiente y precisa de lo que lo conseguiría el operador más habilidoso.

1.1 PROYECTO “MOHOLE”

El primer sistema de posicionamiento dinámico se utilizó en 1957 en el Proyecto Mohole americano. El propósito de este proyecto fue perforar en la llamada

Moho capa, que es una capa de transición entre la corteza y el manto terrestre. Para que el proyecto tuviese éxito, la perforación debía hacerse en aquella zona, donde la corteza terrestre presentase una mayor delgadez, esto es, en un océano bien profundo.

El proyecto se llevo a cabo en una profundidad alrededor de los 4500 m, donde los sistemas tradicionales de fondeo se hacían insuficientes. El problema se resolvió con la instalación de 4 hélices de maniobra (propulsores) a bordo de la barcaza, “CUSS1”.



La posición del buque en relación con el fondo del mar se logró fondeando un transmisor en el lecho marino que emitía señales a la barcaza (sistema de referencia hidro-acústico). La posición del buque en relación con el transmisor se podía leer en una pantalla a bordo de la barcaza. Además, 4 boyas ancladas alrededor del buque servían de sistema de posicionamiento visual (radar) a los operadores DP, de aquel entonces.

El 9 de Marzo de 1961, el “CUSS1” logró nuevamente mantener la posición en una profundidad de 948m en La Jolla, California. Tiempo después, el buque completó 5 perforaciones a una profundidad de 3.560 m, manteniendo su posición en un radio de 180 m.

1.2 AUTOMATIZACIÓN DEL DP

La idea de desarrollar una unidad de control que automáticamente gestionase las funciones DP había nacido. Más tarde, en ese mismo año 1961, la petrolera Shell, botó el buque perforador “EUREKA”, el cual ya instaló un sistema que automáticamente gestionaba el movimiento de sus propulsores.



En 1964, otro buque llamado "CALDRILL1" se construyó para la compañía off-shore Caldrill, (E.E.U.U.) con características similares al "EUREKA". Ambos buques, completaron con éxito sus proyectos. El "EUREKA" consiguió perforar a 1300 m entre olas de 6 m y vientos de 21 m/s. El "CALDRILL1" podía perforar hasta profundidades de 2000 m y estaba equipado con 4 propulsores de 300 hp cada uno. La referencia de la posición la lograba haciendo uso de sus dos Taut Wire (sistema de posicionamiento local que será explicado más adelante).

Mientras tanto, algunos ingenieros franceses seguían de cerca los proyectos americanos. Francia, tenía intereses en empresas que instalaban tuberías en el Mar Mediterráneo. El sistema DP, podría hacer estas operaciones más seguras y eficientes. En 1963, los primeros buques franceses con DP, llamados "Salvor" y "Terebel" estaban ya tendiendo tubería en el Mar Mediterráneo.

Pocos años después, la aventura del oro negro comenzó en el Mar del Norte. Noruega y Reino Unido empezaron a interesarse por el sistema DP. En 1974, la empresa británica "GEC Electrical projects Ltd" instaló un sistema DP en el buque "WIMPEY SEALAB", convirtiendo este antiguo buque de carga en un buque perforador. En 1977, esta misma empresa instaló otro sistema DP, similar a los que habían montado anteriormente los franceses y americanos, en una plataforma semisumergible.

Poco después, armadores noruegos decidieron producir sus propios sistemas de posicionamiento dinámico. Kongsberg Vapenfabrik (KV) fue elegido para llevar a cabo el proyecto y Stolt Nielsen solicitó el primer equipo. El primer buque noruego en montar un sistema DP fue el "SEAWAY EAGLE" el 17 de Mayo de 1977.

El sistema DP ha cambiado significativamente desde el "CUSS1" en 1961. Aunque en un primer momento fue diseñado para perforaciones y tendido de

tubería marina, en la actualidad su uso se ha extendido significativamente a diversos campos: uso militar, maniobra en aguas restringidas, cruceros, buques de prospección geológica...

Los principios básicos del sistema DP siguen siendo los mismos, que los de aquel entonces. Brevemente, el sistema DP puede definirse como:

“ Sistema informático, de posicionamiento automático para naves flotantes”

El DP puede usarse para mantener la posición de la nave, o bien para hacer ésta se desplace automáticamente de un punto a otro, a baja velocidad.

A pesar de que el DP lleva más de 50 años evolucionando, su uso todavía crea cierta desconfianza debido a accidentes aislados que han ido surgiendo en su desarrollo y sobre todo, a aquella antigua idea que consideraba que el buque no está seguro a no ser que tenga sus anclas bien firmes al lecho marino.

1.3 BREVE HISTORIA DEL “KONGSBERG SIMRAD'S DP SYSTEM”

La aventura DP noruega comenzó en 1975 en Kongsberg Vapenfabrikk (una antigua fabrica de munición) con un pequeño grupo de ingenieros llamados “Dynpos”. Aunque trabajaban en proyectos de defensa, pronto se pasaron a la rama del mundo del petroleo. Sus equipos DP se dividían en 2 grandes grupos:

-“KV technology with Kongsberg System 500 based systems”, KS500 primeros años. Este equipo fue desarrollado por Forsvarets Forskningsinsitutt y Kongsberg Vapenfabrikk en los comienzos de 1970, y se basa en la utilización de puertas lógicas.

– “Kongsbergs own technology with SBC based systems” a partir de

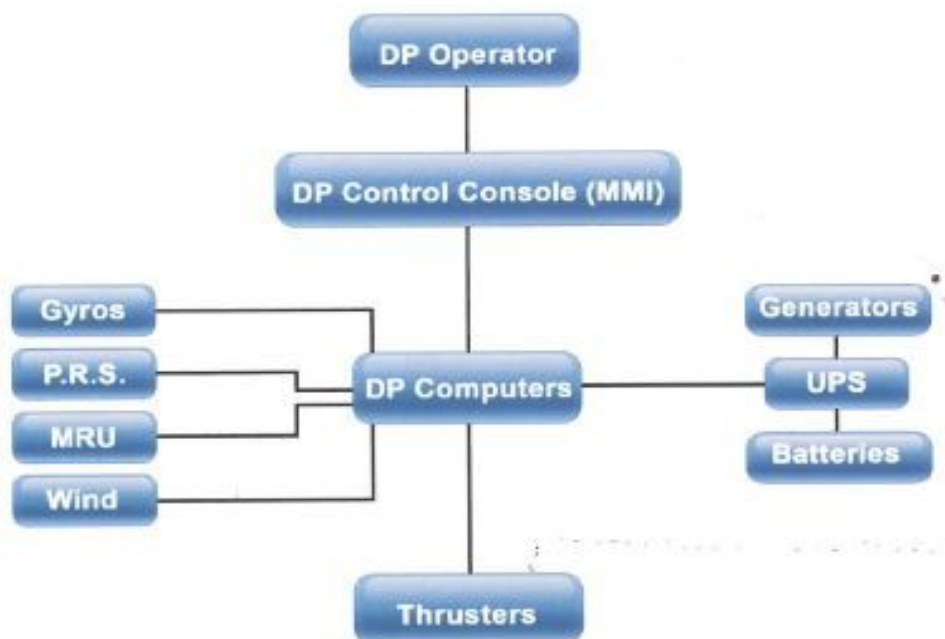
1983. SBC (Single Board Computer) fue desarrollado por Kongsberg Simrad y usa microprocesadores Intel 80186, 80286 y 80386 respectivamente en sus modelos SBC1000, SBC2000 y SBC3000/SBC3003. El prototipo SBC1000 fue el primer ordenador del mundo en usar el microprocesador Intel 80186.

Hasta hace poco, sus sistemas estaban montando el modelo SBC400, basado en el procesador Intel 960 RISK.

2.PRINCIPIOS DEL POSICIONAMIENTO DINÁMICO

El sistema DP, se define como:

“ Un equipo computarizado de a bordo, que es capaz de mantener la posición y rumbo del buque o nave flotante automáticamente, mediante impulsos de empuje activo (propulsores)”.



Su programa informático contiene el modelo matemático del buque, es decir, la descripción matemática de sus características (formas, potencia de los propulsores y su disposición, timones...), y de como este reacciona ante las fuerzas a las que se le expone.

Todos estos datos, en combinación con la información aportada por los

sistemas de referencia de posición (PRSs), sensores de viento, sensores movimiento, gyros, (inputs) etc., permiten al modelo informático calcular el empuje necesario de cada propulsor (outputs), para que el buque mantenga su rumbo y posición.

El modelo informático contiene predefinidamente las características estáticas del buque, pero también es capaz de calcular las características dinámicas para cada situación medioambiental en la que se encuentre. De un modo análogo, debemos darnos cuenta que, mientras un timonel experimentado lograría hacer un cálculo mental en 5 minutos para ver la tendencia del buque y compensarla con medidas de timón, el modelo informático se ha diseñado para que consiga mantener rumbo y posición en un periodo máximo no superior a los 30 minutos; independientemente de las condiciones meteorológicas reinantes en cada escenario de trabajo. Después del transcurso de ese periodo de tiempo, el sistema DP tratará continuamente adaptarse a los cambios medioambientales subsecuentes, de igual modo que un timonel adaptaría su gobierno a mano, los cambios que se produjesen en la superficie del mar. Este proceso de adaptación ha sido diseñado para que en un tiempo máximo de 30 minutos, el buque sea capaz de adaptarse a las condiciones medioambientales en ese periodo de tiempo; el buque podría variar en rumbo y posición hasta que el modelo matemático se complete.

En realidad, el corazón y a la vez cerebro del equipo DP es la propia computadora o procesador DP. Ella se alimenta en todo momento de los datos obtenidos, a través de sus medios periféricos, para luego calcular el empuje necesario que le permita mantener su rumbo y posición.



El sistema DP, se compone de una serie de controladores (ordenadores) conectados a una local-network, en la que se integran el resto de PRSs y sensores. El sistema, según de la clase de equipo (redundancia) del que se trate, puede estar compuesto de un único procesador, o de un conjunto de 2, 3 o más procesadores trabajando de modo independiente y en paralelo, con objetivo crear un sistema redundante (concepto que estudiaremos más adelante). Si, se dispone de 2 procesadores, uno estará on-line mientras que el otro servirá al sistema de back-up. Si se dispone de 3 procesadores, cabe la posibilidad del voto lógico y la redundancia se triplica: un procesador on-line, y dos procesadores de back-up. Con esta disposición, todos los cálculos se realizan por triplicado y son comparados entre sí. Cualquier discrepancia entre ellos permitirá la detección automática de la unidad errante y su rechazo.

2.1 FUERZAS Y MOVIMIENTOS BÁSICOS

Cómo ya hemos visto, un sistema de posicionamiento dinámico ha sido diseñado para mantener la situación geográfica y rumbo de un buque, con el objetivo de proporcionar una plataforma estable para operaciones submarinas, de tendido de tubería o cable, ROVs, etc.

El buque se ve sometido a fuerzas medioambientales externas: viento, olas, corrientes y mareas, y el equipo DP usa diferentes elementos periféricos para medir las condiciones medioambientales en la que se encuentra el buque, internas y externas. Para la medición de las condiciones internas, pitch, roll, heave, utiliza sus sensores MRU (Motion Reference Units) y para la medición de las condiciones externas hace uso de sus sensores de viento, PRSs (Sistemas de Referencia de Posición), gyros, etc.

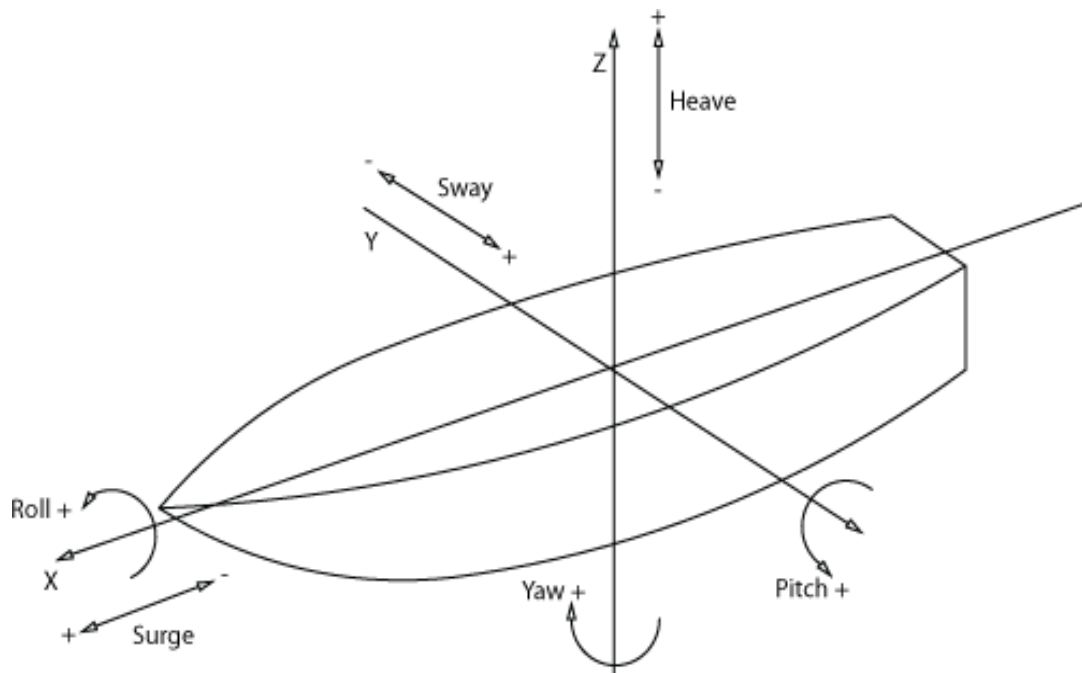
Cualquier buque en la mar, tiene 6 grados de libertad, siendo 3 de traslación y 3 de rotación. Estos movimientos son: Surge, Sway, Heave, Yaw, Pitch y Roll.

-Movimientos de traslación:

- **Surge**: Es el desplazamiento longitudinal del buque en dirección adelante-atrás.
- **Sway**: Es el desplazamiento lateral del buque en dirección transversal babor-estribor.
- **Heave** o arfada: Es el movimiento lineal del buque respecto del eje vertical. Elevación-descenso.

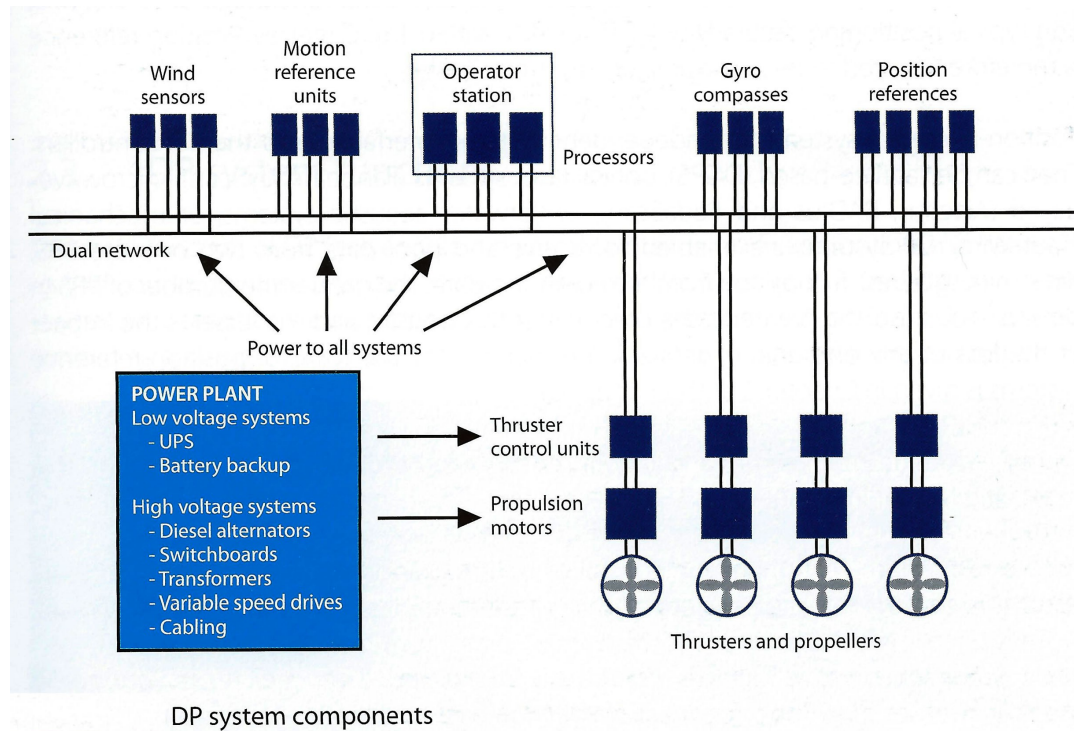
-Movimientos de rotación:

- **Yaw** o guiñada: Es el movimiento de rotación del buque respecto al eje vertical, produciendo un cambio en el rumbo.
- Sobre el eje transversal: Cabeceo o **Pitch**.
- Sobre el eje vertical: Balance o **Roll**.



3. DISPOSICIÓN Y COMPONENTES DEL SISTEMA DP

Un sistema de posicionamiento dinámico está compuesto de un gran número de dispositivos, equipos y conexiones. Todos y cada uno de ellos de gran importancia. La siguiente representación, muestra la disposición general de los componentes que integran un sistema DP básico:



El equipo es controlado y manipulado usando la consola DP, compuesta de una pantalla principal, un joystick manual y un teclado compuesto de una gran variedad de botones con múltiples funciones. En general, la consola suele estar situada en un lugar del puente, desde donde se disponga de una amplia visión del buque y sus alrededores. Por ejemplo, en la zona de la popa, o en los alerones.

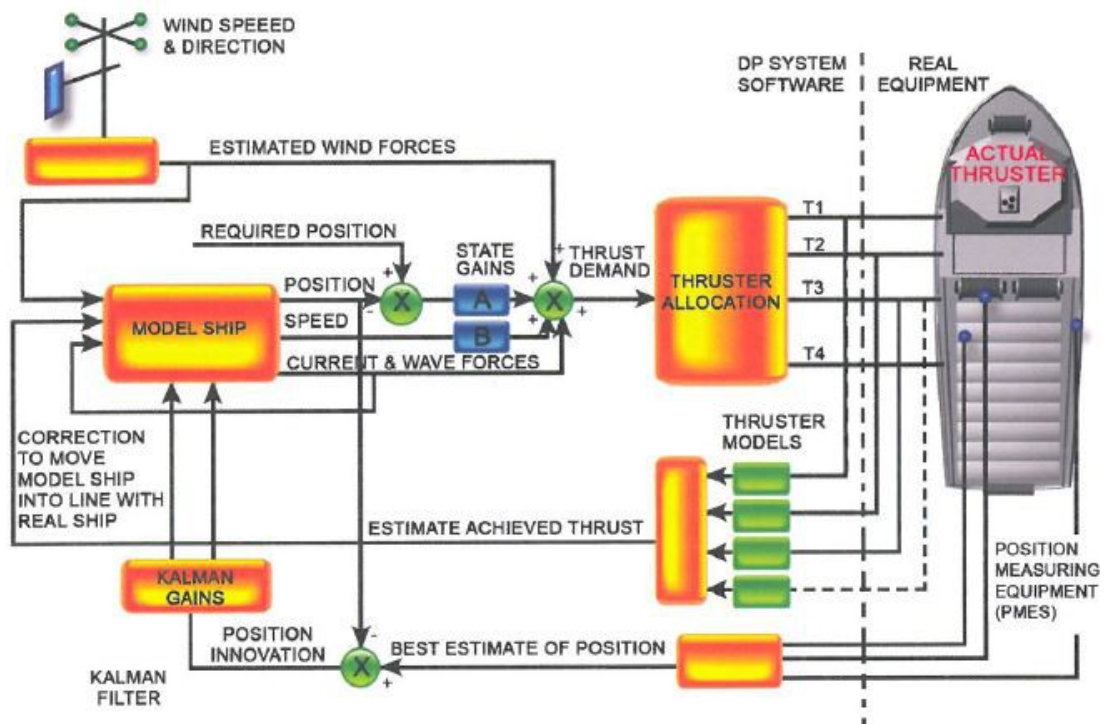
En los equipos DP más modernos el sistema se controla a través de una consola que integra una versión de Microsoft Windows, mucho más familiar y intuitiva, que el resto interfaces anteriores.

La parte más importante del equipo DP, es el componente humano: los operadores DP. Que en todo caso, deberán estar plenamente capacitados para llevar a cabo las operaciones DP, de la forma más segura.

Para que el sistema DP tenga un rendimiento óptimo, es necesario que toda

la información aportada al procesador/es (inputs), a través de sus dispositivos y equipos periféricos, MRUs, PRSs y sensores, sea lo más exacta posible. Por ejemplo, las gyros son equipos de presencia común independientemente del tipo de buque, pero en un buque DP su instalación se realiza por duplicado o triplicado; dependiendo del nivel de redundancia deseada (más adelante estudiaremos el concepto de redundancia). Con motivo de proveer al procesador/es DP la información más exacta posible, se instalan equipos de última generación, por ejemplo, las gyros instaladas hoy en día en un buque DP, son de fibra óptica, formando una estructura solida, sin partes móviles.

Los sistemas de referencia de posición (PRSs) alimentan continuamente de información al procesador/es DP. Como ya sabemos, la necesidad de precisión en un escenario DP es mucho mas importante que en una navegación convencional. Aunque, la posición del buque nunca podrá ser mas exacta que la precisión de los datos aportados por los diferentes PRSs. Normalmente, la precisión de la posición en un buque DP, suele ser hoy en día de alrededor de 1 metro. Para ello, el error total aportado por todos y cada uno de los dispositivos de medición periféricos, no podrá ser superior a 1 metro.



Los sistemas de referencia de posición, son dispositivos independientes conectados al procesador/es DP a través de una “ethernet LAN”. El principio de funcionamiento de los PRSs, puede basarse en tecnología satelital, GPS (DGPS), o en otros principios físicos, como el posicionamiento por láser óptico (Fanbeam, CyScan), sistemas de referencia de posición por uso de ondas microondas (Artemis, RADIUS y RadaScan), sistemas hidroacústicos, o sistemas de funcionamiento mecánico (Taut Wire). Todos ellos, serán vistos y explicados más adelante.

Un equipo DP es capaz de recibir y asociar datos de varios PRS a la vez, calculando la situación más precisa a partir de todos los datos aportados. Cuanto mayor sea el número de PRSs portadores de datos, más precisa será la situación calculada y menor será el impacto, en caso de pérdida de alguna de las unidades PRSs.

El buque quedará finalmente, bajo el control de sus unidades propulsoras y de gobierno: Hélices, thrusters y timones. Es por ello necesario, que todos estén conectados en modo on-line con el procesador DP. El procesador, enviará de forma independiente cada unidad propulsora, la orden de pitch (paso), rpm, y azimut. Recíprocamente cada propulsor enviará la misma información a la computadora DP, comprobando que las ordenes enviadas por el procesador son obedecidas por el propulsor. El DPO deberá continuamente corroborar esta información de feedback, ya que una discrepancia entre ambas informaciones, no siempre haría saltar los mensajes de alarma pertinentes. Es posible que un fallo en alguno de los propulsores, no siempre haga disparar las señales de alarma. Esto se debe a que si las condiciones son estables, es decir, las órdenes enviadas por el procesador al propulsor se mantienen constantes durante un periodo de tiempo, el propulsor es propenso a quedarse congelado con esas ordenes (inputs). Al no variar las inputs (procesador) respecto de las outputs (propulsor), el sistema no detecta ninguna discrepancia entre ambas, pasando por alto el fallo, cuando en realizar el propulsor se ha quedado

congelado con esas órdenes . En cualquier caso, cuando se produzcan alarmas y fallos del sistema, únicamente serán analizados, silenciados y aceptados por un DPO competente.

Un buen suministro de energía es parte vital del sistema DP. Hemos de recordar que un fallo en el servicio de suministro de energía, tendrá de inmediato un golpe de efecto sobre las funciones del sistema DP, y su nivel de destreza. La mayoría de los buques DP, son diésel-eléctricos. Esto significa que la propulsión es eléctrica, y que la electricidad se consigue mediante generadores diésel. Cabe destacar que todos los cables, conexiones, alternadores, motores de propulsión, sistemas de control y distribución de la energía, etc. se consideran parte del sistema DP. Por ello, todos estos elementos quedan sujetos a la normativa reguladora del equipo DP. También se consideran parte del sistema DP, el circuito de combustible que alimenta a los generadores, el circuito de lubricación y el circuito de refrigeración de los equipos de propulsión y los elementos de gobierno. ¿Por qué? Pues bien, imaginemos que un tanque de consumo diario de combustible, resulta contaminado por la entrada de agua de mar. Ello podría suponer un corte en el servicio de suministro de energía, pudiendo el buque no disponer de la reserva de energía suficiente para alimentar a todos sus propulsores. Pudiendo encontrarse el buque, ante un caso de pérdida de control sobre la posición. Por este motivo, todos estos servicios se considerarán parte del sistema DP, a efectos de construirse con la redundancia adecuada.

4. REDUNDANCIA Y CLASES DE EQUIPO DP

A menudo los buques DP, se ven involucrados en diversas maniobras sometidas a un gran riesgo para su tripulación, el buque y el medio ambiente marino. Antes de comenzar cualquier operaciones en modo DP, deberemos evaluar todas las consecuencias posibles, que pudieran surgir por un posible fallo del equipo.

Un fallo del equipo DP podría dar lugar a una pérdida del control de la

propulsión y por tanto, una pérdida sobre el control de la posición geográfica del buque. En ese momento el buque podría ser arrastrado por una corriente de deriva. Incluso puede darse el caso, en el que el propio buque pierda su posición debido a un fallo en uno o varios de sus propulsores, que de forma descontrolada lo alejen de la posición de set-up (deseada). En cualquier caso, los dos fallos podrían tener consecuencias catastróficas.

Las consecuencias de un fallo catastrófico puede se dividen en 3 categorías: riesgo de muerte o daño para la tripulación, riesgo o daño material del buque y riesgo de contaminación del medio ambiente.

Así que, surge la necesidad de medidas, que diseñen y construyan sistemas DP muy seguros, es decir, redundantes. Esto significa, duplicar, triplicar o multiplicar las veces que se creen convenientes. los diferentes elementos que componen el sistema DP, para asegurar que siga funcionando adecuadamente, a pesar de perder uno de ellos, debido al evento de un “Single-point failure” (fallo único). El objetivo de la redundancia es prevenir al sistema DP de los elementos suficientes, para que ante el suceso de “single-point failure”, no se produzca una situación catastrófica, esto es, la pérdida de control sobre la posición y/o el rumbo.

Por otro lado, la redundancia de componentes, permite a los DPOs detener las operaciones de forma segura cuando se produzca un “single-point failure”. Posteriormente, permitirá el alejamiento del buque de la zona trabajo, bajo el gobierno del equipo DP. En conclusión, la redundancia permite al buque suspender las operaciones y moverse a un lugar seguro después de que se produzca un fallo crítico en uno de sus componentes.

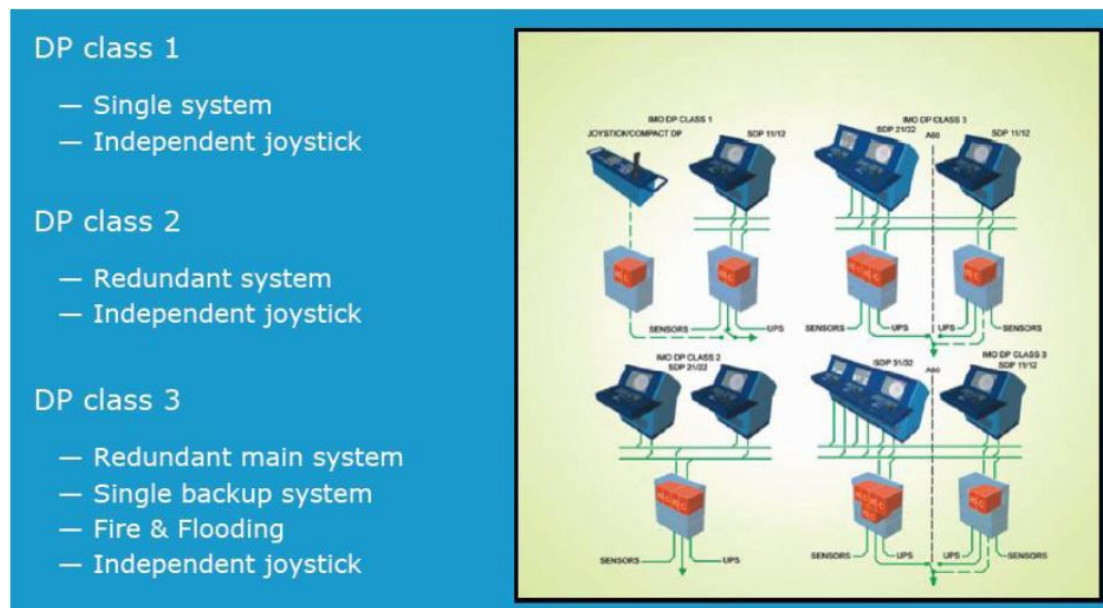
Existen diversos métodos para proveer al equipo de la redundancia necesaria. Lo más sencillo, es instalar modos de back-up y modos de stand-by. Otro método, es disponer de dos procesadores, uno en modo “on-line” y el otro en modo “hot stand-by”. Este es un método muy extendido en diversos buques DP. Si el procesador on-line falla, automáticamente el otro se activará y tomará el control sin ningún tipo de cambio en las condiciones

del buque, incluyendo por supuesto, rumbo y posición. Con posterioridad a tal suceso, el buque estará aún bajo el control del DP y podrá moverse a una posición segura, aunque ya no disponga de redundancia.

4.1 DIRECTRICES DE LA OMI

Las directrices de la OMI respecto a los sistemas de posicionamiento dinámico describen 3 niveles de redundancia conocidos como “Equipment classes”: Class 1, Class 2 and class 3. Estas directrices, emitidas en 1994 (MSC Circ 645) han sido aceptadas en el mundo de la industria marítima como medidas de aceptación estándar en la industria. Los buques DP se han diseñado a partir de entonces, de acuerdo a este tipo de clasificación y requisitos. Posteriormente, la correspondiente sociedad de clasificación dota a cada buque de un certificado de clase (clase 1, 2 o 3), según las características de redundancia con las que se haya diseñado al equipo DP. Cada sociedad de clasificación tiene parámetros clasificadores equivalentes a los de la IMO.

Las directrices de la IMO introducen el concepto, ya visto, de “punto único de fallo” (single-point failure). Como ya hemos mencionado anteriormente, el concepto de redundancia permite la conservación de la posición y rumbo, a pesar de sufrir un punto único de fallo. Las diferentes clases, se estipulan dado los efectos del “single point failure” más desfavorable, que pudiese afectar al sistema.



Para los **equipos de clase 2**, la pérdida sobre el control de la posición y/o rumbo no puede ocurrir en el evento de un fallo único en cualquiera de los componentes del equipo o sistemas activos: generadores, propulsores, válvulas de control-remoto, swichtboards, etc. Normalmente, los componentes estáticos (cableado, tubería, válvulas manuales, etc) no se considerarán como susceptibles de fallo si se demuestra que se han dispuesto los adecuados elementos de protección. La fiabilidad del sistema, queda a cargo de la satisfacción de la administración competente.

En los **equipos de clase 3**, se aplica la misma normativa que a los de clase 2, pero se considera también que cualquier componente estático será susceptible de fallo. Por lo que el sistema DP, tendrá la capacidad de seguir operando (sin perder el control sobre la posición ni el rumbo) durante y después de que surja un fallo en cualquier elemento individual del sistema, inclusive la pérdida de todo un compartimento o subdivisión debido a un incendio o inundación.

En otras palabras, los buques equipados con sistemas DP clase 1, no serán completamente redundantes en cada zona del equipo. Los buques equipados con sistemas de clase 2, únicamente serán completamente redundantes en sus componentes estáticos. Mientras que los buques equipados con clase 3, serán capaces de mantener el control sobre su posición y rumbo, aún después se sufrir la pérdida de todos sus componentes de un compartimento estanco o subdivisión anti-incendio. En esta clase, es posible que un “single failure” ocasione la pérdida completa de un compartimento estanco o subdivisión anti-incendio.

La elección de una clase u otra dependerá de la peligrosidad de las operaciones en las que se vaya a involucrar el buque. A mayor riesgo humano, medioambiental y material, mayor será el nivel de clase exigido. Las directrices de la OMI establecen que la clase requerida para cada operación, debe ser establecida por acuerdo mutuo entre el armador del buque y su cliente, basándose en un análisis que determine los riesgos y consecuencias que tendrían lugar en el caso de que el buque pierda el

control de sus posición y/o rumbo. Es por ello, que el armador y su cliente deberán diseñar un plan operativo, en el que incluyan un completo análisis del riesgo y protocolo de actuación. De este modo, el resultado de la valoración de los diferentes riesgos, permitirá tomar la decisión respecto a la clase del equipo que deberán utilizar. Cuanto más desastrosas sean las consecuencias (muerte/heridas, daño, contaminación), mayor será la clase del equipo DP.

El certificado de clase del equipo DP, consiste en un certificado emitido por la sociedad de clasificación a la que pertenezca el buque, donde se le otorgará el correspondiente rango de clase. Por ejemplo, un buque cuya sociedad clasificadora sea Lloyd's los rangos de clasificación son DP (AM) para clase 1, DP (AA) para clase 2, y DP (AAA) para clase 3. Por otro lado, es posible que el buque disponga además, de un certificado FSVAD (Flag State Verification and Acceptance Document) otorgado por la IMO, en el que de nuevo se demuestre claramente la clase del equipo de la que dispone el buque. Paradojicamente, este documento es generalmente emitido por la propia sociedad de clasificación, en nombre de la IMO.

Todas estas disposiciones sobre Redundancia, se recogen en las "Guidelines for the Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels" publicadas en Febrero de 1999, por la IMCA (International Marine Contractors Association) en su M103.

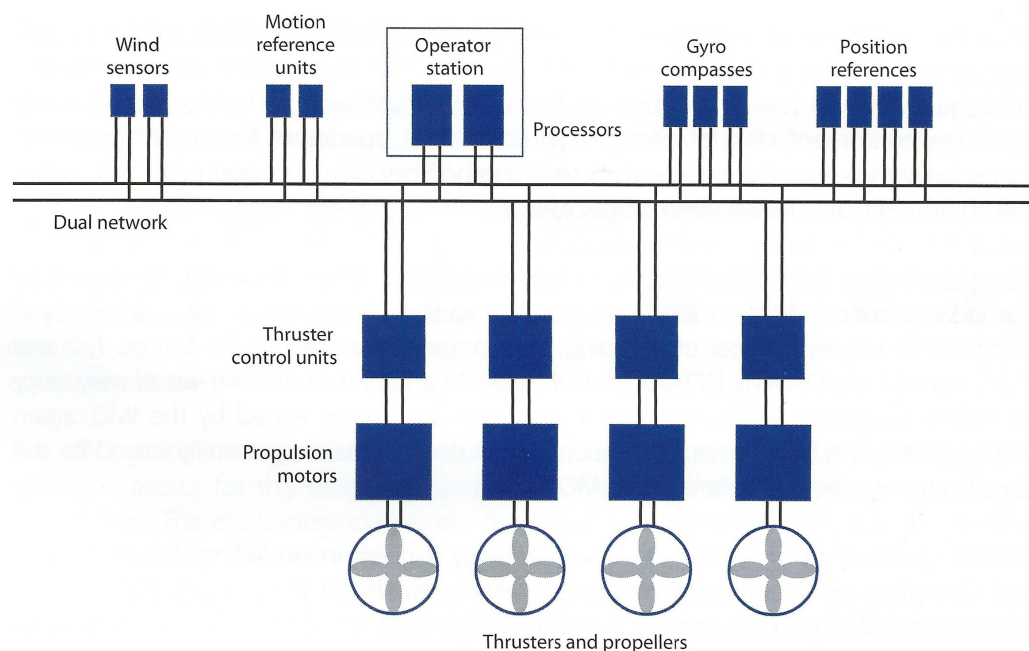
4.2 APORTACIÓN DE REDUNDANCIA AL SISTEMA DP

A continuación, se presentan una serie medidas para proporcionar al sistema disposición redundancia a sus componentes principales: Elementos de control, fuentes de energía, propulsores, hélices, sistemas de referencia de posición y sensores.

4.2.1 REDUNDANCIA DE CONTROLES

Los ordenadores son el cerebro y a la vez corazón de cualquier sistema DP. Para la clase 1, un único procesador es suficiente, mientras que para la clase 2, se deberán instalar de modo paralelo 2 procesadores idénticos.

Cada uno de ellos, funcionará de manera independiente y paralelamente, recibiendo los mismos datos (inputs-información) de los elementos periféricos (PRSSs, MRUs, gyros, sensores, etc) para desarrollar los mismos cálculos. Si todo va bien, debería llegar a la misma conclusión. Cómo ya sabemos, uno de los procesadores estará en modo “on-line” mientras que el otro se encontrará en modo “hot stand-by” para actuar de “back-up”, en el caso de que falle el primero. Cada procesador, estará continuamente vigilando al otro, de modo que si las dos unidades no están funcionando de modo idéntico, la función del sistema “A-B difference” saltará. Esto es de gran importancia, debido a que si existe una diferencia entre el procesador A (on-line) y B (hot stand-by), se habrá perdido la capacidad de redundancia del sistema DP. Para evitar posibles errores de lectura añadidos, es importante que los procesadores estén interconectados, de modo que las conexiones sean a prueba de perturbaciones (bumpless transfer). El sistema funcionará de forma que en el caso, en el que el procesador on-line caiga, el procesador “back-up” tomará el mando, sin verse alterada ni la posición ni el rumbo del buque.

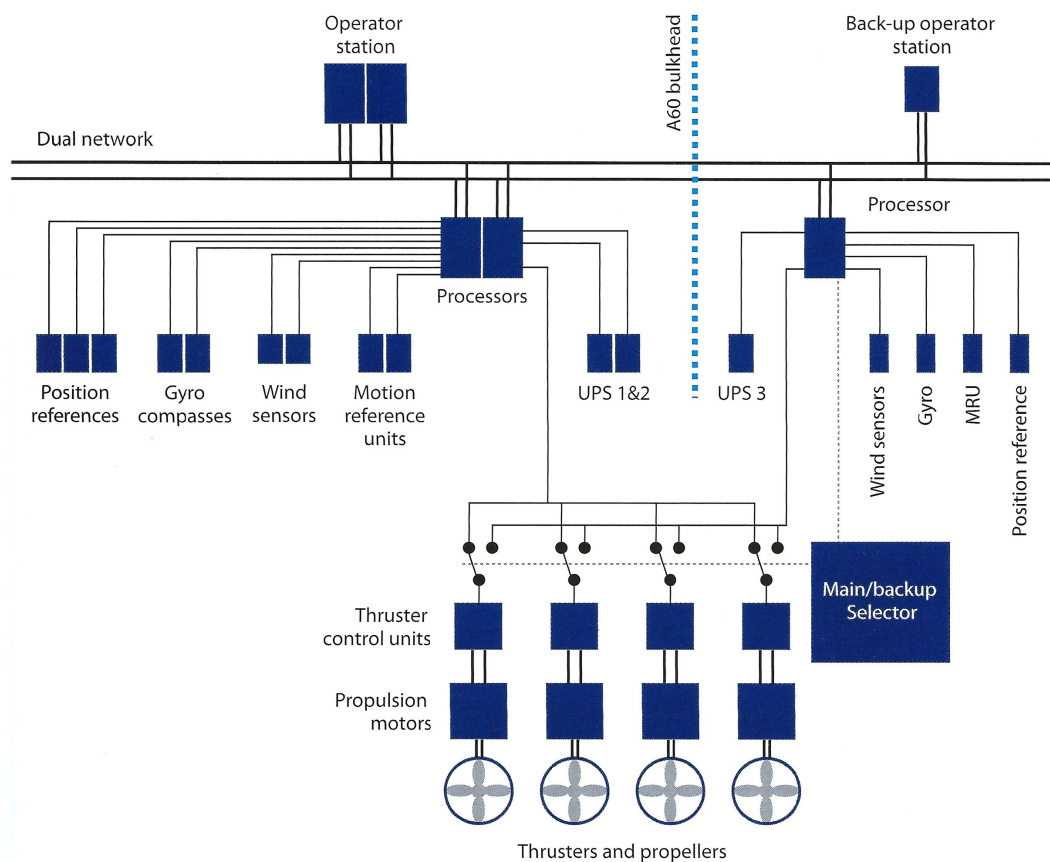


Class 2 DP system arrangement

Instalaciones mas sofisticadas se diseñan con la llamada redundancia modular triple (TMR). Esta proporciona al equipo una mayor seguridad, pero

no implica necesariamente un aumento de redundancia suficiente para dotar al sistema con un nivel de clase 3. En un sistema modular triple, se disponen 3 procesadores, todos ellos funcionando en paralelo. Uno de ellos “on-line” y los otros 2 en modo “hot stand-by”. Esta disposición permite la aplicación del voto lógico, en el que cada cálculo de cada uno de los procesadores, es contrastado con el de los otros dos. Si una discrepancia ocurre, entonces automáticamente será detectado el fallo y la unidad errante será descartada. Este voto lógico se aplica a todos aquellos componentes del sistema (sensores, sistemas de referencia de posición, MRUs, gyros etc) en los que sea posible. Independientemente del numero de procesadores con los que cuente un sistema DP y como se distribuyan, se exige que los equipos de clase 2, dispongan al menos de 3 sistemas de referencia de posición y 3 gyros independientes.

FULLY REDUNDANT (CLASS 3) SYSTEM LAYOUT



Class 3 DP system arrangement

Comúnmente hablamos de equipo “simplex” cuando el equipo DP sólo dispone de un procesador. De equipo “duplex” cuando se dispone de 2 , y de equipo “triplex” cuando son 3 los procesadores con los que cuenta el equipo.

El sistema “triplex” no significa necesariamente que el sistema DP cumpla necesariamente con los requisitos para pertenecer a la clase 3. Para que lo haga, será necesario que uno de los procesadores se encuentre instalado en un compartimento separado y protegido con mamparos de la categoría A-60. Recordemos que para la clase 3 es indispensable la subdivisión o compartimentación de una de las partes triplicadas del conjunto del sistema DP. La OMI establece que un “single-point failure” podría provocar el fallo de todos esos elementos distribuidos en un único compartimento.

Por tanto, para cumplir con los requisitos de la clase 3, el sistema DP tendrá, en todo caso, que disponer de un procesador completamente redundante, de forma separada y protegido con un mamparo A-60, tal y cómo se representa en el diagrama anterior. En la práctica, esto significa que una redundancia completa consiste generalmente en instalar, por ejemplo, dos procesadores en el puente de gobierno dotados de sus correspondientes elementos, y un completo “back-up DP system” situado en una localización a parte, protegida por mamparos A-60. Un sistema aún más sofisticado al anterior, consiste en un sistema DP “triplex”, en el que su “back-up” sea un completo “simplex system” situado en un compartimento distinto y protegido con mamparos A-60.

4.2.2 REDUNDANCIA EN POSICIÓN Y RUMBO

En contra de lo que podíamos esperar, para los equipos de clase 1 se deberán instalar al menos 2 los PRSs. Esto puede parecer un requisito superior al mínimo exigido para la clase 1 (no redundante). Pero en realidad, trabajar con un único PRS, tiene un particular peligro: La posible “congelación” de los datos de posición que suministra al equipo DP.

Si el sistema DP cuenta con un único PRS y su suministro de datos se

congela, es decir, proporciona los mismos datos al sistema de modo erróneamente continuo, el buque se alejará probablemente de su posición del siguiente modo: En el momento en el que se produzca la congelación, es muy posible que el buque no se encontrase exactamente en la posición deseada por el DP operador. En ese momento, los propulsores estarían empujando en una dirección cualquiera para poder recuperar la posición de set-up. Al no disponer de datos actualizados, los propulsores continuarían empujando y alejando erróneamente al buque de su posición hasta que consiguiesen situar al buque en la situación de "set-up". En realidad, el buque se estaría alejando cada vez más de la situación deseada. Respecto a los indicadores del rumbo, para la clase 1 es suficiente una única gyro.

Para la clase 2 y 3, los requisitos exigen 3 sistemas de referencia de posición independientes, uno de ellos situado en un compartimento a parte y protegido por mamparos A-60, y 3 gyros. Como ya hemos visto, esto permite la implantación de la función de votación lógica que automáticamente identifica y descarta a la unidad errónea.

En el caso de que un sistema DP, debido a su clase, solo disponga de forma duplicada alguno de sus componentes, y se produzca una discrepancia entre los datos calculados o medidos por ellos, surgirá la cuestión de cuál es el elemento que está fallando y cuál el que está funcionando correctamente. Esta pregunta, solo puede ser respondida tras la inspección de los elementos por parte del operador DP. Por ello, la triplicación de componentes aporta una solución parcial a este problema.

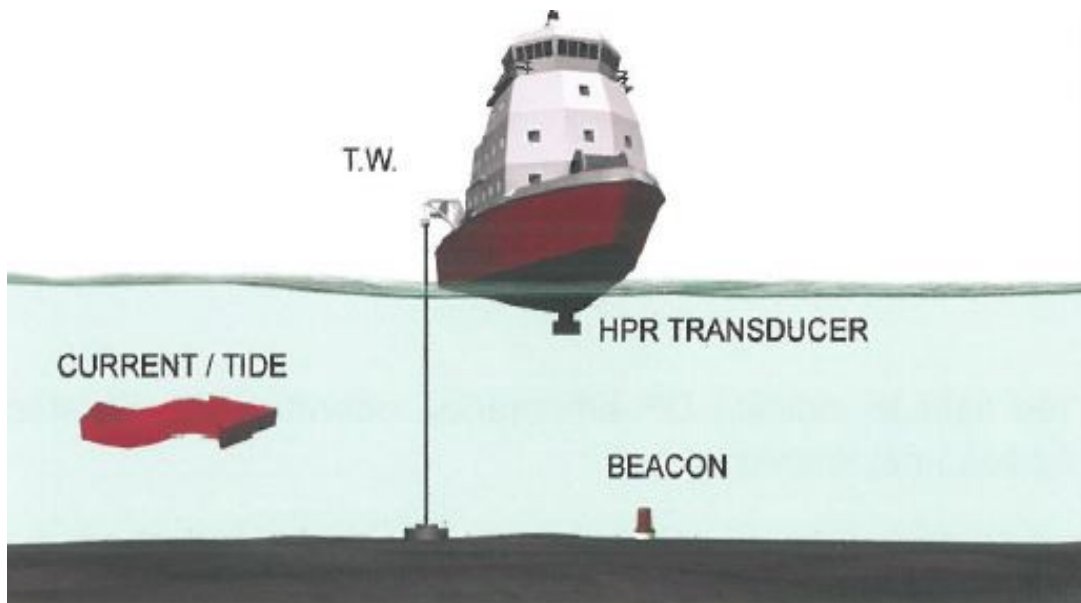
El DP operador deberá prestar la suficiente atención, para tratar de evitar los errores más comunes que puede sufrir el equipo. Por ejemplo, imaginemos un DPO selecciona dos aparatos DGPS independientes y un Fanbeam Laser System, como sistemas de referencia de posición para la maniobra que va a realizar. Dicha disposición cumple con los requisitos para la clase 2 y 3, pero podría surgir el siguiente problema. Si los dos DGPS sufren un fallo originado por un motivo de raíz común, el sistema de votación rechazará

automáticamente a Fanbeam, el único sistema que estaba en ese momento operando correctamente.

Siempre es una buena práctica operar con 3 PRSs, cuyo funcionamiento se base en principios físicos diferentes, para reducir el riesgo de fallos de raíz común.

A pesar de esta buena práctica, de seleccionar 3 PRSs de naturaleza diferente, persiste el riesgo de fallo. Por ejemplo, imaginemos un buque que está operando con 3 PRSs basados en principios de funcionamiento diferentes: Taut-wire, HPRs (Hydroacoustic Position Reference), y DGPS. Si el ocurre que el DPO fondeó la baliza hidroacústica sujeta al peso del Taut-wire, una corriente marina afectaría del mismo modo a ambos elementos, por estar uno al lado del otro, persistiendo aún el fallo de raíz o motivo común. En este caso, lo que ocurriría es que el sistema aplicara el voto lógico de forma realmente errónea, rechazando al DGPS, el único sistema de referencia de posición que estaba trabajando correctamente.

Otro buen consejo, es intentar evitar una configuración en la que los 3 PRSs sean elementos que haya que fondear en el lecho marino. Por ejemplo, 2 Taut-wire y 1 baliza hidroacústica. En condiciones malas de mar, los 3 sistemas resultarían inservibles.



En los buques de clase 2 y 3, siempre es aconsejable el despliegue de 4 PRSs en lugar de 3. Si un buque de esta categoría opera con 3 sistemas de referencia y pierde uno, automáticamente el buque perderá su clase y deberá detener las operaciones para desplazarse a un lugar seguro. Sólo podría retomar las operaciones cuando otro sistema de referencia de posición se mostrase trabajando de manera apropiada y en modo “on-line”. Por otro lado, si el buque dispone de 4 PRSs y pierde uno, no perderá la clase y seguirá siendo lo suficientemente redundante para su clase, pudiendo proseguir operaciones en todo momento.

En cuanto a las gyros, éstas se usarán de forma triplicada para la clase 2 y 3. La diferencia radica en que en la clase 3, la gyro deberá instalarse en un compartimento remoto que cumpla con los requisitos de subdivisión, anteriormente mencionados.

En la siguiente tabla, se representa de un modo más esquemático toda la información hasta aquí descrita.

SUBSYSTEM OR COMPONENT	MINIMUM REQUIREMENTS FOR GROUP DESIGNATION			
	IMO EQUIPMENT CLASS	1	2	3
Class notations:	DNV	AUT	AUTR	AUTRO
	LR	DP (AM)	DP (AA)	DP (AAA)
	ABS	DPS-1	DPS-2	DPS-3
Power System	Generators and prime movers	non-redundant	redundant	Redundant separate compartments
	Main switchboard	1	1 with bus tie	2 with normally open bus ties in separate compartments
	Bus tie breaker	0	1	2
	Distribution system	non-redundant	redundant	Redundant separate compartments
	Power management	no	yes	yes
Thrusters	Arrangement of thrusters	non-redundant	redundant	Redundant separate compartments
Control	Auto control: number of control computers	1	2	2+1 in alternative control station
	Manual control: joystick with auto heading	yes	yes	yes
	Single levers for each thruster	yes	yes	yes
Sensors	Pos. reference systems	2	3	3, including 1 in alternative control station.
	External sensors			
	wind	1	2	2
	VRS	1	2	2
	gyro	1	3	3, including 1 in alternative control station.
	other	1	2	2
UPS		1	1 + 1	2 + 1 in separate compartment
Alternative control station for back-up unit		no	no	yes

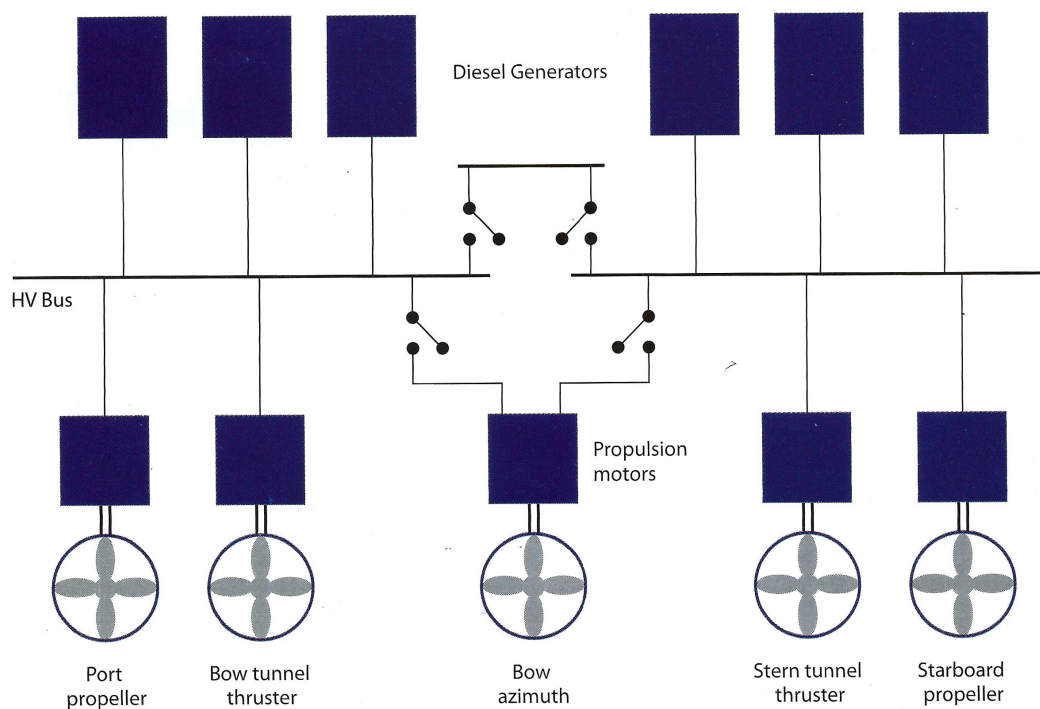
4.2.3 REDUNDANCIA DE PROPULSIÓN

Un buque de propulsión diésel-eléctrica, con un sistema DP clase 2 o 3, ha de diseñarse de forma que, a pesar de la pérdida completa de una de las

dos barra de potencia (BUS), de las que se compone el servicio energético de a bordo, será capaz de mantener el control sobre el rumbo y su posición . En la práctica, este es el peor fallo energético (worst-case failure) para el que el sistema DP ha de estar preparado, y supone la pérdida de todas la hélices, timones y propulsores conectados a una, de esas dos barras de potencia.

Se hace por tanto necesario, disponer de la suficiente energía en todo momento en cada una de las dos barras de energía, por si una de ellas cae, el buque pueda disponer de la potencia suficiente para mantener de manera intacta su habilidad para maniobrar y posicionarse.

Por ejemplo, supongamos que un buque dispone de 3 propulsores a proa y de 3 propulsores a popa. Si, se pierde una de las 2 barras de potencia, el buque debería conservar 3 propulsores intactos. Esos 3 propulsores serán capaces de aportar es suficiente empuje al buque, para que el sistema DP conserve su control sobre el rumbo y posición del buque, independientemente de las condiciones meteorológicas externas. A continuación, se muestra una configuración energético-propulsora redundante:



· Redundancy in propulsion

El DPO debe estar siempre pendiente ante el posible suceso del “worst-case single point failure mode” con respecto de la propulsión. Los equipos DP más modernos instalan una aplicación informática conocida como “consequence analysis” que ayuda a esta tarea el problema.

4.2.4 “CONSEQUENCE ANALYSIS”

En cuanto a la distribución-suministro de energía a los propulsores, el sistema DP consta de una función, que es capaz de realizar un “análisis de consecuencias”, para que en el suceso de un “worst-case single point failure” el buque pueda ser capaz de mantener el control sobre la posición y rumbo. Las directrices de la OMI, estipulan que esta aplicación debe estar continuamente en funcionamiento cuando se realicen operaciones con clase 2 y clase 3. Por otro lado, destacar que en cualquier momento todas las medidas pueden fallar, y el buque puede sufrir un blackout total. Perdiendo por tanto el servicio de propulsión, y el control sobre la posición y rumbo.

Generalmente la aplicación repite el cálculo una vez por minuto, analizando el cuadro energético-consumo de la configuración de los propulsores, para determinar cual sería el caso más desfavorable. A continuación, el software simula la caída de una de las dos barras de potencia para luego determinar si el buque sería capaz de mantener su posición y rumbo solo con una de las barras.

Si el software determina que el buque no se encuentra en disposición de mantener su posición y rumbo dada la configuración energética actual, entonces saltará la alarma pertinente. En caso de que este tipo de alarma esté desactivada, será el operador DP el que asuma el riesgo de determinar si la redundancia en la configuración energética se mantiene intacta prestando atención a los niveles de producción de energía y carga.

4.2.5 REDUNDANCIA EN LA PLANTA ENERGÉTICA

La construcción de las plantas de producción de energía de los buques DP se desarrollan con la idea de crear un sistema altamente redundante. La configuración diésel-eléctrica es especialmente óptima para cumplir este

objetivo. En este tipo de propulsión se dispone de varios generadores eléctricos conectados al cuadro de distribución, por lo que la pérdida de uno de los generadores diésel no tiene un resultado catastrófico. Para la clase 3, el equipo de la sala de máquinas y los cuadros de la distribución eléctrica estará compartimentados en diferentes espacios de modo que un incendio no provoque la total incapacidad del sistema (mamparos A-60).

Además, al disponer de varios generadores eléctricos, se dispone de una mayor flexibilidad a la hora de realizar las configuraciones energéticas de la planta, en el día a día. El número de generadores que debemos poner en funcionamiento, puede variarse en función de la cantidad de carga demandada, conservando la redundancia del sistema.

Existen otros componentes en la sala de máquinas que también requieren de redundancia, cómo por ejemplo el circuito de combustible y de refrigeración. Las medidas irán encaminadas para prevenir la contaminación de estos circuitos por parte del agua de mar, que en cuyo caso provocaría la parada automática de los generadores, y suministro de energía eléctrica a los propulsores.

Cabe decir, que a pesar de que en los buques DP se requiere de mayores medidas de precaución, la redundancia del sistema de refrigeración también se exige en buques no DP, por parte de sus sociedades de clasificación. La redundancia en el sistema de refrigeración no es exclusivo de buques DP.

El diseño del circuito para la distribución de la energía eléctrica también se construye de modo altamente redundante y deberá cumplir con los requisitos mínimos que se le apliquen según a la clase a la que pertenezca: clase 1, 2 ó 3. Para cumplir con los requisitos de exigidos a la clase 3, los disyuntores que conectan ambas barras de potencia deberán estar siempre abiertos. De modo que, en la clase 3, al estar la barras de energía trabajando de forma separada, la caída de una de ellas no podrá ser transferida a la otra y no se producirá un blackout total.

En clase 2, el disyuntor podrá estar abierto o cerrado, a juicio del DPO. Con

el disyuntor cerrado (interruptor conectando ambas barras de potencia) el modo de distribuir la energía eléctrica es más flexible y eficiente, consiguiendo realizar las operaciones de modo más económico (menos generadores de corriente eléctrica en uso) . En esta clase, si se produce una caída de una de las barras, el disyuntor debería dispararse aislando a la sección defectuosa. Sin embargo, la posibilidad de que surja un blackout total aún persiste, en el caso de que el propio disyuntor también falle.

Todos los sistemas de distribución y consumo de energía deberán estar monitorizados por un software de administración, control y supervisión. Los equipos de bajo voltaje (240v, 360v) tales como ordenadores, consolas del puente y equipos periféricos deberán estar protegidos contra suministros de corriente a través del sistema UPS correctamente instalado.

4.2.6 REDUNDANCIA EN LOS SISTEMAS DE REFERENCIA

Los sistemas de referencia tales como los MRU (Motion Reference Unit) y sensores de viento se instalan por duplicado para satisfacer los requisitos impuestos a la clase 2 y 3. Estos elementos alimentan continuamente con información (inputs) al procesador/es DP. Un fallo de uno de estos elementos tiene menos repercusión en el funcionamiento del sistema, que en el caso de que el fallo se produzca en uno de los elementos críticos. Por este motivo se considera suficiente la instalación por duplicado de los MRU y sensores de viento, aunque es posible que en algunos buques se instalen por triplicado.

Los operadores DP tienen la responsabilidad de estar familiarizados con los medios de redundancia dispuestos en su buque, prestando especial atención a sus puntos débiles o limitaciones. Deben también prestar especial atención cuando se produzcan modificaciones o nuevas instalaciones en el equipo. En cuyo caso, deberá cuestionarse de nuevo el requisito redundancia. Por ejemplo, en el caso de que si instale un nuevo PRS a bordo, nos preguntaremos si su suministro eléctrico es lo suficientemente redundante, para la clase.

5. DISPOSITIVOS DE REFERENCIA DE POSICIÓN

Es de importancia vital para el equipo DP disponer de una estable, precisa y fiable magnitud de la situación. Los encargados de aportar al sistema esta información son los llamados sistemas de referencia de posición (PRSs). Algunos fabricantes de equipos DP, también llaman a los PRS equipos de monitorización de la posición (PME).

Todos los PRSs tienen limitaciones, fallos y errores. El DPO es el encargado de comprobar el buen funcionamiento de todos, y cada uno de ellos antes de ponerlos en modo on-line con el sistema. Según su criterio, activará los que considere más indicados, según el tipo de maniobras que se vayan a realizar y el escenario en el que se vaya topar el buque. El sistema DP deberá en todo caso, tener activadas las “inputs” de posición suficientes, según la clase a la que pertenezca el equipo, y serán fiables, estables y precisas.

La precisión es la característica más importante que debe tener un PRS, debido a que la posición del buque nunca podrá ser más precisa que la exactitud aportada por los PRS. En general para un buque DP se exige una precisión entre 1 y 2 metros. Lo que implica que el margen de error de cada PRS debe ser de 1 metro o inferior.

Por otro lado, la precisión del sistema DP es una característica variable, en función del tiempo cronológico, situación geográfica, condiciones meteorológicas y factor humano.

La fiabilidad de los PRS también es importante. No tiene sentido que un PRS tenga una exactitud milimétrica si en cualquier momento es susceptible de sufrir un fallo.

A pesar de la gran precisión que pueda tener un PRS, siempre tendrá un margen de error. Por lo que, para tratar de reducir ese error, el sistema DP contrasta la información aportada por 2 o más PRS, con el objetivo de calcular una situación aún más precisa. En operaciones de clase 2 y 3 se requiere el uso de un mínimo de 3 PRS. De nuevo, esta función permite al

sistema la automática detección y rechazo del PRS que esté fallando, mediante la técnica de voto lógico.

Volviendo al concepto de fiabilidad del sistema, es posible que sea el factor humano el que la degrade la calidad del sistema con una mala praxis: seleccionando PRSs que son inviables para la situación.

Por ejemplo, supongamos que un buque se encuentra realizando una operación en una plataforma que se encuentra en latitudes norte y altas, y el operador DP decide seleccionar un DGPS como uno de los sistemas de referencia de posición. Como todos sabemos en latitudes cercanas al polo elevado, la pérdida de señal GPS (o su corrección diferencial) es muy probable. También podría producirse el caso en el que la estructura de la plataforma apantalle al buque, al estar este operando muy próximo a ella, y dejándolo sin señal GPS o sin la corrección diferencial. Ha de ser de nuevo, el operador DP el responsable, bajo su criterio, de seleccionar los PRSs apropiados para cada situación.

Los PRSs deberán a su vez ser estables. Esto significa que deberán ser diseñados de tal forma que se reduzcan al mínimo los errores en su funcionamiento. Imaginemos por ejemplo que estemos utilizando un sistema de referencia de posición que usa el láser como medio para situarse. El equipo podría convertirse en inestable si el láser saltase de un lugar a otro, en vez de centrarse en su objetivo. Lo mismo podría pasar con el DGPS, si el sistema DP decide cambiar continuamente su configuración más óptima de vehículos espaciales.

Por otro lado, la continuidad en el suministro de la situación, es de nuevo vital. En general, se estipula que los PRSs deberán actualizar su posición una vez por segundo o incluso más rápido. Es posible que en algunos casos, la actualización de la información no se pueda producir cada segundo por limitaciones de los propios principios físicos de funcionamiento. Imaginemos un PRS hidroacústico en el que la distancia entre emisor y receptor es superior a 1000 metros. Debido a que el sonido viaja a través del agua

aproximadamente a una velocidad de 1500 m/s, el tiempo transcurrido entre el viaje del sonido emisor-receptor-emisor será mayor a un segundo. En este caso, la actualización de la información se ve degradada, y su voto perderá peso a la hora de calcular la posición por parte del procesador DP.

La actualización de la correcciones diferenciales del GPS es otro requisito importante. Estas correcciones diferenciales, son enviadas en paquetes informativos que necesitarán de un tiempo por parte del equipo DP para ser interpretadas y posteriormente aplicadas.

5.1 UNIFICACIÓN DE VARIOS PRS

Como ya hemos dicho, los sistemas DP modernos son capaces de reunir y combinar datos aportado por 2 o más PRS, con el objetivo de obtener una posición aún más exacta. Cuando se dispone de varios PRS funcionando simultáneamente, el sistema los comparará en base a su desviación estándar. Cuánto más pequeña sea esta desviación, más ajustada será la medición del PRS y su valor tendrá más peso a la hora de ser utilizado para realizar el cálculo final de la posición. El peso de cada PRS se expresará en porcentajes y cuantos más PRS estemos utilizando, consecuentemente menor será el peso-porcentaje de cada uno. Esto, en otras palabras significa que en cuantos más PRS utilicemos, menor será el impacto en el caso de que falle alguno.

La desviación estándar de los PRSs y el peso lógico es automáticamente calculada por el sistema DP. En algunos sistemas DP, el operador tiene la opción de poner manualmente el peso de cada PRS, aunque se recomienda dejar esta tarea a los algoritmos del equipo DP.

Un caso en el que sería recomendable dar preferencia (aumentar el voto lógico) manualmente a un PRS, podría ser por ejemplo, si estuviésemos en un DP escenario realizando operaciones en aguan profundas (más de 1000m) y tuviésemos seleccionados como sistemas de referencia de posición un DGPS y varias balizas hidroacústicas. Aunque la actualización

de la información por parte de las radiobalizas es más lenta que en el caso del DGPS, sería recomendable dar mayor peso lógico a las radiobalizas, porque aunque necesiten más tiempo para actualizarse, en realidad serían más seguras debido a que el DGPS podría sufrir de ionización atmosférica, por ejemplo.

5.2 VALIDEZ DE LOS DATOS APORTADOS POR LOS PRSs

Todos los equipos DP someten a un test de validez a todas las inputs recibidas por sus PRSs. Uno de los test más sencillos consiste en localizar aquellos PRSs en los que los valores de sus mediciones, no se ven alterados con el paso del tiempo. Un PRS “congelado” deberá ser deshabilitado por el operador DP, para posteriormente investigar las causas. Un “prediction test” es capaz de detectar saltos repentinos en las mediciones de los PRSs para luego rechazar los que superen los valores límite establecidos. Cuando se habilita el funcionamiento de 3 o más PRS es posible la aplicación de un “median test” lo que permite el rechazo de los datos aportados por el PRS defectuoso.

El operador DP debe conocer los criterios que le ayudarán a decidir si un PRS deberá ser o no seleccionado según la situación. Por ejemplo, en el caso de valorar la posible selección del DGPS como PRS tendrá en cuenta el riesgo que existe en cuanto a la posible pérdida de recepción de las correcciones diferenciales, el número de satélites disponibles, su valor DQI (se explicará más adelante), etc.

5.3 “REFERENCE ORIGIN”

El punto de referencia del primer PRS seleccionado y aceptado se conoce cómo origen de referencia. En efecto, esto supone un datum cero para las medidas de calibración de los subsecuentes PRS. Por ejemplo, imaginemos que el primer PRS es un sistema de posicionamiento relativo (Fanbeam, Tautwire), consecuentemente el origen de referencia será local (la posición del peso del Tautwire o del reflector del Fanbeam). Sin embargo, si el primer

PRS seleccionado usa coordenadas globales (DGPS), entonces el origen de referencia será el WGS 84.

El operador DP deberá cerciorarse de que el datum que está en uso por parte del sistema es el mismo que él está usando en sus cartas de navegación y diagramas de trabajo. La conversión entre diferentes tipos de coordenadas es posible.

En el interior de un buque DP existe un punto al que se reducen las diferentes clases de coordenadas de referencia de posición (origen del buque), independientemente de que sean globales o locales. A menudo, este punto es el centro de gravedad del buque (CG) en su condición de desplazamiento en rosca. Por lo tanto, todos los datos aportados por los PRSs toman como punto de referencia para sus mediciones el CG del buque en rosca.

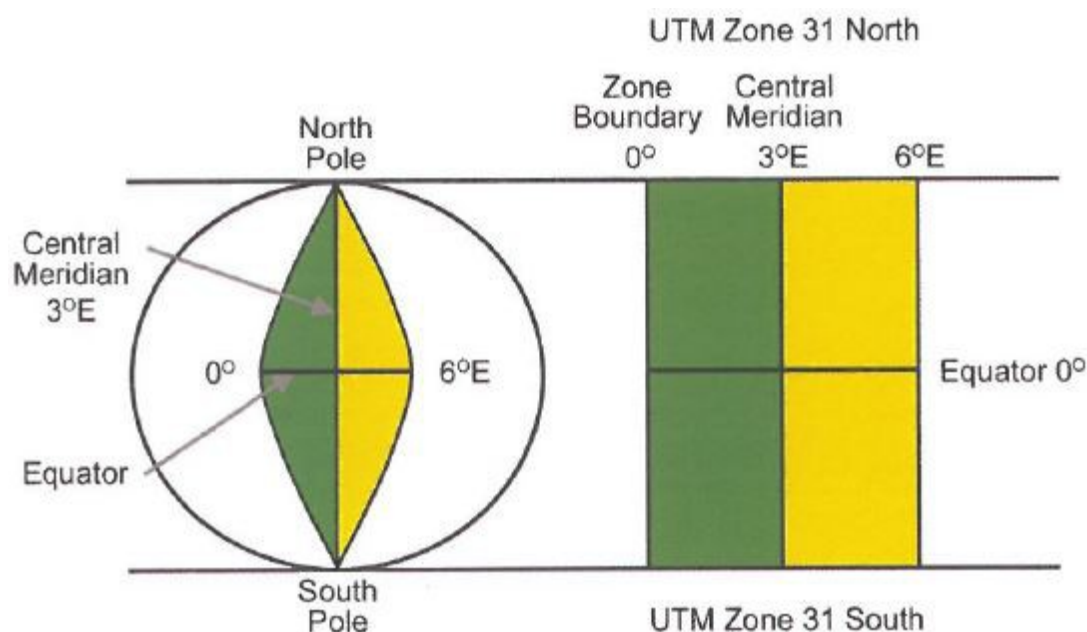
5.4 SISTEMAS DE COORDENADAS UTM

El sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en latitud y longitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

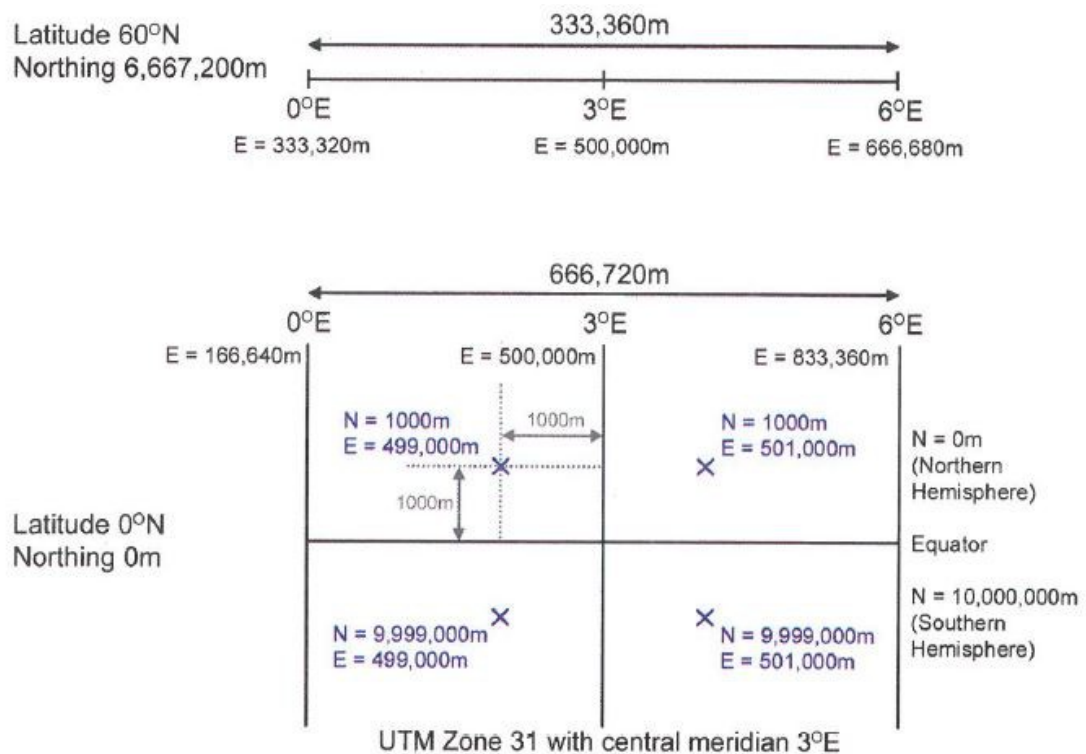
La proyección UTM tiene la ventaja de que ningún punto está demasiado alejado del meridiano central de su zona, por lo que las distorsiones son pequeñas. Esto se consigue a costa de la discontinuidad: un punto en el límite de la zona se proyecta en coordenadas distintas propias de cada uso.

En el mundo off-shore, las posiciones son normalmente expresadas en coordenadas UTM. En este sistema, la latitud y la longitud son remplazadas por “Northings” y “Eastings”. Una carta UTM es una proyección que cubre

un área local de 6 grados de longitud, de modo que la Tierra está cubierta por 60 zonas. Cada una de las cuáles, basadas en un meridiano central que discurre a lo largo de la zona. Las zonas se numeran desde el meridiano 180 grados de longitud, de modo que la zona 1 comprende desde el meridiano 180W hasta el 174 W, con su correspondiente meridiano central 177W.



La parte británica del Mar del Norte se sitúa mayoritariamente en la zona 31, que abarca desde el meridiano de Greenwich hasta el meridiano 6E (con su correspondiente meridiano central 3E). En cada zona, la posición es expresada por valores “Northings” y “Eastings” en metros. Los “Northings” es la distancia hacia el norte contada desde el ecuador en metros, generalmente consta de un valor de 7 dígitos. En el hemisferio sur, para evitar un valor negativo se le suma a los falso “Northings” una constante de 10.000.000 metros. Lo que convierte siempre los “Northings” en valores positivos y crecientes. Por otra parte, los “Eastings” son la distancia en metros desde el meridiano central y en dirección este, a la que se le suma una constante a todos los valores de 500.000m. Lo que significa que todos los “Eastings” serán también siempre positivos, de 6 dígitos e incrementándose en dirección este. En este sistema, por lo tanto no cabe lugar para valores negativos, ni para valores en dirección oeste o sur.



Debido a que los “Northings” y “Eastings” se miden con las mismas unidades (metros), es aplicable la trigonometría plana, para la resolución de problemas.

5.5 “POSITION DROPOUT”

Si la posición del buque está bajo el control de equipo DP, y todos los sistemas de referencia de posición se pierden debido a un fallo generalizado, el sistema DP aún intentará mantener la posición del buque, basándose en el uso de una función matemática. Este modelo matemático se conoce como función “Dead Reckoning” y se basa en la navegación de estima. La posición al principio será fiable, pero con el transcurso de los minutos, el buque empezará a desplazarse de la posición de “set point”. El periodo de tiempo que el sistema DP será capaz de aguantar la posición del buque sobre la situación de “set point” (deseada por el DPO), aplicando la navegación de estima, dependerá de la calidad del modelo matemático y de las condiciones meteorológicas. Si el modelo matemático está bien desarrollado y las condiciones meteorológicas son óptimas el buque permanecerá en posición por un tiempo de 10 minutos o más. Por el

contrario, si las condiciones meteorológicas son malas, posición del buque se perderá muy rápidamente.

5.6 DGPS

El sistema de posicionamiento global GPS es un medio de navegación firmemente establecido. Desde que en 1995 comenzó a ser un sistema plenamente operativo, se ha convertido en la ayuda estándar para la navegación de cualquier clase de buque comercial. El sistema es operado por el “US Dept of Defense” para uso militar, pero también se encuentra disponible para uso civil.

Debemos recordar que el sistema no se ha diseñado principalmente para su uso comercial o civil, y que su propiedad es exclusiva de los E.E.U.U. Por otro lado, debemos también considerar que la señal puede ser fácilmente interceptada y modificada de manera dolosa por una tercera parte.

A pesar de ello, el GPS se ha establecido como el sistema por excelencia para la navegación, con cobertura casi total. La tendencia general, es pensar que el GPS es el medio de navegación fundamental y que se asume que los datos aportados por él son siempre fiables y exactos. La realidad, es a veces bien distinta. El operador DP debe tener siempre presentes los factores que degradan la calidad de la señal, para cualquier PRS, incluido el GPS.

La selección del GPS como único PRS es insuficiente para satisfacer las necesidades de precisión en las operaciones llevadas a cabo en buques DP. Por otro lado, márgenes de error, de la señal bruta, que oscilan entre los 15-20m hacen necesario la instalación de correctores diferenciales para aumentar la calidad de la posición.

5.6.1 EL SISTEMA GPS

El GPS consiste en 3 secciones fundamentales: sección espacial, sección de control y la sección del operador.

La **sección espacial** consiste en un conjunto de satélites o vehículos

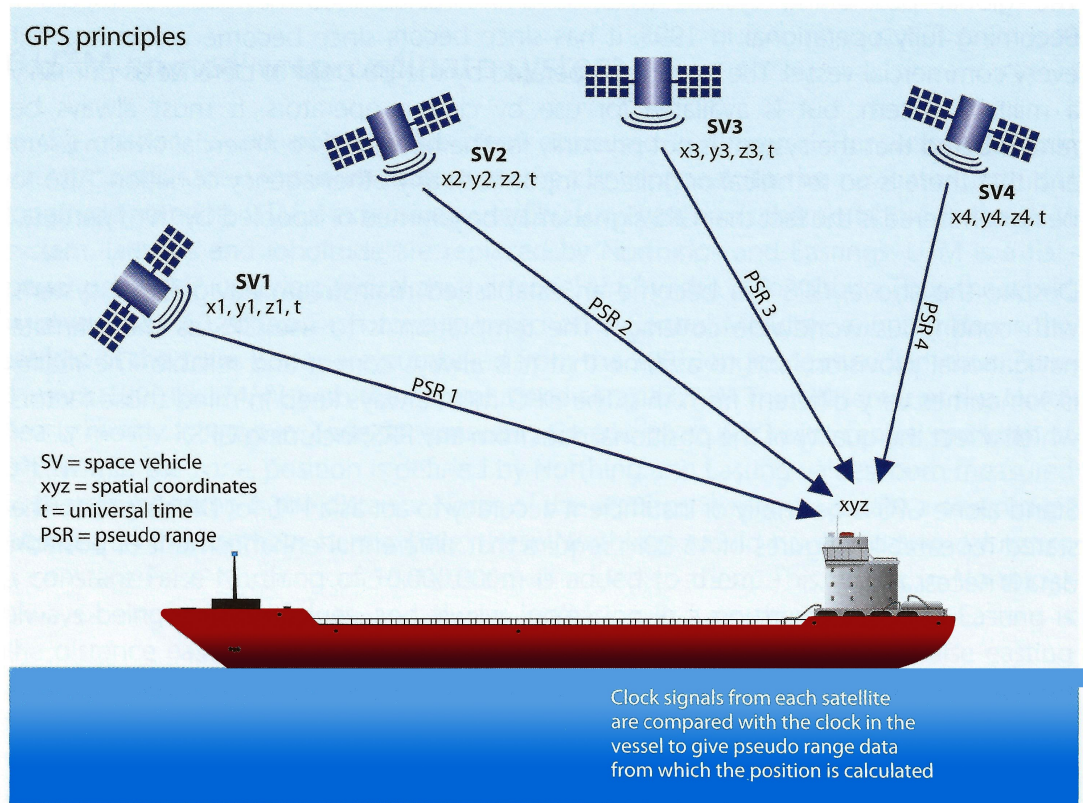
espaciales (SVs) en órbita. El conjunto está formado por 24 SVs en funcionamiento más 3 satélites a mayores de reserva. Estos vehículos espaciales están localizados en 6 órbitas inclinadas en planos de 55 grados sobre el ecuador, con 4 satélites en cada plano.

El DPO debe tener siempre presente, que si se encuentra en latitudes altas, la distribución de los SV sobre su cielo se hará con preferencia lejos de la dirección del polo. Esto significa que si la latitud de un observador es 61N, todos sus satélites le quedarán hacia el sur. Por lo que debemos considerar que si estamos trabajando sobre la cara norte de una plataforma a esas latitudes, es muy posible que la proximidad del buque a la plataforma impida la recepción de señal, al formarse sombra (apantallamiento del buque por la presencia de la estructura de la plataforma).

Los SVs están colocados en órbitas de 12 horas, por lo que la visión de la constelación de satélites del observador está continuamente cambiando, recibiendo periódicamente nuevas señales mientras que otras se pierden en el horizonte.

La **sección de control** consiste en un centro de supervisión situado en Springs, (Colorado) junto a una gama mundial de subestaciones de vigilancia. La tercera sección la compone el observador y su equipo receptor situado a bordo.

Los principios fundamentales del funcionamiento del GPS es conocido por todos. Los vehículos espaciales transmiten al buque un código en el que contienen sus coordenadas y tiempo. La referencia del tiempo, permite calcular una “pseudo distancia” a cada uno de los SVs. Errores en las distancias debidas a errores en la medición del tiempo, pueden ser corregidos cuando se observan simultáneamente 4 o más Svs. La posición del observador se determina por tanto, por distancias a los satélites y referencias temporales.



El sistema GPS utiliza el código C/A de única frecuencia, L1 (1575 Mhz) y proporciona un nivel de precisión comprendido entre 15-20m. Mejores niveles de precisión pueden ser proporcionados para usos militares. Para un funcionamiento más preciso se usan 2 frecuencias L1 y L2, con un código adicional (P code) que se transmite en ambas frecuencias. El uso combinado de estos dos canales de frecuencia, disminuye los efectos degradantes de la calidad de posición.

Cuando se usa la señal GPS sin aplicar los correctores diferenciales, el observador dispone de dos indicadores de la calidad de la señal: número de SVs, y HDOP. Evidentemente, cuantos más satélites estemos observando mejor será la precisión de la posición calculada por el navegante. Con una flota de 24 satélites en órbita, generalmente un observador dispone de entre 7 y 14 satélites de referencia, dependiendo de si situación y obstrucciones geográficas. Otro factor que influye en la calidad de la señal, es la geometría de disposición espacial de los satélites. Si los satélites observados se agrupan en un área pequeña del cielo, entonces la calidad de

la posición será más pobre que la que resultaría de una distribución más espacial.

El factor que indica la calidad de la distribución espacial de los los satélites se conoce como HDOP, o dilución horizontal de posición (incertidumbre horizontal). El HDOP es un valor sin unidades, que oscila entre el 1 (más favorable) y el infinito. Cuanto mayor sea el valor de HDOP, mayor será la incertidumbre de la posición, es decir peor será la disposición aeroespacial de los satélites.

No todos los Svs observados sobre el horizonte, aportan datos que resulten útiles para nuestro cálculo. Si la altura sobre el horizonte del satélite es demasiado elevada, entonces la componente horizontal del cálculo de la posición perderá importancia. De igual modo, si la altura del SV sobre el horizonte es demasiado baja, entre 10 y 15 grados, el equipo de a bordo seguirá pero rechazará estas señales por poder producirse demoras en la recepción causada por la refracción de la atmósfera.

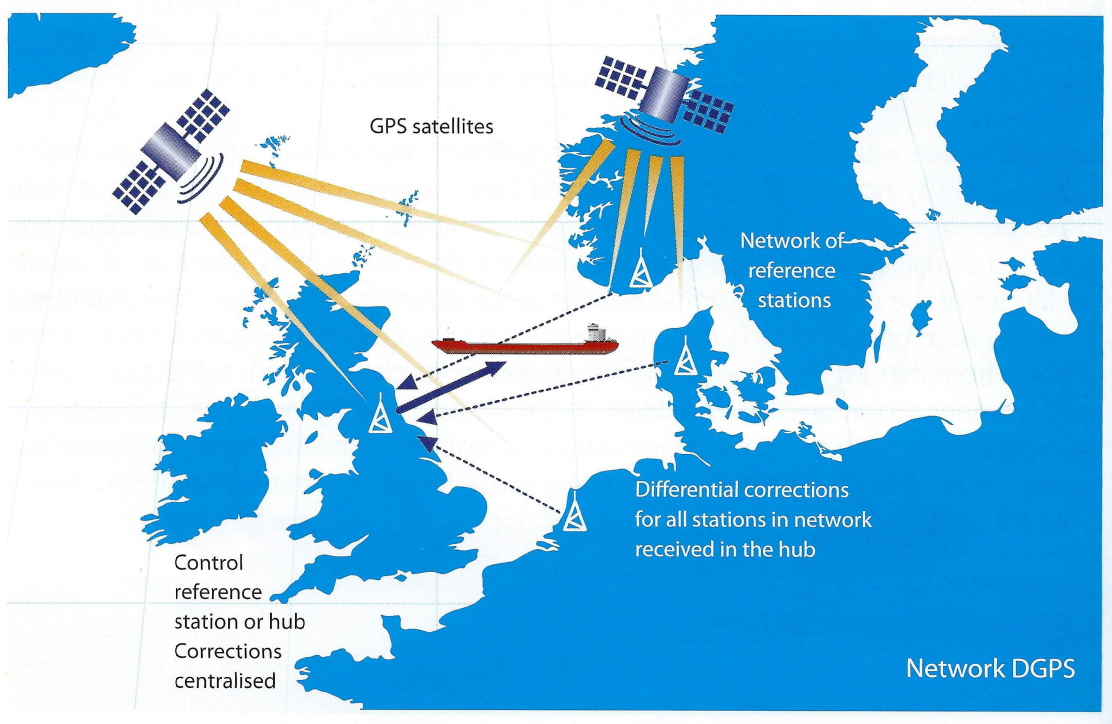
Otro problema destacable en la recepción de la señal GPS, es el efecto “Multipath signal”. Este efecto consiste en la recepción de señales GPS de manera indirecta, debido a su reflejo en estructuras próximas. Evidentemente, una señal que ha sido reflejada, ha recorrido una trayectoria mayor que la que recibe la antena GPS de manera directa. Además, al operar el buque en las proximidades de estructuras fijas, podría producirse el simple bloqueo de la señal, perdiendo la comunicación con aquel vehículo espacial. He aquí, la importancia de cuestionarse el uso del DGPS, en los casos en los que maniobremos en las proximidades de estructuras fijas.

5.6.2 EL GPS DIFERENCIAL (DGPS)

La señal de GPS en su condición de en bruto, no proporciona el suficiente nivel de precisión que se le exige a los PRSs instalados en buques DP. A pesar de que el “P-code” esté operativo, la precisión sigue siendo insuficiente. Para un aumento significativo de la exactitud en la precisión se

hace imperativo la adición de correcciones diferenciales a la posición “en bruto” aportada por el GPS. La adquisición de correcciones diferenciales se regula mediante un contrato comercial, en el que el vendedor proporciona a los consumidores diferentes tipos de correcciones, según sus necesidades operativas.

El principio de funcionamiento es sencillo. Una estación en tierra conoce por un lado su posición geográfica de modo muy preciso. Por otro lado, obtiene la posición por el medio tradicional de observación a un conjunto de vehículos espaciales. La diferencia entre las dos posiciones será la corrección diferencial en el preciso momento de la observación. Estas correcciones, serán entonces transmitidas al buque-cliente, pre-corrección por diferencia de situación buque-estación en tierra.



En realidad, el sistema de correcciones es más complejo que el ilustrado en la figura. El número de estaciones terrestres capaces de proveer este servicio es mucho más amplio. Por otro lado, el buque es capaz de recibir y procesar correcciones diferenciales de al menos, 3 de las estaciones más cercanas. El entramado de estaciones terrestres que ofrecen este servicio se conoce como “network DGPS”.

En principio un buque que navegue principalmente en el Mar del Norte, estará adscrito a la recepción de correcciones enviadas por estaciones situadas en esa área. Buques de navegaciones internacionales estarán adscritos a una red de estaciones más amplia. Principalmente, estas estaciones suelen situarse de manera más intensa, en zonas donde la actividad del mundo del Off-shore (crudo-gas) es alta; el suministro del servicio es puramente comercial.

Las diferentes correcciones diferenciales (al menos de 3 estaciones diferentes) son enviadas al buque por solo una de las estaciones, conocida como estación principal. La información se transmite a través de Inmarsat o "Spotbeam communications satellites". El DPO deberá ser capaz de contactar en cualquier momento con ésta estación central, puesto que es ella la que actuará como enlace de ayuda en caso de una pérdida en la recepción de correcciones diferenciales o un mal funcionamiento del sistema.

En definitiva, un buque que use una red de correcciones diferenciales GPS recibirá información de al menos 3 de las estaciones terrestres más cercanas y será capaz de corregir la posición en bruto de la señal GPS, hallando con todos los datos aportados la posición más probable.

5.6.3 PRECISIÓN Y CALIDAD DE DATOS DGPS

La precisión del GPS depende de varios factores. Como ya hemos mencionado, dependerá de la cantidad de satélites observados para la realización del cálculo, y del valor del HDOP.

Con el uso de correcciones diferenciales, el número de factores influyentes en la calidad de la precisión aumenta. Hablamos por ejemplo, de la edad de las correcciones: tiempo que ha pasado entre que han sido observadas, calculadas, y transmitidas a la estación central, encargada de la posterior re-transmisión al buque vía Inmarsat. Este factor, conocido como AoD (age of data) o latencia, juega un importante papel a la hora de influir en la calidad de la posición final. Si el AoD es de valores entre 3-6 segundos, los datos se

consideran lo suficientemente recientes y son válidos. Ahora bien, si el AoD supera los 15-20 segundos la información pierde su validez.

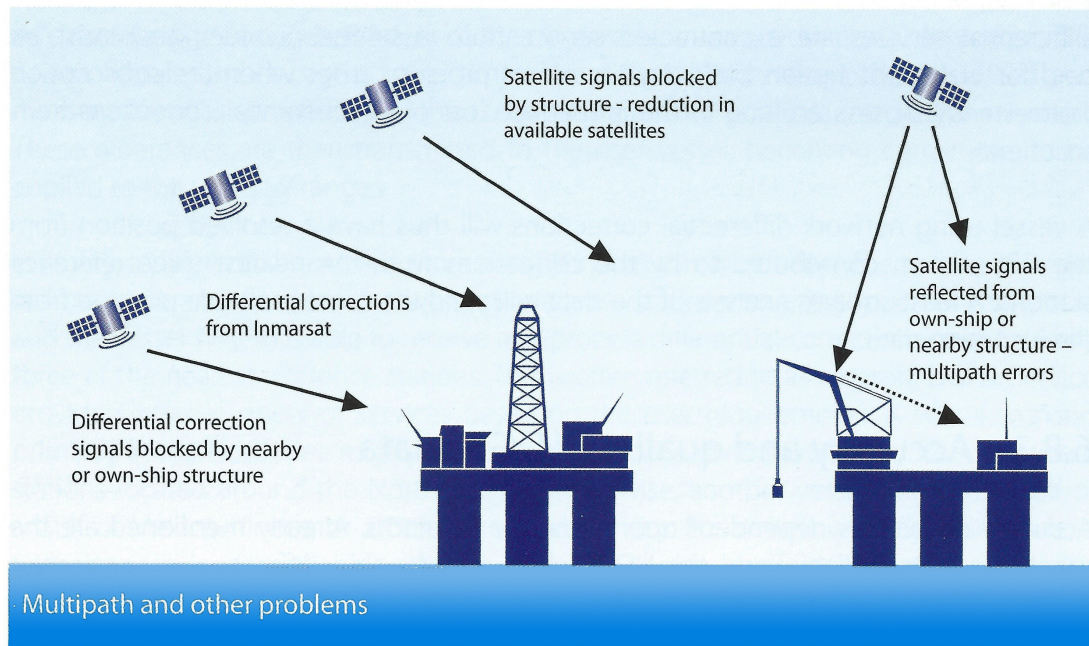
Una parte influyente en la AoD es la distancia respecto a las estaciones de referencia. Cuanto mayor sea la distancia buque-estación de referencia, mayor será el valor de la AoD. Aunque esta regla, no solo es aplicable a la AoD.

En general los errores en el sistema, se ven incrementados con el aumento del paso del tiempo entre diferentes mediciones proporcionadas, y con el aumento de las distancias geográficas a los puntos de referencia. Las correcciones diferenciales suelen tener una óptima AoD si la estación de referencia se encuentra dentro de los 400 Km de distancia. Si el buque se encuentra alejado a miles de km de la estación de referencia, las correcciones serán inservibles: a estas distancias hay muy pocos satélites GPS que el buque y la estación de referencia puedan observar de forma común.

De forma general, si las estaciones de referencia se encuentran en un radio alrededor del buque no superior a los 400 km, se dispone de correcciones diferenciales lo suficientemente buenas como para que el DGPS consiga precisiones con un margen de error de 1-3 metros en la posición del buque.

El DGPS es vulnerable ante la pérdida de recepción de correcciones diferenciales, si el buque opera cerca de estructuras fijas que pudiesen bloquear la señal del Inmarsat. Mantener una “visión” continua de buque-satélites Inmarsat, es de importancia vital para el buen funcionamiento del DGPS. Imaginemos un observador que se encuentra en latitudes altas en el Mar del Norte, el satélite Inmarsat le quedará hacia el horizonte del polo depreso. Si en este mismo caso, el buque se encuentra operando en la cara norte de la plataforma, se producirá una predecible pérdida de la visión del vehículo espacial Inmarsat o bien surgirán los mencionados anteriormente problemas “multipath”; dejando de modo inviable el uso del DGPS. Este problema deberá ser contemplado a la hora de realizar el plan operacional,

para que esto se tenga en cuenta a la hora de decidir cuales serán los PRS más indicados para llevar a cabo esa operación.



5.6.4 SELECTIVE AVAILABILITY (SA)

La disponibilidad selectiva es una degradación deliberada de la precisión de la señal comercial "C/A code GPS". El Departamento de Defensa de los E.E.U.U acordó que la precisión del GPS para su uso extendido y comercial no fuese mejor de 100m de distancia. En mayo del año 2000, este mismo departamento decidió modificar los parámetros de la SA de modo que a partir de entonces su valor fuese cero. Debemos tener en consideración, que el Departamento de Defensa de los E.E.U.U se ha reservado el derecho a volver a modificar el parámetro S.A en cualquier momento si lo considera oportuno y con la única obligación de realizarlo bajo previo aviso.

6.6.5 INTERFERENCIAS IONOSFÉRICAS Y FRECUENCIA DUAL DEL DGPS

La señal GPS puede ser severamente degradada en las regiones ecuatoriales debido a los efectos de la actividad solar. Estos efectos se intensifican en periodos de gran actividad solar (tormentas, manchas

solares). Los máximos solares se repiten en ciclos de 11 años, ocurriendo el más reciente en 2002/03. Los efectos en aquel entonces sobre la recepción de las señales GPS fueron considerables.

Para minimizar los efectos de la actividad solar surgió la necesidad de usar servicios diferenciales de frecuencia dual. Como ya se ha mencionado, el GPS utiliza 2 canales: L1 y L2. La decodificación del canal L2 no está disponible para su uso civil, aunque permite su monitorización para el cálculo de correcciones diferenciales entre ambos canales. La presencia de equipos de frecuencia dual se hacen por tanto imprescindibles a bordo, a pesar de que solo permiten una solución parcial ante los efectos de la actividad solar.

5.6.6 CAPACIDAD DE OBSERVACIÓN DE LOS INDICADORES DE PRECISIÓN DEL DGPS

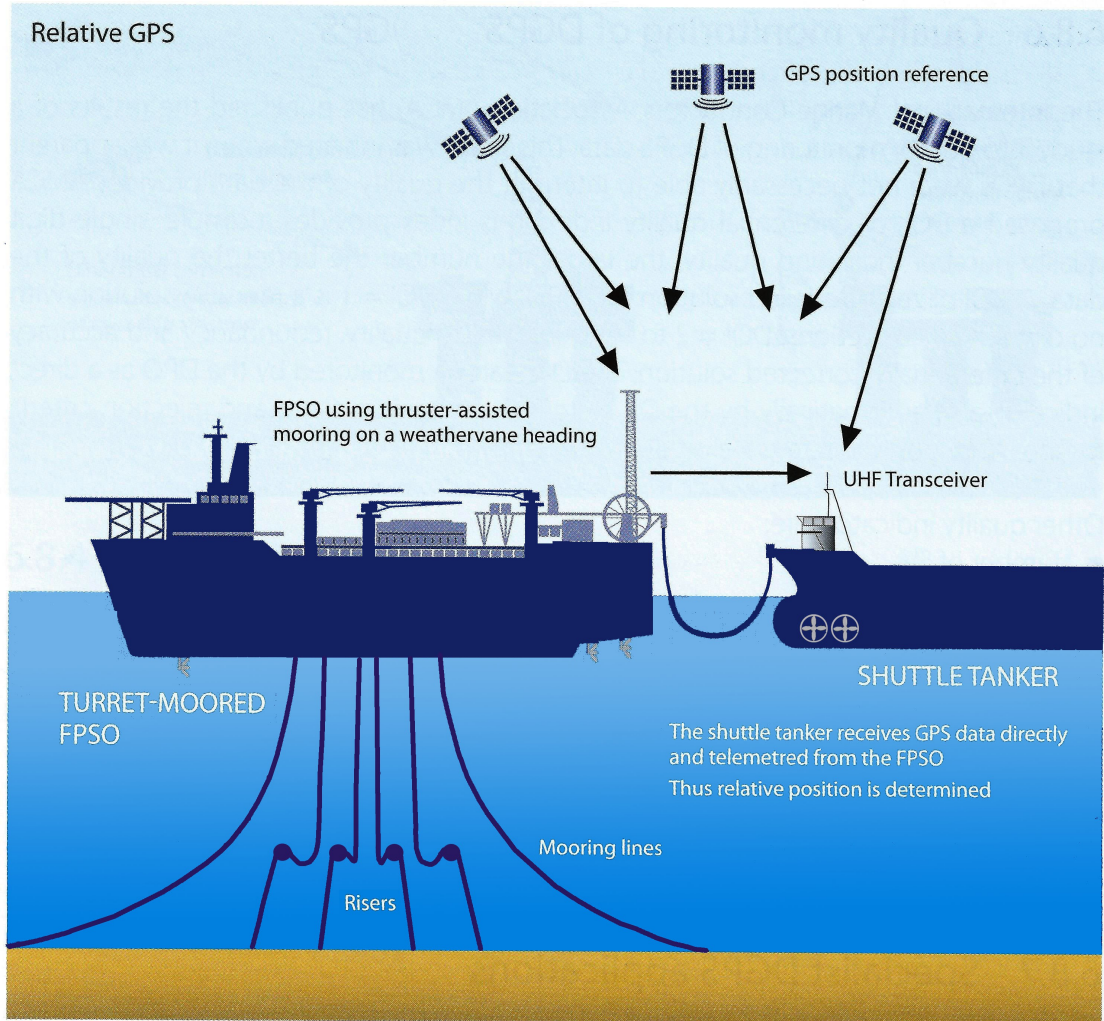
La IMCA (International Marine Contractor's Association) realizó un estudio en el que se refleja en que grado los operadores DP son capaces de interpretar la información expuesta por los monitores DGPS. Este estudio se inició para dar respuesta ante la sospecha de que los DP operadores no estaban lo suficientemente capacitados para hacerlo. La IMCA propuso propuso el factor DQI (Differential Quality Index). Este índice proporciona un único dígito comprendido entre el 1 y 9, e indica la calidad precisión de la situación. Un valor DQI=0 indica ausencia de señal GPS, un valor DQI=1 indica una señal GPS "bruta", es decir, no corregida. Por otra parte, un valor DQI comprendido entre 2 y 9 indica un aumento de la calidad, redundancia y precisión de la situación, corregida por valores diferenciales. El valor DQI es mostrado directamente para su visualización por parte del DPO. Valores bajos de este índice hará saltar los pertinentes avisos y alarmas. Otros indicadores de la calidad de la situación son:

- Número de vehículos espaciales.
- HDOP
- Presencia o ausencia de correcciones diferenciales.
- Numero y distancia a las estaciones de referencia.
- AoD.

- SA
- Single or Dual-frequency differential.

5.6.7 APLICACIONES ESPECIALES DEL DGPS

Algunos barcos necesitan del uso de un sistema de referencia de posición relativo. Estos buques, son por ejemplo los llamados FPSO (Floating Production Storage and Offtake unit). La FPSO, concretamente su popa, constituye un punto de referencia de posición en movimiento, para el petrolero (Shuttle tanker). Un DGPS tradicional es inservible en este caso, ya que el petrolero debe imitar su movimiento al movimiento de la FPSO. De este modo, nace la necesidad de disponer a bordo de PRSs relativos, siendo una de las soluciones ingeniadas el "Relative DGPS".



En este sistema alternativo de posicionamiento, el FPSO está equipado de DGPSs y gyros. Los datos medidos por ellos, son transmitidos al petrolero vía UHF (el petrolero también calcula su propia posición de manera independientemente). Dada esta situación, deducimos que cualquier error en la posición de la FPSO será transmitido al petrolero.

Al tener ambos el mismo error, relativamente este queda anulado entre ellos. La forma de transmitir la información al puente de mando del petrolero, es mediante demora y distancia, del punto de referencia de la popa de la FPSO, al punto de conexión en la proa del petrolero. Estos datos son directamente introducidos en programa informático del sistema DP del petrolero, como una input PRSs. En el mercado existen varios modelos de DGPS relativos que incluyen otros equipos integrados como Seatex DARPS system, G-Vec system.

En buques especiales, con aparatosas super-estructuras y grúas, aparecen serias dificultades para disponer a bordo de un área libre de obstáculos, donde instalar la antena GPS, y la antena del corrector diferencial. El movimiento de las grúas causa a menudo la desviación de la trayectoria de las señales. La solución a este problemas, consiste en instalar varias antenas receptoras a lo largo de la disposición del buque. Los datos recibidos por ellas, se reducen a una antena ficticia, virtualmente situada en el CG del buque en rosca. Estas antenas podrían ser incluso móviles (aplicando los parámetros reductores de posición) dependiendo de las necesidades operativas del buque. El resultado, es una input de posición muy estable y redundante.

5.6.8 VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL DGPS

Las ventajas y desventajas del DGPS como PRS pueden ser resumidas en:

Ventajas:

- GPS sistema de referencia mundial (Datum WGS84).
- Disponibilidad global 24/7.

- El equipo es tiene un coste relativamente bajo y fácil instalación.
- Su uso es gratuito.
- El DGPS es suficientemente preciso como PRS para DP.

Desventajas y limitaciones:

- Las correcciones diferenciales son un servicio que habrá que contratar y pagar.
- Problemas “Multipath” cuando operamos cerca de plataformas u otras estructuras.
- Pérdida de contacto con los vehículos espaciales o con las estaciones de referencia (correcciones diferenciales) cuando operamos cerca de estructuras o plataformas.
- Pobre geometría de vehículos espaciales cuando su disponibilidad es escasa. Consecuente aumento del HDOP.
- Disminución significativa de precisión o pérdida de posición en periodos de gran actividad solar.

En general, el DGPS se ha establecido como el PRS más extendido para buques DP. A pesar de su popularidad, debe usarse con cuidado por todos los motivos anteriormente vistos.

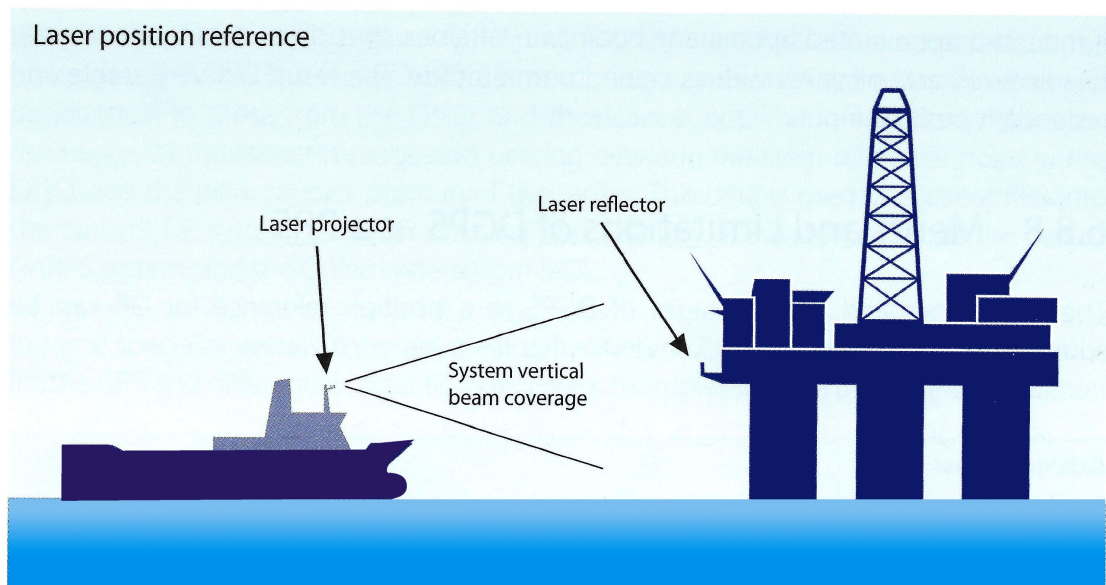
5.7 SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN LÁSER

A bordo de un buque DP, se dispone de equipos de funcionamiento láser para ser utilizados como PRSs: Son Fanbeam y CyScan.



Este tipo de PRSs, generan un rayo láser a muy alta frecuencia, que se proyecta de forma horizontal en un abanico vertical de aproximadamente 22 grados. El proyector, o unidad escaneadora se instala en un pedestal dotado de una amplia visión del horizonte. A la hora de operar, la unidad está continuamente escaneando de modo horizontal en un arco de 20 grados (derecha e izquierda). Una diana reflectora se sitúa en la plataforma o estructura fija. El tiempo que transcurre entre la emisión del pulso, su reflejo en la diana, y su vuelta a la unidad escaneadora es directamente proporcional a la distancia entre los equipos.

La demora entre ambos dispositivos, es proporcionada por el azimut del propio equipo proyector, al que se le ha instalado un sensor en su eje.



relative measurement obtained from a shaft encoder within the scan unit.

Las dianas (targets) instaladas en las plataformas pueden tomar diversas formas: Prismáticas, cilíndricas o con forma de panel. Estos dispositivos deben encontrarse firmemente sujetos a la estructura sólida y no deben moverse de su posición, mientras duren las operaciones de trabajo. No necesitan de mantenimiento, ni suministro de energía. Únicamente deben mantenerse limpios y claros de obstrucciones. Cabe la posibilidad de configurar la unidad escaneadora para operar en modo "multi-target".

De esta forma, el escáner puede dar demora/distancia a varios reflectores

simultáneamente.

Una vez que el equipo se ha puesto en marcha, y se ha seleccionado el reflector correspondiente, el sistema es capaz de dar una distancia y demora con margen de error de 0.5m y 0.5 grados respectivamente. Los PRSs basados en funcionamiento láser, tienen una limitación máxima de trabajo que puede variar entre 1-2 km.

Estos equipos, nacen también debido a la necesidad de disponer de una referencia de posición relativa. Como ya hemos visto, no proporcionan coordenadas de posicionamiento global, sino que simplemente muestran una demora y distancia a un objetivo. El equipo, también podría ser utilizado en el caso de que el objetivo estuviese montado sobre una estructura móvil que se desplazase lentamente. Por ejemplo, un petrolero que se encuentre realizando operaciones con un FPSO. A menudo, el uso de Fanbeam o Cyscan se complementa con el uso de otros PRSs.

Los sistemas láser son muy sencillos de instalar y operar, y proporcionan datos de posicionamiento muy precisos, aunque están sujetos a una determinada serie de vulnerabilidades. Es de importancia vital para su funcionamiento, mantener libre de obstrucciones la trayectoria del láser. Por otro lado, la señal podría verse seriamente degradada si los sensores y lentes están sucios. La señal también se ve afectada si en su trayectoria el láser se cruza con densas concentraciones de humo. Es importante que el operador DP vigile continuamente la intensidad de la señal, para prevenir desviaciones en su correcto funcionamiento. Otro problema que puede surgir, es que el láser se vea atraído por objetos no deseados. Por ejemplo, por los chalecos reflectantes del personal de la plataforma. Las ventajas y desventajas de los equipos láser como PRSs, son las siguientes:

Ventajas:

- Alta precisión.
- Instalación rápida y sencilla.

- Equipo de bajo coste.

Desventajas:

- Máxima distancia de trabajo de 1-2 Km.
- La línea de visión entre el láser y su objetivo debe estar libre de obstrucciones.
- Degradación de la señal cuando la lentes o reflectores se encuentran sucios o empañados.

5.8 SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN HIDROACÚSTICOS

La tecnología hidroacústica tiene grandes aplicaciones en el mundo marítimo: ecosondas, sónares, rastreo de bancos de peces, etc. En el mundo DP su presencia también está muy extendida, de modo que un gran número de buques DP están equipados con sistemas HPRs (Hydroacoustic position reference).

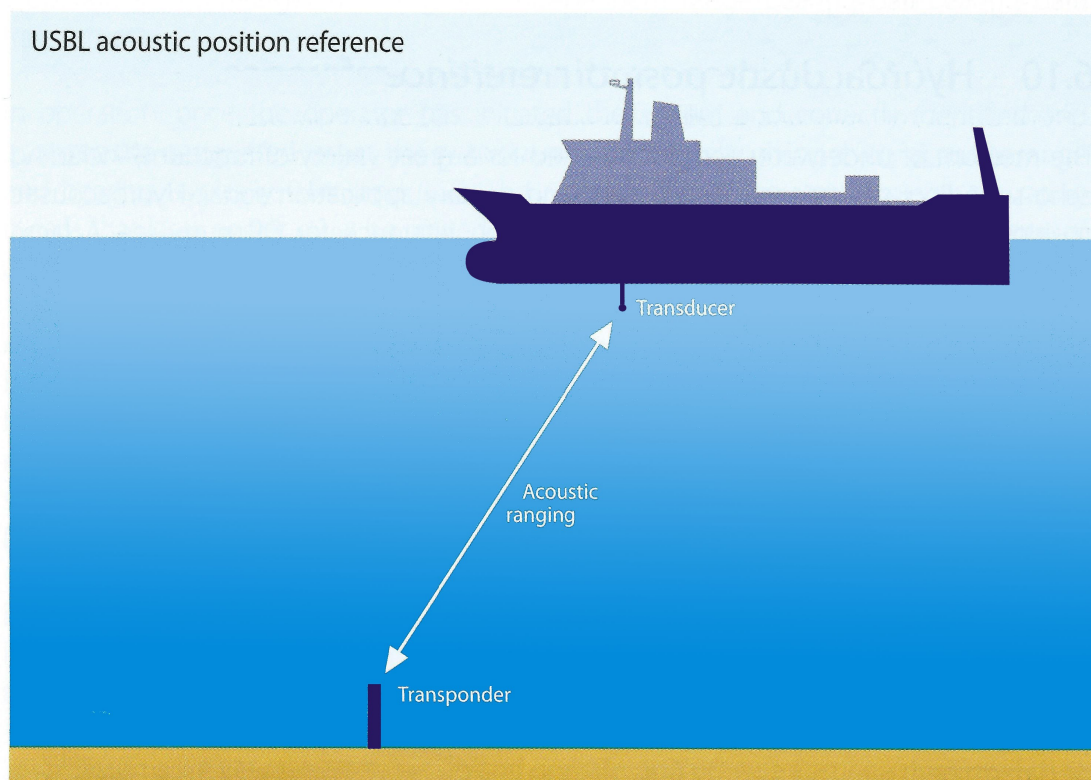
Los sistemas HPRs instalados en buques DP, tienen 2 métodos principales de funcionamiento: USBL (Ultra short baseline) y LBL (Long baseline). Ambos métodos consisten en la transmisión e interrogación de pulsos acústicos desde un transductor instalado en las inmediaciones de la quilla del buque, y transpondedores fondeados en el lecho marino. Los pulsos emitidos por los transpondedores son recibidos por el transductor e interpretados como coordenadas de posición.

5.8.1 “ULTRA-SHORT BASELINE HPR”

Ultra-short baseline (USBL) o a veces también llamada Super-short baseline (SSBL) es un sistema en el que se ha dispuesto un único transpondedor fondeado en el lecho marino. Éste transpondedor, se alimenta de una batería y se ha diseñado para responder a determinadas señales de frecuencia. El buque está equipado con un transductor y un transceptor. El transductor se sitúa generalmente en una lanza perpendicular a la quilla, que sobresale

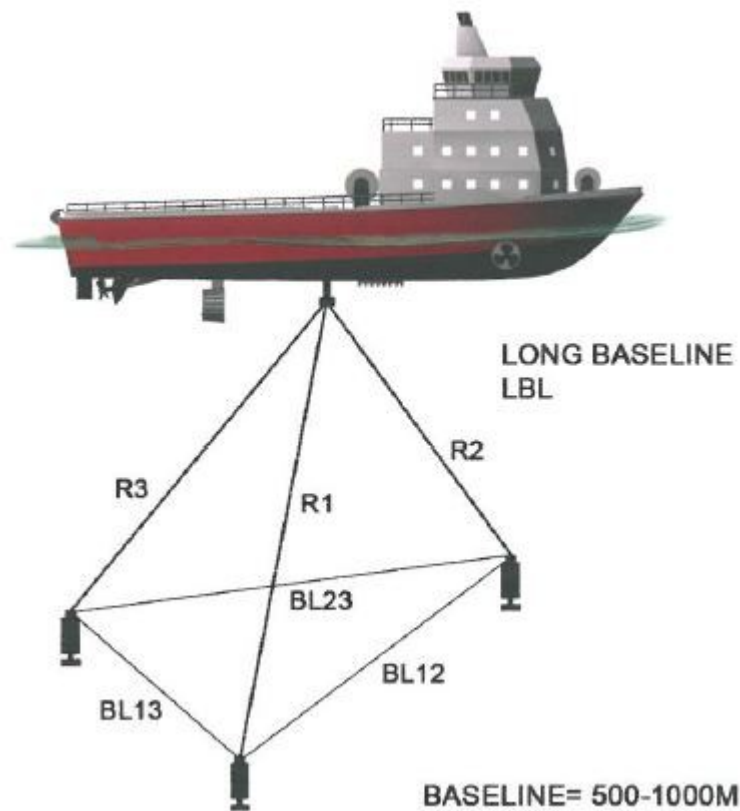
entre unos 4 y 5 metros. La unidad transceptora emite silbidos acústicos a través del transductor, que viajan por las profundidades marinas. Estos impulsos son detectados por el transpondedor en el lecho marino, para ser procesados y respondidos en un intervalo de tiempo preestablecido, llamado TAD (turn-around delay ó tiempo de retardo de respuesta). La respuesta es recibida por el transductor y procesada por el transceptor. El lapso de tiempo transcurrido en todo el proceso es directamente proporcional a la distancia entre ambos. La otra pieza del rompecabezas es la información direccional. Los transductores son direccionalmente sensitivos y por tanto capaces de determinar de una manera precisa la trayectoria del impulso rebotado.

La precisión del sistema es un factor variable, pero en general suele ser del orden del 1 al 2% respecto a la profundidad en la que nos encontremos trabajando. Sin embargo, en profundidades de alrededor de los 250m se consiguen precisiones suficientes como para poder usar este sistema en operaciones DP. La limitación horizontal del equipo suele encontrarse entre el 50 y 100% de la distancia al fondo. Distancias horizontales mayores, propician la aparición de errores que reducen la fiabilidad del sistema.



5.8.2 “LONG BASELINE HPR SYSTEM”

En aguas más profundas la precisión del sistema USBL puede ser insuficiente. Una solución alternativa a este problema, es el uso la LBL como PRS (Long Base Line).



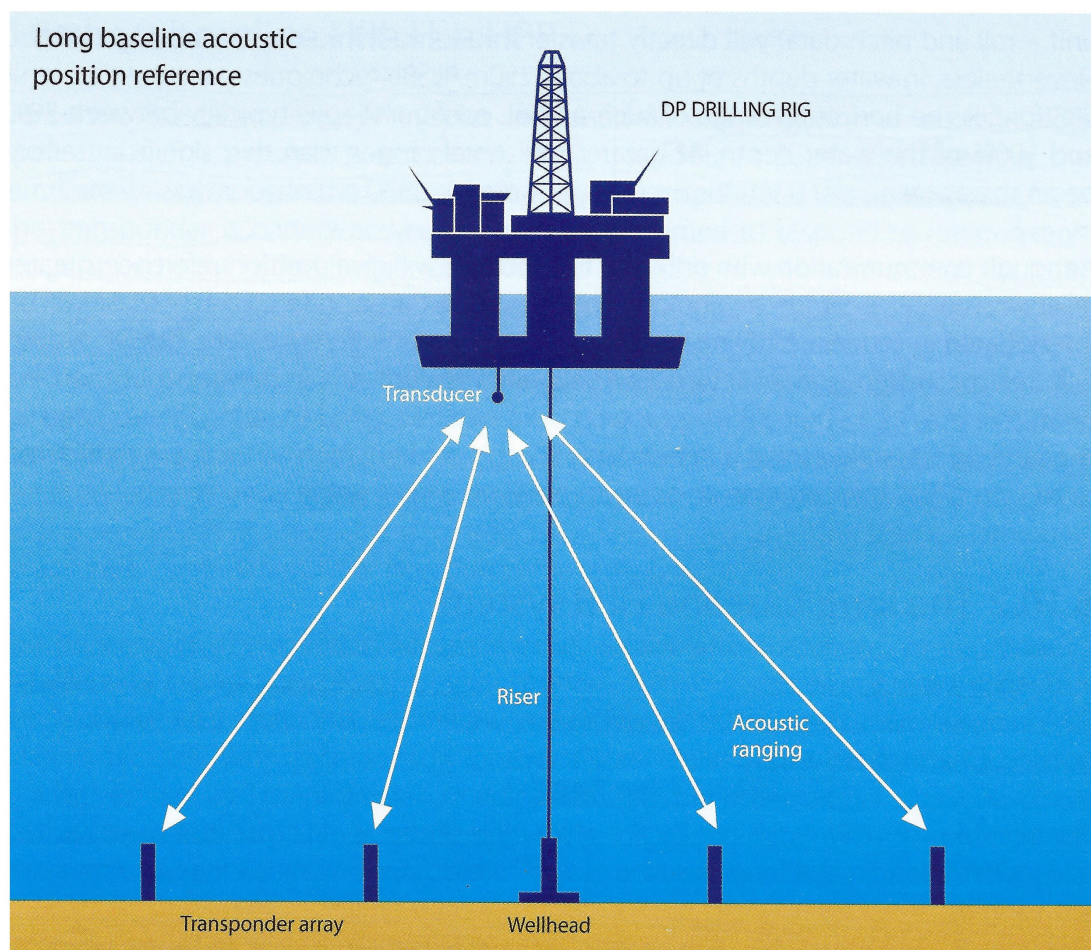
Cómo ya hemos dicho, el funcionamiento del USBL está limitado por las medidas angulares que se forman entre transductor y el transpondedor. En el caso de la “Long Base Line” la comunicación se produce entre un único transductor (buque) y varios transpondedores (lecho marino). Esta flota de transpondedores se colocan en el fondo marino de modo que formen con la vertical del transductor un ángulo comprendido entre los 20-40 grados. Todos los transpondedores son interrogados por el transductor del buque en diferentes momentos de tiempo, permitiendo triangular la posición de todas las señales recibidas.

Observamos, por tanto, que con el este sistema LBL, una flota de transpondedores (por ejemplo 4) producen una única posición, la del transductor. El sistema DP debe estar configurado para que esta posición se

traslade de forma instantánea al CG del buque (rosca).

El tendido, en el lecho marino, de la flota de transpondedores, es normalmente llevada a cabo por un buque auxiliar, para posteriormente informar al buque DP de la coordenadas geográficas de cada uno de los dispositivos transductores. El sistema LBL es por tanto un sistema globalmente referenciado (WGS84).

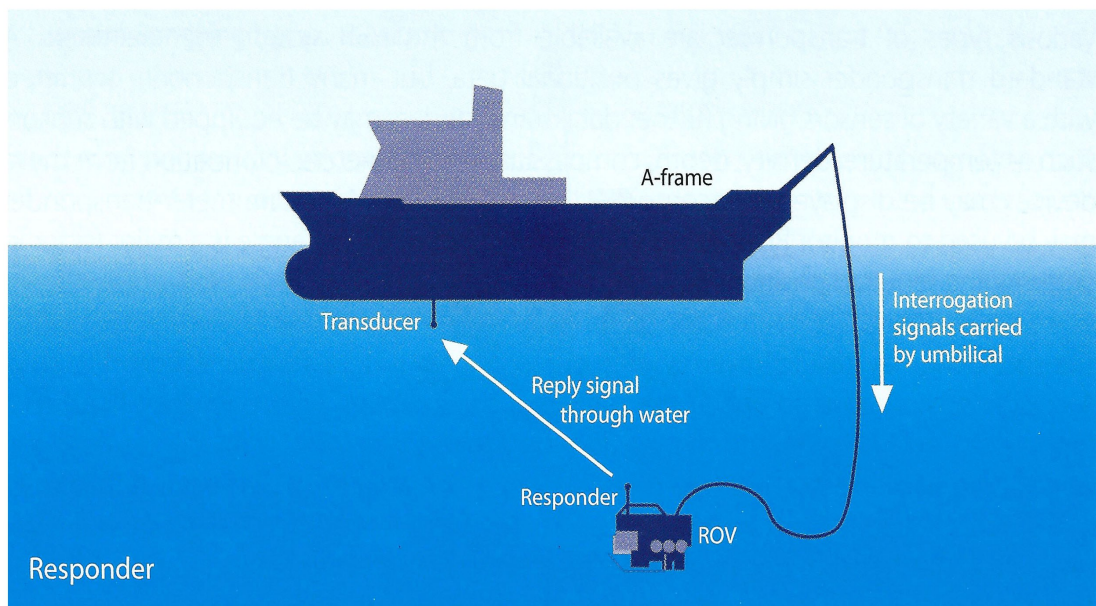
La precisión del sistema LBL, se estima del 0.2-0.4% de la profundidad del agua. En la mayoría de las plataformas que instalan este sistema la redundancia se consigue instalando 4 equipos independientes. Es decir, instalando un mínimo de 4 transductores con sus 4 transpondedores cada uno.



5.8.3 PROPAGACIÓN ACÚSTICA SUBMARINA

La comunicación submarina establecida entre transductor-transpondedores, es por su propia naturaleza un proceso delicado. El operador DP, no tiene control sobre las características de la columna de agua por las que se propagan las señales electromagnéticas. Esas propiedades de agua de mar, determinarán de modo definitivo la calidad de propagación de los pulsos acústicos.

Los peores enemigos de la propagación acústica submarina, son el ruido y la aireación del agua. Cómo todos sabemos, un buque DP dispone de numerables hélices, thrusters, timones, etc. que emiten una gran cantidad de ruido y producen una gran aireación del agua. Los ROVs, también suponen una importante fuente de ruido. Además, en buques DP es común la instalación de hélices de paso variable, que son más ruidosas que las de paso fijo, por estar siempre girando a sus máximas rpm.



El operador DP, debe prestar especial atención, para tratar de evitar la localización de los transpondedores cerca de emisiones de ruido o fuentes de aireación. Para ello, deberá prever en que modo los cambios meteorológicos y altura de las mareas, afectarán a estas fuentes de emisión de contaminación acústica. En algunos casos, por ejemplo, se podría

considerar la posibilidad de instalar 2 transpondedores: Uno para usar con la bajamar, y otro para usar con pleamar.

La precisión del sistema, depende en buena parte, del uso de un buen valor de la velocidad de propagación del sonido, en el medio marino. Generalmente y por defecto el equipo DP usa 1480m/s, pero esta velocidad varia en función de las características de la columna de agua de la que se trate: temperatura, salinidad, densidad...A menudo, los buques DP cuentan con dispositivos auxiliares que le permiten realizar un buen cálculo de la velocidad de propagación del sonido, para una columna de agua dada.

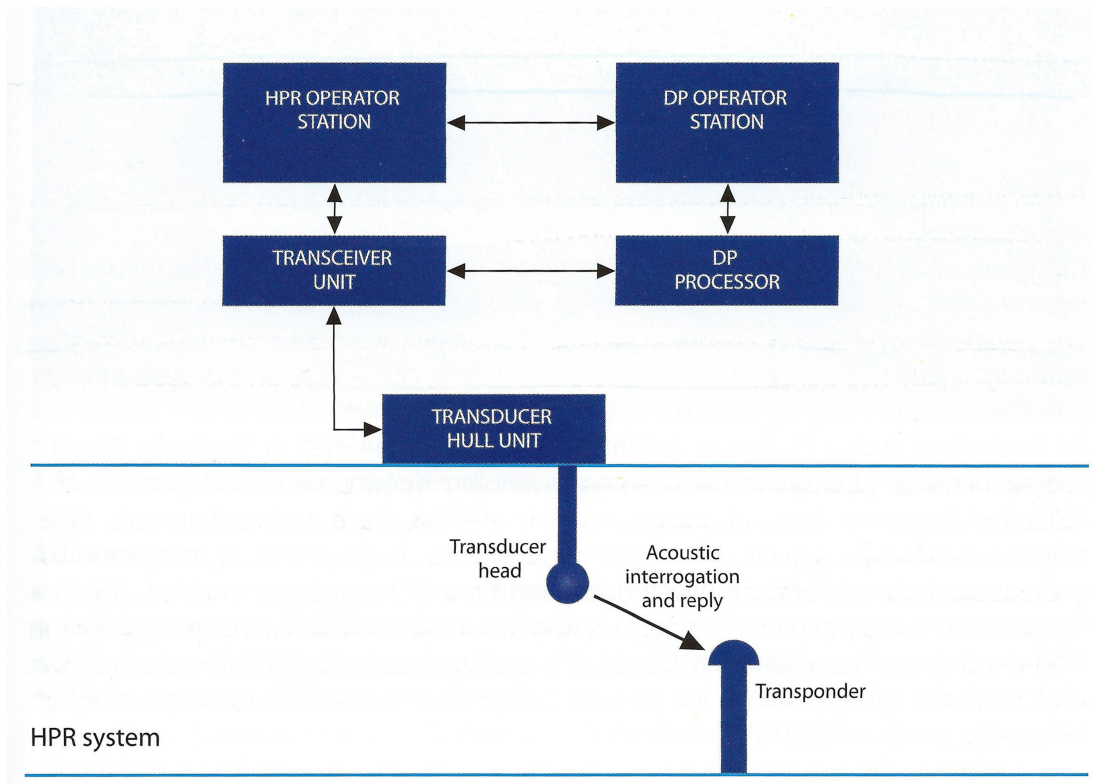
Si se obtienen valores de propagación más precisos, deberán ser introducidos en el sistema DP. Las frecuencias con las que trabajan los HPR, suelen estar comprendidas entre los 18-32KHz, dado que valores más bajos de frecuencia podrían padecer interferencias provocadas por el ruido.

5.8.4 DISPOSICIÓN DE COMPONENTES EN UN SISTEMA HPR

Un sistema HPR típico, consiste en un transceptor (transceiver), una estación de control (operator station), un transductor (transducer) instalado en el fondo del casco, y uno o varios transpondedores (transponders). La estación de control, probablemente esté integrada en la consola del DP, y será desde donde el DPO supervise y configure el equipo HPR. A menudo una interfaz de Microsoft Windows permite la interacción con el equipo.

El transductor se instala en un compartimento estanco en el casco, en las inmediaciones de la quilla, que permite el despliegue de una pértiga donde va montada la cabeza transductora, con forma de pelota de golf. Un sistema motorizado controlado desde el puente de gobierno, permite la apertura/cierre de las compuertas estancas para la salida/entrada del transductor en el casco. Con la pértiga replegada y las compuertas cerradas, es posible una inspección in situ de la cabeza transductora.

Existen en el mercado transductores de diferentes características. Uno de última generación con bastante éxito es el “HiPAP 500” de Kongsberg Maritime. Este dispositivo, cuenta con una cabeza con forma de pelota de golf de 500mm e incorpora 241 elementos acústicos. Cuando el transductor entra en funcionamiento cubre un espacio submarino de 360 grados de azimut, siendo el haz acústico de 100 grados de arco.



5.8.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL HPR COMO PRS

La eficacia del uso de los HPR como PRSs en buques DP ha sido un gran éxito. Ahora bien, este sistema tiene ciertas limitaciones. Una de las más importantes, es su uso en aguas poco profundas. La transmisión acústica resulta bastante pobre en aguas poco profundas, debido al incremento del ruido, y a la dificultad de encontrar un buen lugar de emplazamiento para el transpondedor o transpondedores. Debemos mencionar que el HPR es un sistema que resulta bastante complicado a la hora de operar y requiere de familiarización y entrenamiento por parte del DPO que vaya a usarlo. Las ventajas e inconvenientes del HPR como PRS para DP son:

Ventajas:

- HPR es un sistema versátil, con varias funciones suplementarias al seguimiento de la posición.
- HPR es un PRS de alta precisión.
- Capaz de rastrear objetos móviles (ROVs)
- Puede ser configurado cómo sistema de posicionamiento global (WGS84).
- Permite el uso de varias configuraciones: USBL, LBL. Además, existe la posibilidad de transpondedores multi-usuario.

Desventajas:

- Alto coste y complejo.
- Alcance limitado.
- Degradación de la precisión ante la presencia de ruido y aireación del agua.
- Su rendimiento también se ve afectado por turbulencias e impurezas de la columna de agua.
- Pierde su efecto en aguas poco profundas.
- Puede sufrir interferencias de otros HPRs.
- El operador necesita de familiarización para el uso del equipo.

5.9 SISTEMAS DE REFERENCIA BASADOS EN TECNOLOGÍA MICROONDAS

En el mercado, disponemos de PRS basados en la transmisión de ondas microondas para el cálculo de la posición. Uno de ellos, el **Artemis**, ha sido muy utilizado durante años. En la actualidad, este equipo ha perdido popularidad debido a que otros sistemas más modernos le han ido ganando terreno. Sin embargo, el Artemis sigue siendo uno de los PRS favoritos, para los petroleros involucrados en operaciones “off-take”.

Dispositivos más modernos que, hacen uso de esta tecnología FMCW

(Frequency modulated continuous wave) en su modo microondas, son los equipos “**RADius**” de Kongsberg y **RadaScan** de Guidance Ltd. Ambos son PRS relativos de corto alcance.

El equipo RADius usa un interrogador que generalmente se monta en una parte alta del buque que disponga de una buena visión del horizonte. Consiste en un panel de aproximadamente 1 metro cuadrado de superficie que suele instalarse verticalmente y orientado hacia popa, sobre la barandilla del puente alto, o del propio puente de gobierno. Este panel, usa tecnología radar FMCW microondas, y cuenta con un campo de visión de unos 90 grados. El equipo es operado a través de una pequeña computadora instalada en el puente de mando. Es posible aumentar el campo de visión del dispositivo de 90 a 180 grados, con la instalación y configuración de 2 paneles interrogadores. También sería posible una visión todo horizonte, si considerásemos la posibilidad de instalar 4 paneles interrogadores. Elementos parecidos al interrogador, llamados transpondedores RADius, y considerablemente más pequeños, son instalados en ubicaciones estratégicas de la FPSO, o la de la plataforma. El principal inconveniente de la utilización del RADius como PRS, es que tiene un alcance muy limitado, aproximadamente de unos 200m. Por el contrario, este equipo cuenta de una gran precisión: 0.5m y 0.5grados de margen de error.



El equipo RadaScan es parecido a un FMCW radar. Aunque está compuesto por elementos más tradicionales. La antena es una unidad escaneadora convencional que rota a 180 rpm, montado sobre una cúpula de 1.2m de diámetro (existe la versión mini con 500mm de diámetro). Los elementos transpondedores son instalados en las inmediaciones de la plataforma o del FPSO. Esta tecnología permite un alcance de 1000m con precisiones generalmente de

0.5m. En ambos casos, RADius y RadaScan, las señales se codifican introduciendo un valor de 3 dígitos que permite el reconocimiento o rechazo de señales deseadas/indeseadas.



5.9.1 SISTEMA ARTEMIS

Como ya sabemos, el uso del Artemis ha decaído significativamente respecto a épocas anteriores. En las décadas de lo 70 y 80, el Artemis era considerado uno de los equipos imprescindibles a bordo de buques DP. Los únicos equipos alternativos al uso del Artemis, eran los PRSs hidroacústicos y el Tautwire. Ambos, sistemas funcionaban bajo la superficie del agua de mar, estando sujetos por ello, a los inconvenientes del medio sub-acuático. En aquel entonces, el Artemis era el único PRS relativo, que funcionaba sobre la superficie marina, y por ello, su uso estaba ampliamente extendido.

El Artemis está compuesto por 2 dispositivos, transceptor-antena, que se comunican entre si por medio de señales microondas. Una de las unidades se instala en la plataforma (estructura estática) y la otra se instala en el buque (móvil). Las dos unidades mantienen una comunicación permanente mediante señal microondas, siempre y cuando estén “a la vista” una de la otra, es decir, no haya obstrucciones en la trayectoria de los impulsos energéticos.

La medida de la distancia, se obtiene del siguiente modo: la señal se inicia en la unidad móvil, y es recibida y retransmitida por la unidad fija, para ser nuevamente recibida y procesada por la unidad móvil. El lapso de tiempo en

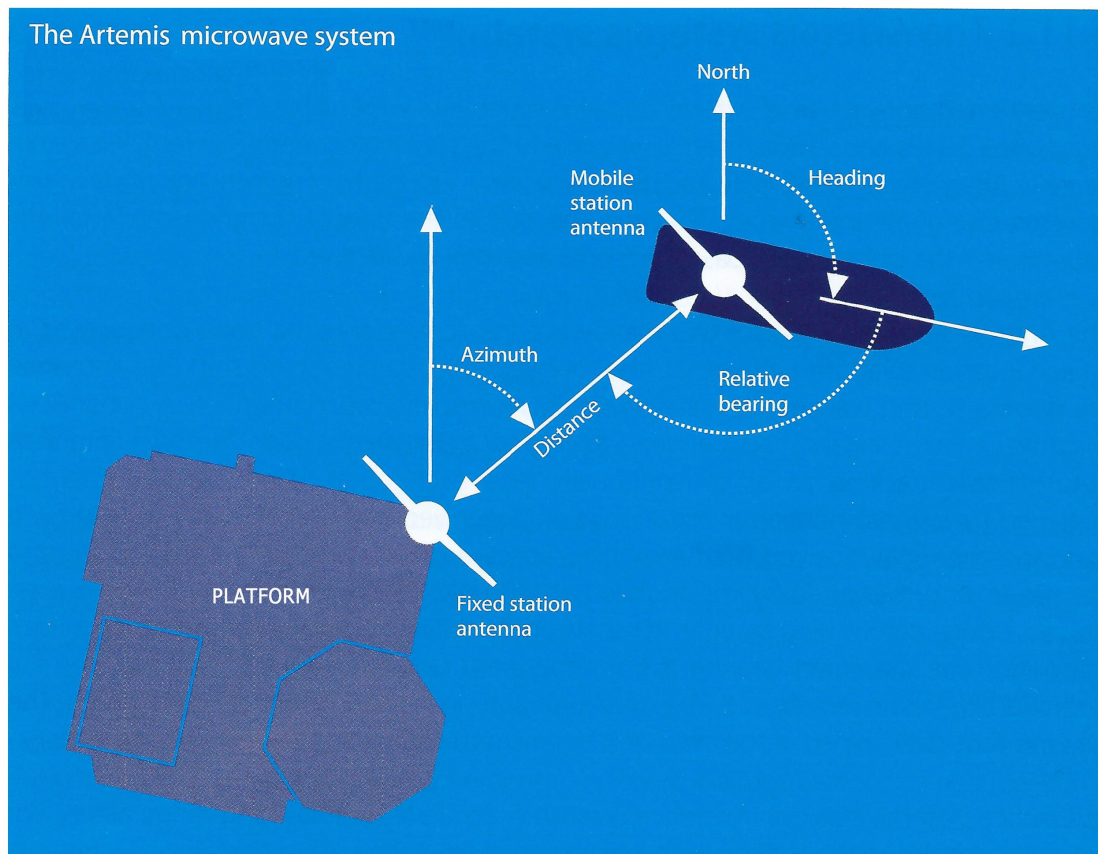
este proceso, es directamente proporcional a la distancia entre el buque y la plataforma. La medida del azimut de la unidad móvil, es determinada por el eje giratorio de la unidad fija (plataforma), y posteriormente transmitida al buque, dentro de la propia señal de replay. Debido a que el azimut es calculado por la unidad fija, el cálculo no se ve degradado por la precisión de la gyro del buque, o de los movimientos del buque sobre la mar.

En la práctica, el Artemis es un sistema de posicionamiento eficaz, preciso y de largo alcance. Para operaciones con DP, el alcance máximo admisible se estima sobre 5 Km, con precisiones de 0.5-1m. A distancias mayores, el sistema pierde precisión. Este equipo cuenta con 4 canales de trabajo dentro de la banda de frecuencias "X". La seguridad en la transmisión, se consigue codificando las señales de cada equipo con un número de 3 dígitos. Evitando de este modo, las interferencias producidas por los equipos Artemis, de otros buques.

El sistema necesita de una "línea de visión" continua, entre la antena fija y la antena móvil. Lo que significa que, en la práctica, la plataforma necesita de varias antenas fijas permanentemente montadas, para cubrir todo su horizonte. El sistema, cuenta con una serie de inconvenientes. Por ejemplo, necesita de ayuda por parte del personal de la plataforma para la instalación de la antena fija. Si la unidad fija sufre algún tipo de obstrucción, daño o fallo en el suministro de energía, la tripulación del buque no tiene control sobre ella. Artemis, también sufre de problemas de interferencias con frecuencias de la banda "X" (3 cm), o cuando los valores de frecuencias ajenas son próximas a ese valor.

El ancho del haz vertical del Artemis, es de 22 grados, por lo que existe la posibilidad de que se pierda la comunicación entre las antenas, si la diferencia angular de altura entre ellas ronda ese valor, o lo supera. Otro inconveniente para el buen funcionamiento del Artemis, son las fuentes de radiación de calor. En el caso de que alguna fuente de generación de llamas de la plataforma (quemadores de seguridad, chimeneas, etc) se interponga en el camino del enlace microondas entre las dos antenas, se perderá la

comunicación entre ambos.



En la actualidad, muy pocos buques DP instalan el Artemis como PRS. Unicamente, los “Shuttle tankers” y FPSO, siguen montando este tipo de tecnología, a la que se le han aplicado ligeras variaciones: se prescinde de antena fija sobre la plataforma y en su lugar se instala una radiobaliza, que permite el cálculo de la distancia. En este caso, el azimut es calculado por el buque, o instalación móvil. Esta disposición es, particularmente, una buena solución, como PRS relativo. Además, la radiobaliza necesita de mucha menos atención o intervención por parte del personal de la plataforma, para su funcionamiento.

5.10 TAUT WIRE

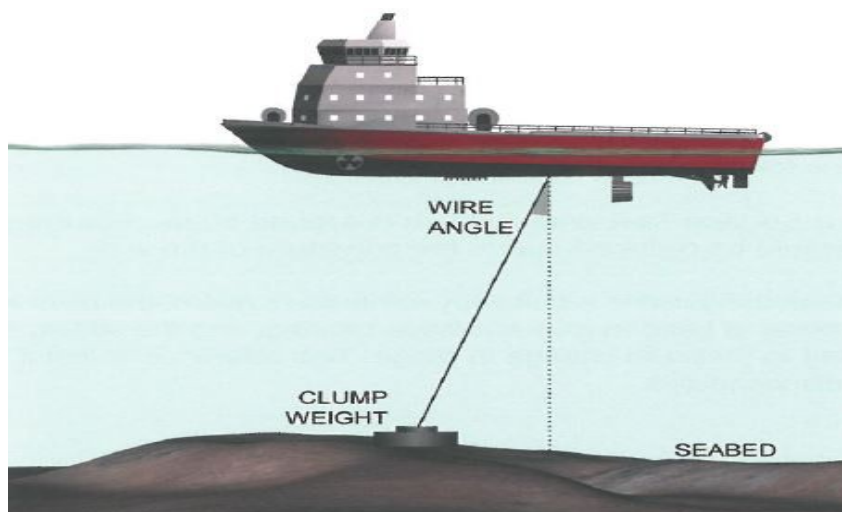
El sistema de referencia de posicionamiento dinámico Taut Wire, se ha usado desde prácticamente el nacimiento del DP como tal. De hecho, el buque “Eureka” ya equipó por primera vez, en 1961 este sistema. En general, la popularidad de Taut Wire disminuye con el paso del tiempo. De

igual modo al que sucede con el Artemis, el Taut Wire está siendo substituido por soluciones alternativas, como el DGPS y Fanbeam.

El Taut Wire system, consiste en un pescante instalado generalmente en los costados del buque, uno por banda. Aunque también podría disponerse a popa. Este pescante tiene un cable de acero, al que se le ha dispuesto en su extremo un peso de unos 500Kg. Este peso, se fondea en el lecho marino de forma que mantenga con el pescante una tensión constante del cable. El equipo se encarga de compensar los movimientos del buque, mediante una serie de mecanismos, para que lograr la tensión se mantenga constante.

La posición del buque es determinada mediante el valor del angulo vertical del cable, y su longitud. La longitud del cable es transmitida al equipo en forma de voltaje para su reconocimiento. Del mismo modo, la cabeza del pescante incorpora un dispositivo capaz de convertir el valor angular del cable en voltaje, para su utilización por parte del sistema DP.

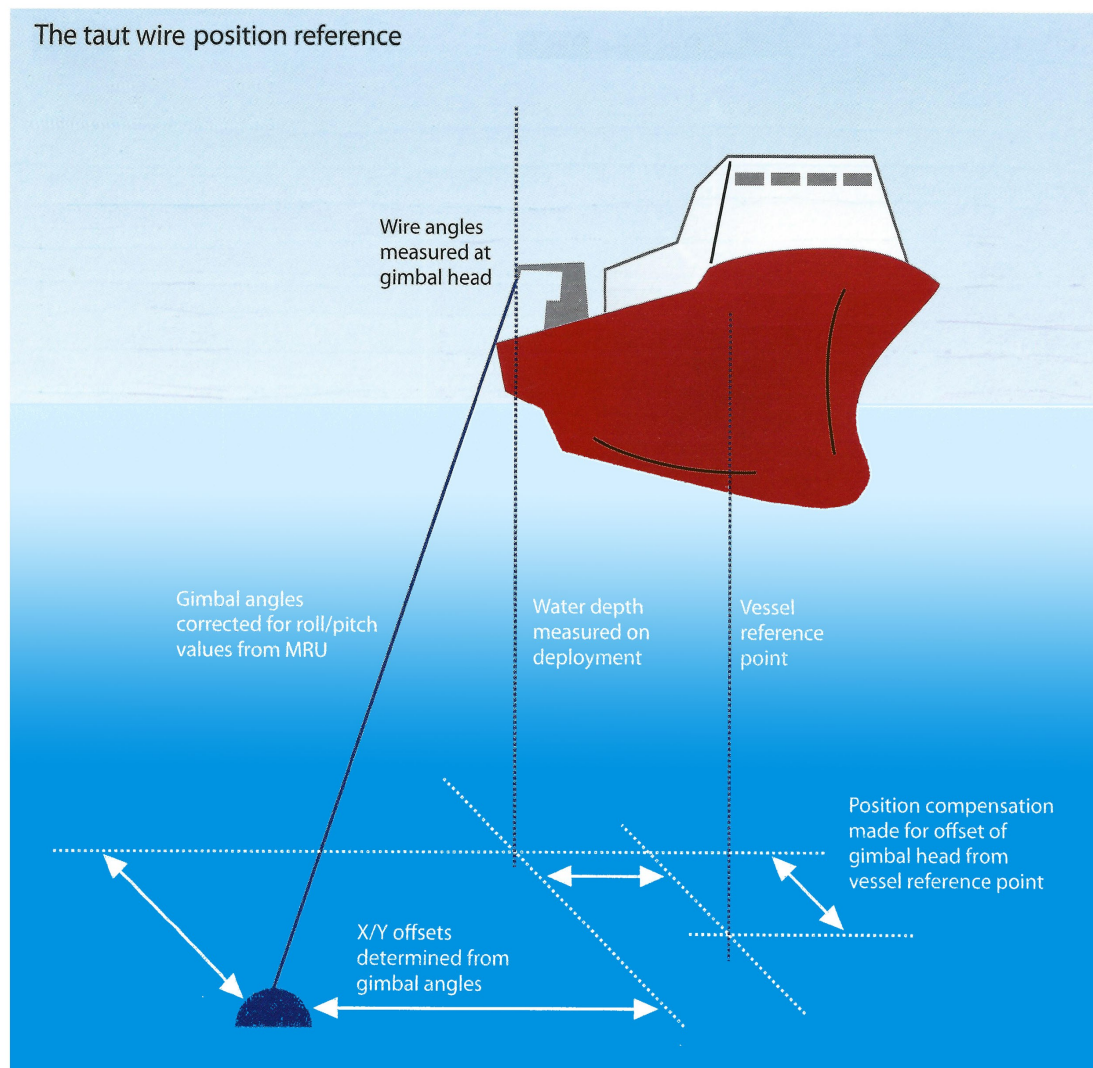
El Taut Wire, es un sistema robusto y de funcionamiento simple. La precisión de la posición, depende entre otros factores de la profundidad de la mar, para cada DP escenario dado. Generalmente, el Taut Wire es inservible para sondas mayores de 350m de profundidad. Con una sonda de 200m de profundidad, la precisión se estima de 1-2m. A mayores profundidades, la funcionalidad del sistema empieza a deteriorarse.



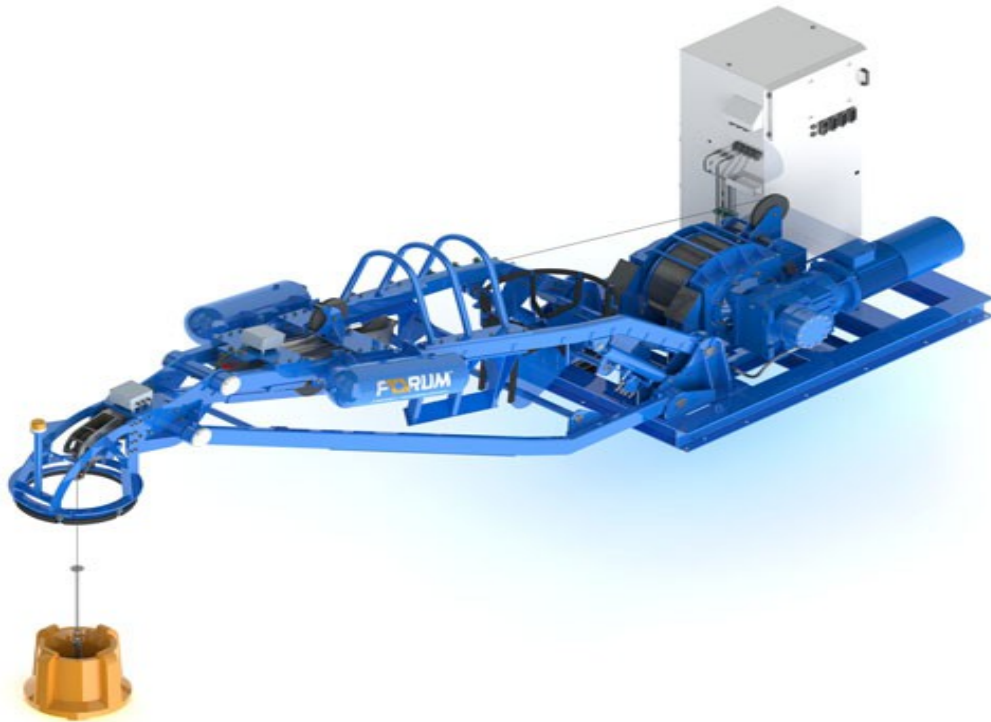
El uso de este PRS, requiere de cierta planificación para lograr una operación exitosa. La distancia máxima horizontal del buque respecto al peso fondeado, viene determinada y limitada por el angulo vertical del cable,

que no será superior a los 28-30 grados (en buques con el equipo instalado a popa, este ángulo se verá incluso reducido para evitar el contacto del cable con el timón). Como podemos deducir, el valor del desvío máximo es proporcional a la profundidad del agua. En aguas poco profundas, el desvío horizontal será solo de unos pocos metros. En aguas muy profundas, la funcionalidad del equipo viene determinada por la longitud del cable. Sistema poco fiable en sondas de más de 350m.

El operador DP debe comprobar cuidadosamente si hay objetos, tuberías u otros equipos en el lecho marino, antes de fondear el peso del Taut Wire. También, verificará que la botadura del peso, o su re-colocación, no pone en riesgo la seguridad de las operaciones que está realizando, ni la de los buzos o ROVs que tenga a sus alrededores. En este caso, informará a todos ellos de sus intenciones.



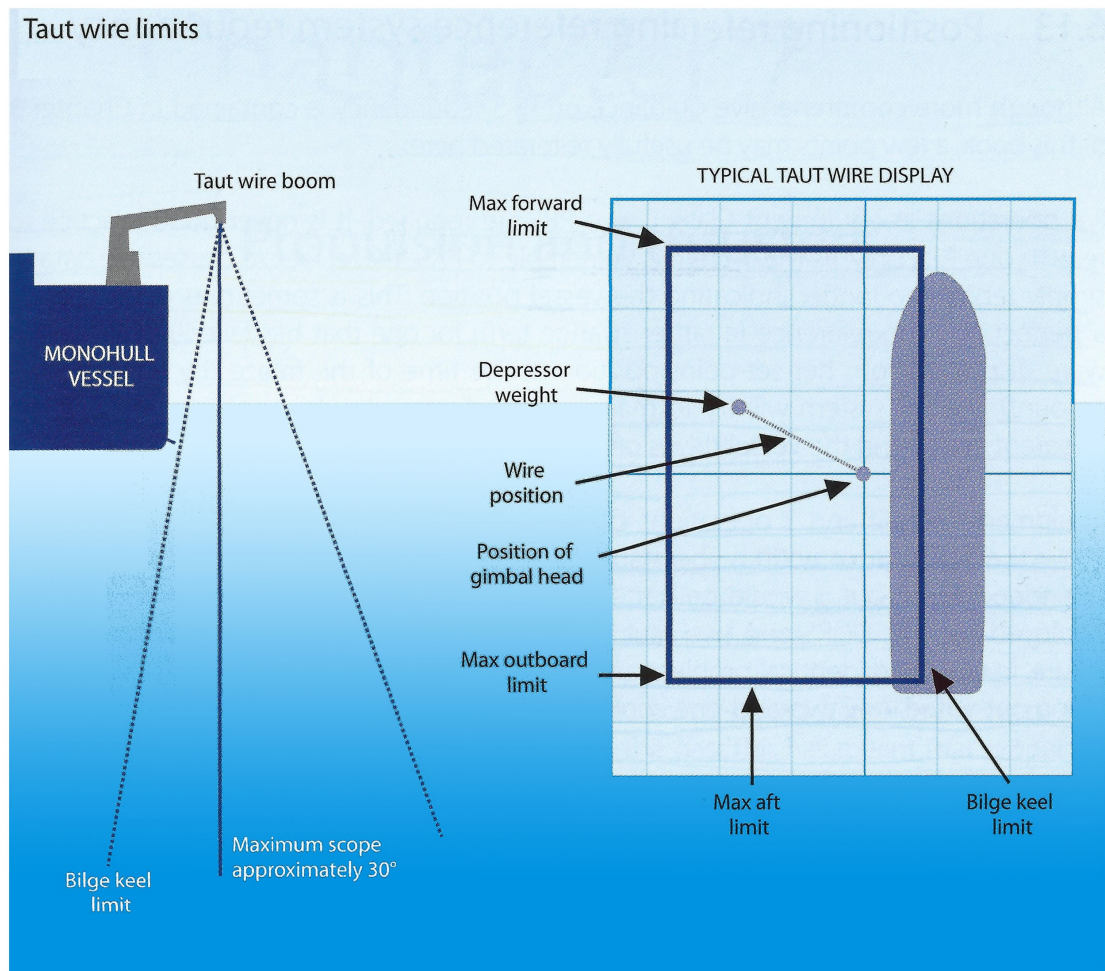
El Taut Wire, es un sistema de funcionamiento mecánico, por lo que requiere de un mantenimiento regular. También es necesario disponer a bordo de varios repuestos de cables y pesos. Ocasionalmente, los cables se rompen y los pesos se pierden. Una buena costumbre, es ir cortando tramos de cable regularmente. Si el buque hace uso de este equipo con regularidad, el cable sufrirá desgastes en las partes en las que roce con el pescante y tambor de estiba. Cortar, por ejemplo, tramos de 10m cada 2 semanas, ayudará a prevenir roturas indeseadas y pérdidas de las plumas. Será necesario marcar las zonas desgastadas y comprobar que la longitud del cable restante es la suficiente.



En el mercado, encontramos otros tipos de Taut Wire. Por ejemplo, existe un modelo diseñado para buques especiales que necesitan operar sobre superficies de agua helada. Este equipo se instala en el doble fondo del buque. El cable y el peso son estibados y largados desde el propio compartimento.

Independientemente del tipo de modelo del que se trate, hoy en día, resulta bastante difícil encontrar buques DP de última generación que dispongan de

TautWires como sistemas de referencia de posición.



Las ventajas y desventajas del Taut Wire como PRS son numeradas a continuación:

Ventajas:

- Sistema preciso.
- Seguro.
- Despliegue fácil y rápido.
- Su funcionamiento no depende de terceras partes.

Desventajas:

- Puede obstruir operaciones con ROVs o otras operaciones sub-acuáticas.
- Rango horizontal limitado.

- Limitaciones en aguas poco o profundas.
- De naturaleza mecánica. Necesita mantenimiento.
- Requiere de cables y pesos de repuesto.

5.11 REDUNDANCIA DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA DE POSICIÓN

La redundancia de componentes ya ha sido vista en temas anteriores, pero haremos un pequeño hincapié. Recordemos que para operaciones con clase 1, se requiere del uso de 2 PRSs y que en nunca es buena idea fiarse de un único PRS, dado que el sistema es vulnerable, si se produce a la “congelación” de la input de ese PRS (repetición continua de los datos aportados por ese PRS, provocando posteriormente la pérdida de posición). Si sucediese el caso en el que el buque fuese desplazado de su posición (viento, mar, etc) en el momento en el que se produjo la congelación, el equipo DP activaría los propulsores para tratar de compensar ese desvío, por lo que el buque estaría erróneamente alejándose de la posición.

Para operaciones con clase 2 y 3, se requiere un mínimo de 3 PRS. De este modo, el sistema puede aplicar el teorema del voto lógico. El requisito exige que esos 3 PRSs sean independientes, pero sería mejor si además de ser independientes, su funcionamiento se basase en principios diferentes. Por ejemplo, si tuviésemos activados como PRSs un DGPS y 2 Taut wires, dejamos abierta la posibilidad de que surja un fallo de raíz común. En este caso, lo que sucedería es que si surge un fallo que afecte de igual manera los dos Taut Wire, el DP system aplicando el voto lógico rechazaría al DGPS; el único en ese momento que estaba operando correctamente. Cualquiera configuración de “dos y uno” es vulnerable a este problema. Por este mismo motivo, no es recomendable una elección total de PRSs sub-acuáticos.

Si una operación necesita del despliegue de 3 PRSs (clase 2-3), sería muy aconsejable en su lugar, una selección de 4 PRSs. Esta recomendación, no es en realidad una exageración, dado que si estamos trabajando en clase 2-

3, con 3 PRSs y perdemos uno de ellos, se produce automáticamente la pérdida de clase, y el buque debe de detener las operaciones que esté llevando a cabo y deberá moverse a un lugar seguro. Si en su lugar, hubiésemos desplegado 4 PRSs y se produjese la pérdida de uno, siendo 3 los exigidos, el buque no perdería su clase, y podría proseguir operaciones con normalidad.

Los operadores DP, siempre deben tener en mente las consecuencias de la pérdida de un PRS y comprobar que equipos de respaldo, tienen a su alcance, y que pasos habría que seguir para poner en marcha su funcionamiento.

6. SISTEMAS DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO. TRHUSTERS

Todos los sistemas de propulsión y gobierno a bordo de un buque DP, son considerados extremidades del equipo de posicionamiento dinámico y están por ello sujetos a sus requerimientos y regulaciones. Nos referimos, a las hélices principales, timones y thrusters.

Al ser la mayoría de los buques DP diésel-eléctricos, también la mayoría de los propulsores instalados en buques DP, son motores de corriente alterna. Antiguamente, esto significaba que las hélices tenían que ser forzosamente de paso variable. En la actualidad, con el desarrollo de nuevas tecnologías, es posible montar hélices de paso fijo y C.A, en buques diésel-eléctricos si el buque cuenta con el sistema “variable speed drivers (VSDs)” (variadores de velocidad). Este tipo de tecnología, permite el control de la velocidad de los propulsores de paso fijo (sus rpm), con el uso de A.C.

Un buque DP debe tener la suficiente capacidad de maniobra, para poseer unos movimientos de surge-sway-yaw adecuados a sus necesidades. Se requiere al menos, de una configuración mínima de 3 thrusters para lograr esos 3 movimientos, aunque se deberán instalar más unidades para lograr el suficiente nivel de redundancia.

En general, se disponen 3 tipos de propulsores diferentes, a bordo de buques DP: hélices principales (con sus respectivos timones), túnel thrusters y azimut thrusters. Sólo un reducido número de buques DP equipan sistemas Voith-Schneider , White Gill thrusters o Jet thrusters.



6.1 HÉLICES PRINCIPALES Y TIMONES

Aunque un buque esté equipado con una combinación tradicional de hélices (o hélice) y timones (o timón), diseñados para la óptima navegación en tránsito, cabe la posibilidad de que el equipo DP aproveche esa configuración propulsora ya instalada, para convertir un buque no-DP en DP. Para ello, deberá completar ese servicio de propulsión con la instalación de algún otro thruster, con el objetivo de proveer al buque del suficiente movimiento de sway-yaw. Las hélices principales, podrían ser independientemente de paso fijo o paso variable. Por otro lado, los timones serían DP-activos, lo que significa que estarían completamente integrados en el equipo DP y bajo su control y funcionamiento. Como ya hemos dicho, el buque podría tener una o dos hélices a popa, es decir, uno o dos ejes principales. En una configuración de 2 hélices, los motores principales pueden estar trabajando de modo independiente o en modo “push-pull”. En ese modo, una hélice estaría empujando hacia proa, mientras que la otra lo haría hacia popa. El “surge” se consigue variando la fuerza resultante entre ellas. La variación del “sway” de la popa, se consigue variando la metida de los timones.



Fixed-pitch main propellers, Becker rudders and stern tunnel thruster in research vessel
James Cook

Una desventaja de la propulsión convencional modificada a DP, a parte del elevado costo que supone, es que las demandas de carga de los motores principales en modo DP son mucho menores que las demandadas en modo navegación. Por lo que si los motores principales son diésel, estarán condenados a pasar largos periodos de tiempo trabajando a muy baja carga, y padeciendo por este motivo, una innumerable serie de efectos perjudiciales.

6.2 AZIMUTH THRUSTERS

La mayoría de los buques DP montan azimuth thrusters como únicos elementos de propulsión, capaces de dotar al buque de la maniobrabilidad suficiente, requerida para operaciones DP.

Generalmente, se dispone de 2 o 3 azimuth thrusters en la popa y de más de un túnel thrusters a proa. En algunos casos, (buques perforadores) todos los thrusters son del tipo azimuthal. Los thrusters azimuthales gozan de una gran popularidad, pero sus sistemas son complejos y a menudo causan demasiado problemas.

Normalmente un azimuth thruster, consiste en un eje horizontal en el interior del buque, propulsado por un motor eléctrico o diésel. Este eje horizontal,

pasa por una caja de cambios para transformarse en un eje vertical y así poder atravesar el casco. Por último, en el extremo inferior del eje vertical, se dispone de otra caja de cambios estanca, para poder convertir de nuevo el eje vertical a uno horizontal. Será en este último eje horizontal, donde se acople la hélice propulsora. La hélice, de cualquier modo, podría ser de paso fijo variable. El control de la dirección-azimut de la hélice, se consigue mediante la disposición de unidad hidráulica.

Este tipo de unidades propulsoras, son muy versátiles, y son capaces de proporcionar empuje en cualquier dirección, desde cero hasta la máxima potencia disponible en un periodo de tiempo muy corto. En el mercado, encontramos una gran variedad de azimut thrusters, con diversas características y cualidades.

Algunos azimut thrusters son del tipo fijo, mientras que otros son de tipo retráctil, pudiéndose recoger en el interior del casco: verticalmente, o pivotando 90 grados. Este tipo de azimut thrusters podrían resultar muy útiles en aguas poco profundas. El operador DP, debe recordar que cuando el azimut thruster se encuentra plegado, no es posible su uso. Por otro lado, debe tenerse siempre en cuenta, que este tipo de thrusters son especialmente vulnerables en caso de varada o embarrancada.

Algunos azimut thrusters solo proporcionan empuje avante, mientras que otros (especialmente los paso variable) son capaces de proporcionar empuje también hacia atrás, hasta un determinado límite máximo. Una vez superado ese límite, el dispositivo rota 180 grados sobre si mismo para poder aplicar su máxima potencia en la dirección deseada. El operador DP deberá ser conocedor de qué es lo que ocurre en esa situación.

Una variación del diseño en el azimut, es el azipod thruster. Este tipo de unidades, se han ido haciendo populares con el paso del tiempo, y hoy en día están presentes en un gran número de barcos. En los azipod thrusters, el motor VSD (variable speed drive) está contenido en la propia unidad

propulsora (forma de vaina estanca), y el motor se comunica con la hélice mediante un eje muy corto. En los azipod thrusters, las hélices son del tipo paso fijo y la variación de velocidad, se consigue con la variación de r.p.m. La unidad propulsora, gira en su conjunto alrededor de un eje que penetra el casco, para proporcionar capacidad de gobierno en la dirección de desplazamiento del buque. Los azipod thrusters, tienen varios modos de propulsión. Por ejemplo, cuando el barco realiza navegaciones entre los diferentes puntos, los azipods pueden operar en modo tránsito: proporcionando una propulsión principal con una caída máxima a las bandas de 35 grados. En modo DP, los azipods se bloquean para que uno se encargue de proporcionar empuje en la dirección proa-popa, mientras que el otro se encargue de hacerlo en dirección babor-estribor.

6.3 TÚNEL THRUSTERS

Su uso está muy extendido a bordo de cualquier tipo de buque, especialmente en buques DP. Suelen instalarse a proa y/o a popa, y pueden ser del tipo fijo o paso variable. En cualquier caso, proporcionan empuje en una única dirección, babor-estribor. Por otra parte, su eficiencia se ve alterada por múltiples factores. Por ejemplo, la profundidad de trabajo. Si el buque, se encuentra en condición de muy poco calado, la capacidad de empuje se verá drásticamente reducida. Variaciones de asiento grandes, propician aireaciones que reducen drásticamente la eficiencia. El diseño de los túneles es también importante, dado que a mayor longitud de túnel, menor eficiencia.

Por otro lado, es bien conocido que si el buque posee arrancada, la capacidad de empuje del thruster se ve drásticamente afectada.

Un innovador diseño que reduce parte de los efectos anteriormente comentados, son los azimuth-túnel-thrusters. Estos son azimuth thrusters con la capacidad de replegarse en el casco, y que una vez dentro quedan alineados en el interior de un túnel, de modo que puedan seguir operando en modo túnel thruster.

6.4 CONTROL DE HÉLICES, TIMONES Y THRUSTERS EN BUQUES DP

Un equipo DP debe tener la capacidad de poder controlar todas la hélices, timones y thrusters. Esto es, enviar ordenes de control y ser capaces de recibir y procesar valores de feedback: r.p.m, paso, azimuth y metida de timón.

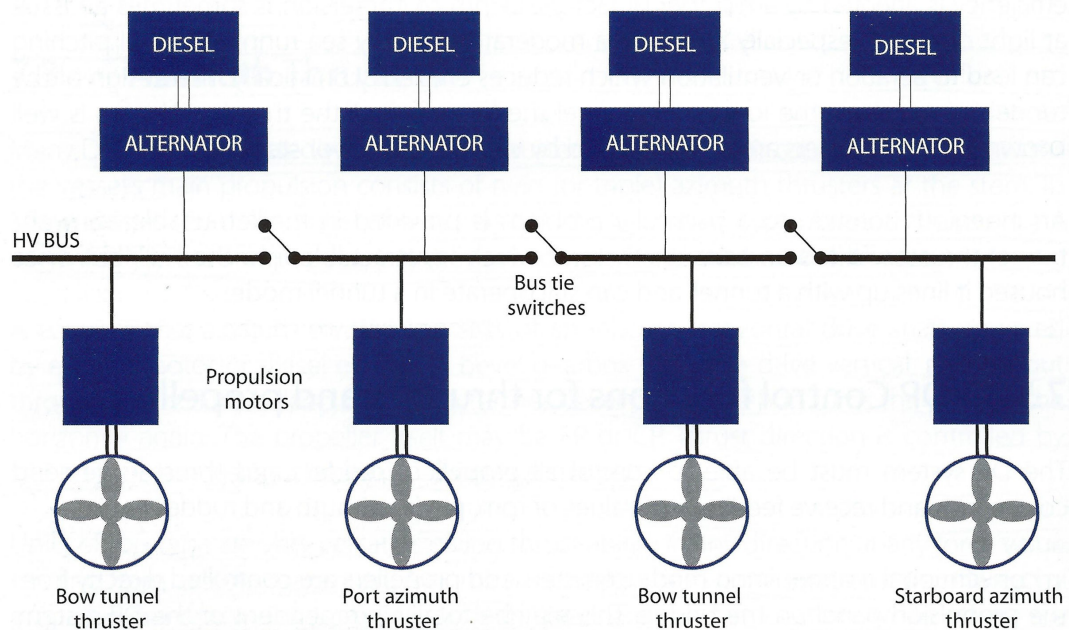
En modo navegación, los propulsores son generalmente controlados desde el panel o consola de navegación, en el puente de gobierno. Posiblemente, la consola de navegación sea totalmente independiente de la consola DP. En este último panel, habrá un comando que permitirá pasar el mando de gobierno de una a otra consola (posición manual, o DP). Una tercera posibilidad, es el joystick.

Normalmente, los propulsores son indicados en la consola DP, en 3 modos diferentes de estado: “running”, “ready” o “enable”.

Los propulsores son designados “ready” cuando el buque está en modo DP. Esta configuración permite a los propulsores y timones aceptar ordenes del equipo DP, en vez de aceptarlas de cualquier otro panel de control periférico. Una vez que los propulsores están en modo “ready”, es posible pasar a modo “enable”, una vez presionado dicho botón. Una vez que el DP se encuentra en este modo, el operador DP deberá probar los propulsores mediante el uso del joystick: Haciendo pequeñas metidas en todas la direcciones (surge, sway y yaw), el DPO podrá verificar que todas las hélices, thrusters y timones operan correctamente.

El número y configuración de thrusters/hélices disponibles a bordo de un buque DP, puede variar substancialmente. Es común, encontrar un buque DP clase 2, y únicamente 4 thrusters instalados: 2 túnel thrusters en la proa y 2 azimuth thrusters en la popa. Esta configuración, cumple con los requisitos de redundancia exigidos para la clase 2. El peor caso admitido si se produjese un “single point failure”, es la pérdida de uno de los thrusters.

Class 2 Thruster arrangement



El sistema de propulsión en modo DP, puede llegar a tener un desarrollo bastante deficiente (dificultades para lograr una situación de la posición estable), en el caso de que las condiciones de mar sean totalmente calmas: múltiples vectores de valores muy pequeños, continuamente cambiantes en modulo y dirección.

Sin fuerzas substanciales a las que vencer, el buque oscilará alrededor del set-point seleccionado por el DPO. Particularmente, los azimuth thrusters en estas condiciones, sufren de un desarrollo pobre y es posible que sufran variaciones en azimuth continuamente. En estas condiciones, es recomendable que este tipo de propulsores se pasen a modo fijo, de tal forma que, solo puedan operar en una pre-configuración azimuthal. Se logra así reducir el desgaste de los equipos y probablemente, también se logre un mejor control de la posición, esto es, una menor oscilación alrededor del punto de set-point.

En este caso, el operador deberá atender a los cambios que se hayan producido a efectos de redundancia, y si el modo fijo en azimuth es automáticamente eliminado, en caso de fallo en el thruster.

Con frecuencia, los propulsores azimutales se configuran con zonas de exclusión (azimut barring). Son arcos azimutales pre-configurados en los cuales el dispositivo no puede operar. Existen diversos motivos para justificar esto, por ejemplo, cuando 2 propulsores azimutales se encuentran instalados el uno cerca del otro, cabe la posibilidad de que uno de ellos descargue chorros de agua de alta velocidad sobre el otro. Esto podría provocar el aumento de la velocidad del propulsor que recibe la descarga de agua, hasta el punto de poder sufrir daños. Esta configuración de exclusión, es a menudo permanente y el operador DP no puede modificarla.

Otro motivo, por el que se podría tener que limitar el barrido azimutal de los propulsores, es por la proximidad de estos a una campana de inmersión, cuando se estén realizando operaciones con submarinistas. De nuevo, el motivo es evitar que chorros de agua a gran velocidad impacten contra dispositivos circundantes. La check-list para operaciones con submarinistas, recuerda este punto en una de sus casillas.

Aunque los propulsores azimutales suelen operar paralelamente, uno respecto del otro, cabe otra posibilidad. Normalmente, los propulsores en modo DP operan a baja carga. Esto es especialmente perjudicial en el caso de los motores diésel, que se han diseñado para cargas medias-altas. En estos casos, es posible configurar los thrusters para que operen uno en contra del otro. Así, aumentará la carga sobre los motores, y el vector resultante de las fuerzas creadas entre ambos, será el que determine la dirección y velocidad de movimiento del buque. Aunque esta configuración de trabajo previene a los motores de posibles daños debido a bajas cargas de trabajo, el consumo del combustible aumenta. La otra opción sería de-seleccionar generadores, aunque esto suele no ser posible por requerimientos en la redundancia.

En general, los thrusters y hélices suelen estar limitadas al 80% de su capacidad máxima cuando se encuentran en modo DP. De esta forma tratan

de prevenirse sobrecargas en los equipos que pudiesen producir fallos o daños. El operador DP deberá conocer la forma de modificar estos parámetros, aunque generalmente este límite se modifica automáticamente (aumenta), cuando el buque entra en modo tránsito.

En buques en los que el piloto-automático está integrado en el equipo DP, se dispone de diferentes tipos de configuraciones para el modo tránsito. En un buque con dos propulsores azimutales a popa, en modo autopilot los propulsores se configuran de forma que la metida a las bandas no produzca una caída mayor a 35 grados. En caso de buques con 3 propulsores azimutales a popa, la configuración suele ser la siguiente: el propulsor del medio se encarga de controlar el rumbo, mientras que los otros 2 se bloquean y solo proporcionan empuje en dirección proa.

6.5 MODOS DE FALLO DE LOS THRUSTERS, SUS EFECTOS Y ACCIONES A TOMAR

Todos los propulsores son vulnerables ha posibles fallos y daños. Con frecuencia, los daños de los propulsores, suelen deberse a la toma de contacto de buque con el lecho marino, contra objetos sólidos o simplemente al verse enredados con cabos. Estos daños pueden reducir la eficiencia de la junta del sello estanco del propulsor, o hacerla inservible. Si el circuito hidráulico se ve contaminado con la entrada de agua de mar, se producirán graves daños a los equipos, y se necesitará de la entrada en dique seco para su reparación.

Muchos de los thrusters son del tipo paso variable, y estos padecen aún de más modos de fallo, al ser su sistema más complejo y al estar formados por un número mayor de piezas. El equipo puede sufrir daños en la unidad propulsora, en sus controles, en el circuito hidráulico o en los mecanismos de feedback.

Cualquier de estos problemas pueden provocar el fallo de la unidad propulsora, degradando consecuentemente la capacidad del sistema DP. El DPO, deberá monitorizar continuamente el comportamiento de cada uno de

los thrusters, prestando atención al paso, rpm,azimut y resto de datos aportados, para cada unidad. Una discrepancia entre los valores de set-up y los de feedback generará las pertinentes alarmas en el sistema. Aunque cabe la posibilidad, de que errores pequeños sean pasados por alto por el sistema, y será ahí donde el DPO juegue un papel importante.

Todos los propulsores de paso variable, deben disponer de un modo a prueba de fallos. En el caso de los buques DP, se ha establecido que en caso de fallo del propulsor, el sistema tendrá la capacidad para poner automáticamente el paso del propulsor que halla fallado a cero grados. Sin embargo, el sistema no siempre es eficaz y es posible que los propulsores fallen con cualquier tipo de paso, o incluso hacerlo de forma que apliquen el paso máximo disponible sin generar las alarmas pertinentes. Generalmente el fallo mas común, es que el paso de la hélice quede simplemente paralizado.

Si una hélice o thruster sufre un fallo, el DPO deberá detener la unidad inmediatamente. Para ello, deberá pulsar el actuador de emergencia de dicho propulsor, dado que no llega simplemente con deseleccionarlo de la consola DP:

Si un propulsor sufre un fallo y queda fuera de control, su deselección no tendrá efecto alguno y permanecerá por tanto, fuera de control. El DPO deberá familiarizarse con la localización de las paradas de emergencia de los propulsores, situados en la consola de navegación (no sobre el panel DP). En el caso de que se active una parada de emergencia de un propulsor, automáticamente será reflejado en la consola del sistema DP.

Bajo esta situación, la toma rápida de decisiones y una correcta actuación son esenciales. Si un propulsor pierde el control y empieza a trabajar a su máxima potencia, independientemente del nivel de redundancia, el control sobre la posición del buque se verá seriamente perjudicada. Y es posible que el buque se aleje sin control de su posición de set-up.

Como ya hemos dicho, es esencial que el operador DP presione, sin ningún tipo de demora, la parada de emergencia del propulsor que ha fallado. Para

ello tendrá primero que identificar correctamente cuál ha fallado. Siendo posible que, por ejemplo, falle el propulsor número 1, empujando al máximo hacia estribor, y el equipo haya tratado de compensar esta situación activando el propulsor número 2 a su máxima potencia, empujando hacia babor. Cuando el operador DP observa la pantalla, verá las dos barras de carga de cada propulsor en rojo. En ese momento, deberá contrastar los datos de set-up de cada propulsor con los de feedback, para identificar el propulsor que deberá detener. Posteriormente verificará los mensajes de alarma para comprobar que la actuación ha sido la correcta.

7. PLANTA ENERGÉTICA. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Los buques DP tienen una dependencia total del suministro de energía, tanto para la propulsión como para el funcionamiento de los equipos electrónicos. Es de gran importancia que el DPO esté familiarizado con los sistemas de producción y distribución de la energía a bordo de su buque. En caso de fallo, una actuación rápida y efectiva es vital. Bajo circunstancias críticas, el haber estado familiarizado con el equipo, aumentará las posibilidades de éxito en la toma de decisiones.

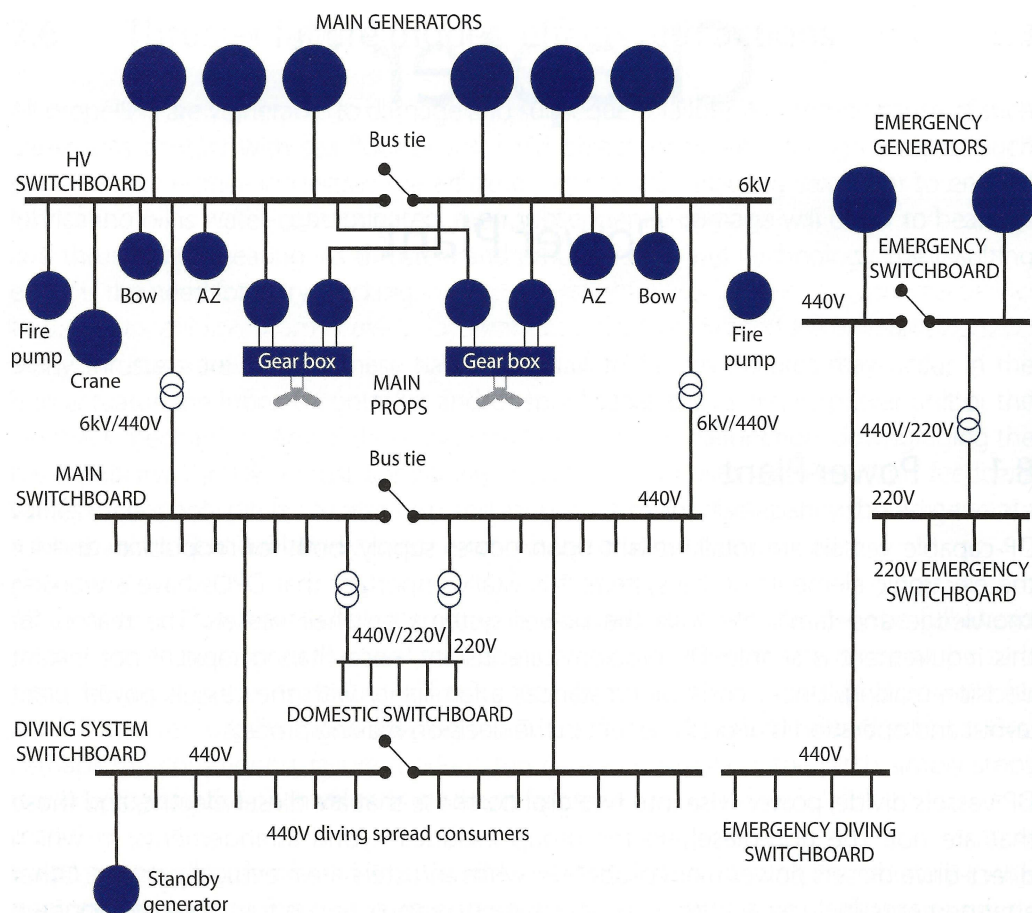
Dividimos los buques DP en dos grupos energéticos: los que son diésel-eléctricos y los que no lo son. Este último grupo incluye sistemas híbridos; en los que las hélices propulsoras principales están acopladas a motores diésel, mientras que el resto de thrusters son eléctricos. Por otro lado, incluye aquellos sistemas en los que cada unidad es propulsada por su propio motor diésel.

7.1 PLANTA ENERGÉTICA DIÉSEL-ELÉCTRICA

La mayoría de los barcos DP tienen configuración diésel-eléctrica. En este tipo de buques, una estación productora genera toda la energía eléctrica, y luego se distribuye a todos los consumidores del buque, a diferentes voltajes. Todos los consumidores de abordó, son eléctricos.

Los productores de energía son motores diésel de velocidad media, acoplados a alternadores que producen energía eléctrica de alto voltaje. Normalmente, el voltaje producido varía entre los 3Kv y los 11Kv. Los buques DP suelen operar con voltajes de 3.3Kv, 6Kv o 6.6Kv. En caso de que haya consumos muy altos de energía, se dispondrá de voltajes más altos para mantener la intensidad a niveles bajos, y así mejorar la eficiencia de la distribución energética.

El voltaje generado se transmite a cuadro eléctrico, que se divide en diferentes secciones (barras de potencia) a efectos de redundancia. Desde el cuadro eléctrico, la energía se distribuye a todo el conjunto de propulsores dispuestos a bordo. La mayoría de los barcos operan con corriente alterna, aunque podemos encontrar un pequeño número de ellos operando con corriente continua.



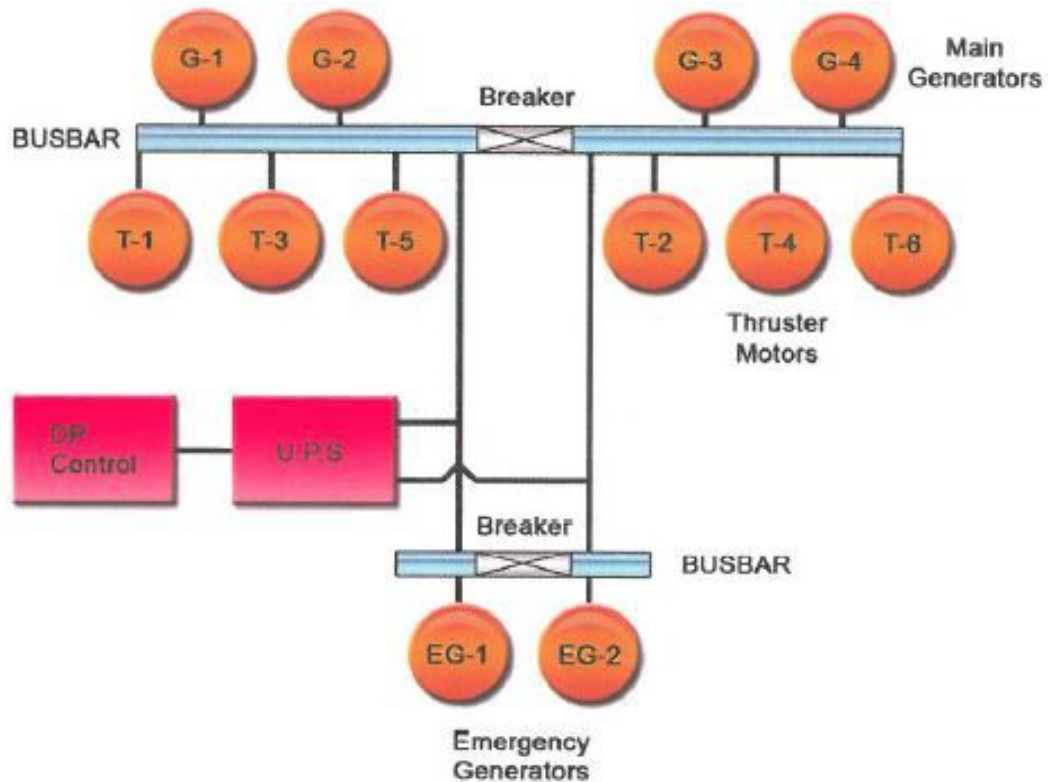
Diesel-electric power distribution arrangement

Para que el DPO comprenda el sistema energético, es esencial que primero se familiarice con el diagrama de distribución de la energía, conocido a bordo como “one-line diagram”. En este diagrama, se muestra la relación entre generadores, transformadores y unidades propulsoras. El diagrama irá acompañado de un estudio de los modos de fallo que podría padecer el sistema y sus consumidores. Y por supuesto, señalará cual será el “worst-case failure mode”.

Otra característica de las plantas de producción de energía diésel-eléctricas, es el valor de la “reserva de energía” conocida como “spinning reserve”. Normalmente, los generadores no se encuentran trabajando a la máxima capacidad, si no que trata de generarse aquella energía que esperamos que va a ser la consumida. La “reserva de energía”, es la diferencia entre la energía total que está siendo consumida en un determinado momento, y la energía máxima que podría ser producida por esa misma configuración de generadores. Su valor es generalmente mostrado en pantalla, para que el DPO pueda vigilarla, en todo momento y desde el puente de gobierno.

7.2 BUS TIE SWITCHES (DISYUNTORES)

En una distribución diésel-eléctrica, el juego de barras de potencia se divide en dos o más secciones, de modo que el buque pueda operar con ellas abiertas o cerradas. Si se encuentran cerradas, es decir, conectadas entre si, la energía podrá fluir entre ellas, por lo que dispondremos de una mayor flexibilidad a la hora de arrancar más o menos generadores, según las expectativas de consumo energético. En caso de que se produzca un fallo eléctrico, como un cortocircuito o un fallo en la toma de tierra, el disyuntor automáticamente abriría el circuito energético, para aislar la barra de potencia que estuviese fallando. En ese caso, el buque podría seguir operando con el resto de propulsores y equipos conectados a las otras barras. Sin embargo, cabe la posibilidad de que falle el funcionamiento del disyuntor, lo cual derivaría en un blackout total. En buques de clase 1 y 2, los disyuntores pueden encontrarse abiertos o cerrados.



Para operaciones en clase 3, los disyuntores deberán encontrarse siempre abiertos, de modo que los cuadros eléctricos funcionen de manera independiente. Teóricamente, un fallo en uno de los cuadros no podría afectar a funcionamiento de los otros. Esta configuración, tiene la desventaja de que se deben arrancar un número mayor de generadores, para que cada cuadro disponga de la energía suficiente.

7.3 TENSIONES BAJAS

En un buque DP, la producción de energía eléctrica se produce a voltajes muy altos, por lo que se necesita de transformadores para el suministro de corriente eléctrica a consumidores que requieran de voltajes mas bajos, como 660V, 440 o 220V. Determinados equipos, como grúas, tensiómetros etc. que requieran de voltajes más altos, disponen de transformadores exclusivos para ellos. Del mismo modo, equipos que se encuentren instalados en zonas susceptible a la entrada de agua, o de sufrir cualquier otro fallo eléctrico, contarán también con transformadores dedicados. En el caso de cuadros y transformadores destinados al suministro de corriente

eléctrica para equipos de buceo o servicios vitales, se exige que su disposición sea completamente redundante y independiente. Por último, se dispondrá de transformadores y cuadros eléctricos para el suministro de energía a consumidores “domésticos”, 220V.

7.4 SISTEMAS HÍBRIDOS

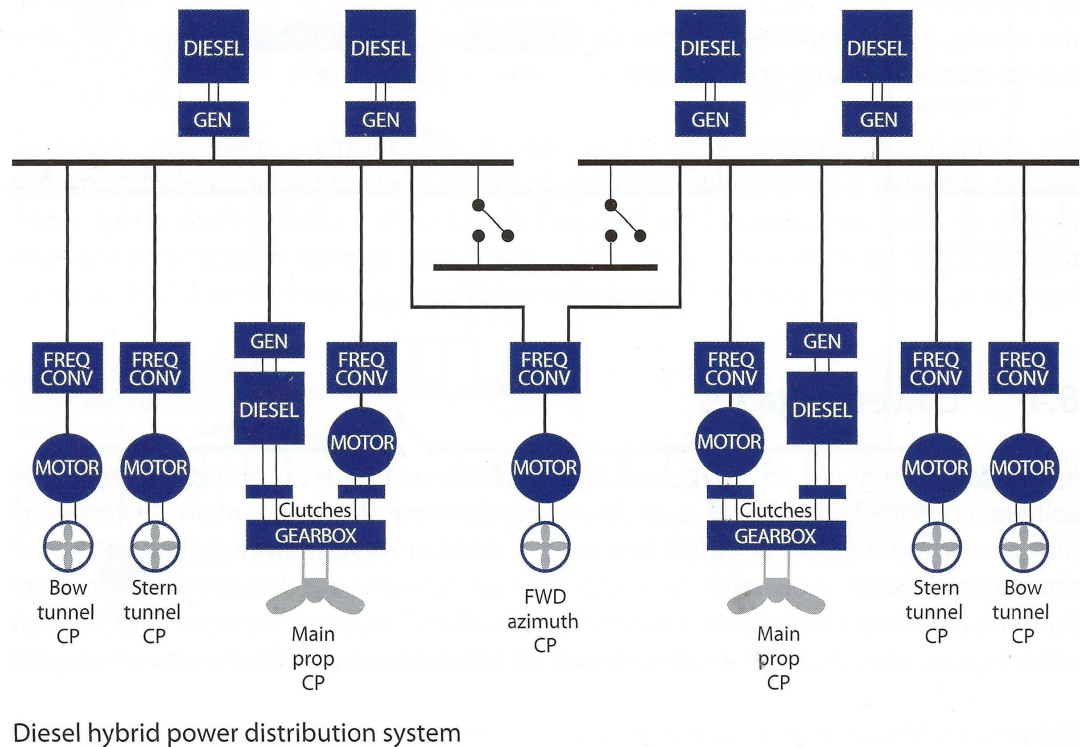
Si en un buque encontramos por un lado hélices principales, propulsadas directamente por motores diésel, y por otro lado thrusters alimentados con corriente eléctrica, la combinación se conoce como sistema híbrido. Muchos de los sistemas híbridos, consisten en motores diésel de velocidad constante, a los cuales se le han acoplado hélices de paso variable. A los ejes principales de dichas hélices, se han acoplado a su vez, alternadores para la generación de corriente eléctrica. De este modo, el conjunto de tunnel thrusters a proa y a popa están eléctricamente alimentados, mientras que las hélices de propulsión principal son impulsadas por motores diésel.

A menudo, los sistemas híbridos se encuentran a bordo de buques que han sido transformados a DP. En estos buques, se ha aprovechado el sistema de propulsión principal, y se han añadido diferentes thrusters eléctricos, para aumentar la maniobrabilidad del buque.

Sólo un pequeño número de buques se han construido específicamente con este tipo de tecnología, dado que sus especiales modos operacionales, hacían que fuese el sistema híbrido el más adecuado para reducir los costes operacionales.

Recientemente, ha salido al mercado un novedoso sistema híbrido. Este nuevo sistema, consiste en hélices propulsoras de doble eje. Esto significa, que cada una de las hélices principales puede ser propulsada por un motor diésel o por un motor eléctrico al que se le ha acoplado un generador. Cuando el buque se encuentra en modo DP, con pequeñas cargas en las hélices propulsoras principales, son los motores eléctricos los encargados de proporcionar la energía motriz a las hélices. Cuando el buque se encuentre realizando navegaciones en tránsito, serán los motores diésel los encargados de hacer rotar las hélices. De esta forma, se consigue que los

motores diésel siempre trabajen con cargas altas (su modo mas eficiente de trabajo). En modo tránsito, los motores eléctricos se desacoplan de las hélices mediante una caja de cambios.



7.5 POWER MANAGEMENT

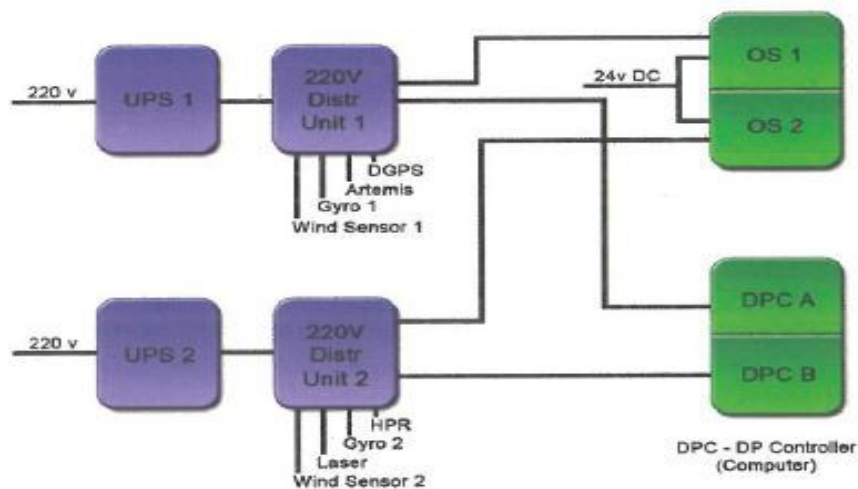
Todos los buques modernos se equipan con sistemas computarizados para gestionar la generación, distribución y consumo de energía a bordo. Su objetivo principal, es asegurar que se dispone del suficiente número de generadores para cada situación de consumo. El sistema, monitorizar la relación energética entre demanda, consumo y reserva, y es capaz automáticamente de arrancar más generadores en caso que las reservas de energía no sean las suficientes. El sistema de gestión de la energía, también tiene la capacidad de monitorizar y configurar la planta energética en función de la clase DP en la que se encuentre operando el barco. De este modo, el propio sistema se encarga automáticamente hacer las modificaciones oportunas de generación, distribución y consumo de la energía, para que se cumplan los requisitos de redundancia y reserva en los diferentes niveles DP. Cuando la demanda de energía decae, por ejemplo, en periodos

relativos de calma medioambiental, el sistema también es capaz de reducir automáticamente la sobre-producción de energía por parte de los generadores, y podría hacer saltar una alarma que recomendase la parada de uno o más generadores.

El sistema también previene ante la posibilidad de sufrir un blackout. Si en un determinado momento el sistema tuviese sospechas de que se fuese a producir una sobrecarga, este tiene la capacidad de dejar de alimentar eléctricamente a secciones del diagrama por orden inverso de importancia. Por otro lado, también es capaz de limitar el incremento del paso de las hélices para reducir la posibilidad de sobrecarga. En este caso, la filosofía sería que es disponer de un posicionamiento lento, que de una pérdida total sobre el control de la posición de la nave.

7.6 UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY UPS

Las unidades UPS se instalan con el objetivo de proporcionar un suministro de energía, completamente redundante, a las consolas y dispositivos electrónicos periféricos del DP. Normalmente, las unidades UPS proveen con un voltaje de 24/48V a las computadoras DP, consolas situadas en el puente de navegación, sistemas de referencia de posición, gyros, sistemas de referencia vertical, sensores de viento, etc. Es importante tener en consideración, que las unidades UPS no alimentan eléctricamente a propulsores, thursters ni timones. Los requisitos exigen, que las unidades UPS tengan unas baterías con capacidad de duración de 30 minutos.



Por otro lado, es posible que las computadoras DP y sus equipos electrónicos periféricos estén protegidos por UPS, pero el DPO tendrá que preguntarse si existe algún otro dispositivo en el puente que no lo esté. Por ejemplo, en caso de blackout ¿Es posible seguir recibiendo las correcciones diferenciales? ¿Se encuentran todos los equipos de Inmarsat de abordaje bajo la protección de la UPS? ¿Se incluye el Taut Wire bajo la protección de la UPS? ¿Si incluye todo el sistema HPR bajo la protección de la UPS? A veces, es posible que en algunos buques, el Taut wire y los sistemas de referencia de posición hidroacústicos no se consideren como elementos susceptibles de ser protegidos mediante UPS.

8. MANIOBRAS DE BUQUES DP

En los inicios de la tecnología DP, la variedad de naves que utilizaban esta tecnología estaba limitada a buques perforadores, y las funciones que ofrecían los equipos eran muy básicas. Rápidamente el DP comenzó a evolucionar y su uso se extendió a otros tipos de buques, aunque todos ellos estaban relacionados con el mundo del petróleo o del gas. Sin embargo, en los últimos años el abanico de posibilidades que ofrece el sistema DP, con nuevas, múltiples y variadas funciones, hace que su uso sea recomendable en diferentes tipos de buques, tanto comerciales como militares.

Un motivo que justifique esta expansión, es la tendencia de los buques actuales a instalar sistema integrados y computarizados de supervisión y control de, equipos, servicios, sistemas de abordaje. El DP es en sí mismo, el mejor equipo diseñado para este objetivo, ya que permite la supervisión y control de todo el abanico de variables que encontramos a bordo de un barco: posición, rumbo, propulsión, configuración energética, valoración de variables medioambientales, etc. La instalación de un sistema DP, es relativamente económico y simple si se realiza durante el diseño y construcción del barco. En la actualidad, todas las plataformas, buques de apoyo, remolcadores de altura etc., incorporan un equipo DP en su fase de diseño. En el pasado, esto era considerado un extra. Lo que realmente tiene un coste prohibitivo, es la transformación de un buque no-DP a DP.

A continuación, se mostrará una descripción de las aplicaciones del sistema DP.

8.1 FPSO AND TANKER OFFTAKE OPERATIONS

Las maniobras de los “shuttle tankers” (petroleros lanzadera), pueden dividirse en 4 tipos diferentes: maniobras de amarre con cabos, maniobras con la ayuda de equipos auxiliares de amarre, y maniobras con sistema STL (Submerged turret loading). El cuarto grupo lo integran aquellos buques diseñados para realizar las maniobras de carga de forma directa a FPSO.

Dado el alto incremento de yacimientos de petróleo y gas que se han ido descubierto en alta mar, se hace imperativo el uso de shuttle tankers para el transporte de hidrocarburos. El hecho de que a veces, los yacimientos estén demasiado lejos de la línea de costa, o simplemente que el yacimiento tenga una reserva muy pequeña, hace que no resulte económico la instalación de oleoductos o gaseoductos.

En algunos casos, es posible que el buque tenga que atracar a una OLT (Offshore Loading Terminal) y tomar la carga a través, de su manifold situado en proa. Pero en aquellos casos, en los que la disposición/diseño de la OLT haga inviable el atraque, aparece la necesidad de disponer de petroleros equipados con sistemas DP.

Los DP shuttle tankers operan bajo el principio de “círculo de posición weathervaning”. Esto, significa que el buque adopta una posición respecto a la OLT en la cual, la amura del buque está siempre tocando un círculo imaginario centrado en la OLT. El buque se encontrará siempre sometido al movimiento de los factores ambientales, pero tratando siempre de mantener su posición respecto a la OLT con el mínimo esfuerzo posible y ante cualquier condición medioambiental: Siempre proa a la OLT y con su amura dentro de la distancia de seguridad, para minimizar el riesgo de impacto o daño entre las estructuras.

Los petroleros que requieran del uso de esta tecnología, han de ser

diseñados con un sistema DP que contenga la función “weathervane” ya integrada. Generalmente el diseño de este tipo de buques suele ser con 2 o 3 tunnel thrusters a proa, y generalmente 2 tunnel thrusters a popa, además por supuesto de su(s) hélice(s) principal(es) propulsora(s). En este caso, la consola DP podría ser instalada en el puente de gobierno, o en un control situado a proa. Aunque estos buques se construyen, en la actualidad, con Clase 2, aún podemos encontrar alguno antiguo de Clase 1.

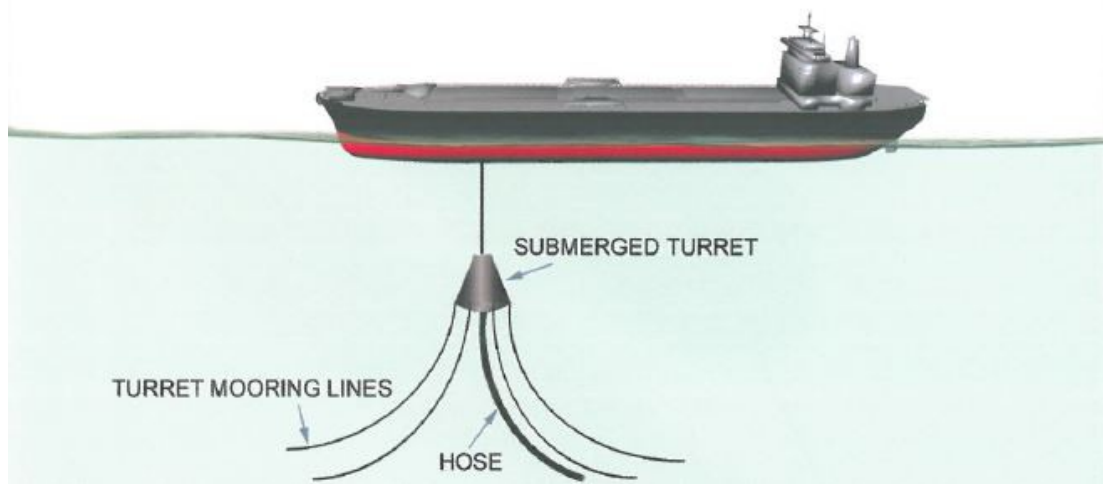
Con objetivo de cumplir los requisitos de redundancia, podremos completar el uso del PRS “weathervaning” con otros PRSs: DGPS, HPR, un sistema láser, o Artemis. Debemos tener siempre en consideración, la diferencia existente entre sistema de posicionamiento relativo, y absoluto. Un petrolero DP, que tome carga a una **OLT**, necesita mantener una posición relativa respecto a la terminal. Si la terminal se mueve, el buque deberá acompañarla en sus movimientos, de manera sincrónica.

La mayoría de las OLTs, son dispositivos flotantes cilíndricos anclados al lecho marino, pero con facultad de moverse libremente para minimizar su resistencia a los factores atmosféricos; de ahí la importancia de que el buque mantenga su posición relativa respecto a la terminal: Artemis, y PRSs láser.



Cuando el buque se encuentre en las proximidades del OLT, podrá transferir su modo a DP, permitiendo así una recogida controlada del calabrote. Una vez dentro del círculo de seguridad, el calabrote es izado a bordo y las mangueras conectadas al manifold. Cada OLT dispone de un diagrama que muestra las peores condiciones meteorológicas bajo las que el buque puede operar con seguridad. Este diagrama, también recogerá el plan ESD (Emergency Shutdown and disconnection).

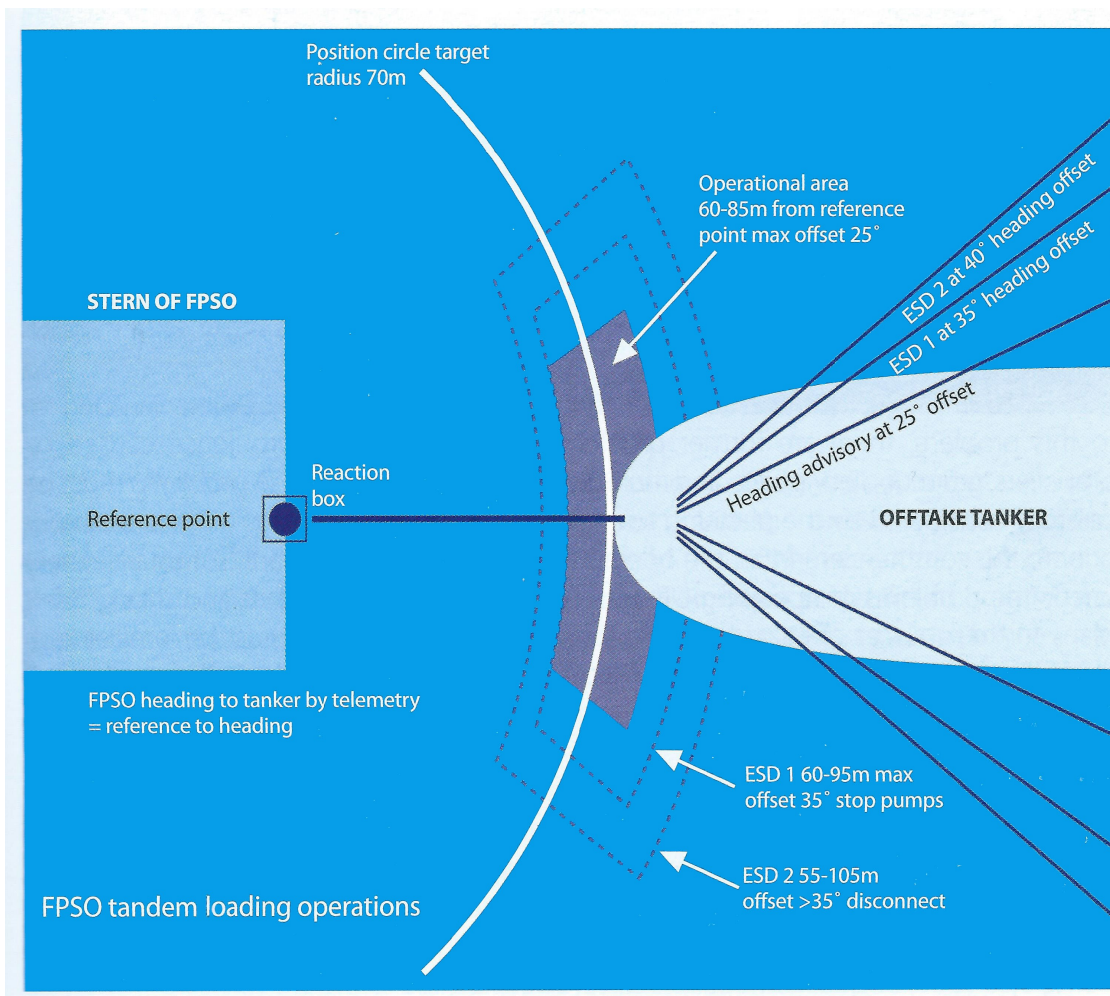
Una variación del modo en que se recibe la carga de una terminal offshore, es la **STL** (Submerged Turret Loading). Este sistema, consiste en una torreta de forma cónica que se encuentra flotando entre aguas, a la altura de la quilla del buque. A ella, están sujetas las mangueras de carga. En su parte superior tiene sujeta una línea mensajera. El petrolero, tiene un compartimento en el fondo del casco, diseñado para permitir el acoplamiento de la STL. La unidad STL es localizada en primer lugar, por su línea mensajera, y posteriormente acoplada al casco del buque haciendo uso de sus radiobalizas hidroacústicas.



Con ella bien situada sobre la zona de acoplamiento, el buque activa la función “weathervane”, para mantener su posición y rumbo respecto a la STL. En la actualidad, existen varias extracciones petrolíferas en la que se ha dispuesto este tipo de proceso de carga.

Otra variación en lo que se refiera a medios de carga, es la “FPSO tandem”. Una FPSO (Floating Production, Storage and Offtake unit) consiste en un buque diseñado para la extracción de petróleo y con capacidad para almacenarlo.

La FPSO necesita regularmente descargar a shuttle tankers, ya que su capacidad de almacenamiento es limitada. Estos petroleros, se posicionan en la popa de la FPSO y cargan a través de un manifold situado en su proa. El método de posicionamiento, es el mismo que el usado cuando se carga en OLTs y STLs. En este caso el procedimiento suele ser más complicado, ya que la FPSO suele moverse más rápido que la OTL o la STL, sometiendo al sistema DP a mayor actividad. Cuando se carga en una FPSO, los otros sistemas de referencia que suelen usarse son Artemis, sistemas láser y DGPS relativo (DARPS). Todos ellos, son PRSs relativos, puesto que el petrolero deberá situarse respecto a un punto de referencia móvil.



Aquellos sistemas DP configurados para cargar a FPSOs, incorporan una función llamada “Position box”, que representa por una parte un área imaginaria a popa de la FPSO, y por la otra, la proa del petrolero. En caso de que la proa del petrolero entre en el interior de la “Position box”, el sistema DP tendrá la capacidad para re-posicionar el petrolero en modo automático. Esta función, elimina la necesidad de que el DPO tenga que estar maniobrando manualmente, para mantener la distancia de seguridad respecto a la FPSO. Mientras el petrolero se encuentre fuera de la “Position box”, no será necesario que se realice grandes maniobras. Mientras permanezca fuera, lo único necesario es que el petrolero mantenga el mismo rumbo que la FPSO. Para ello, el rumbo deberá ser continuamente comunicado entre los equipos de ambos. El plan ESD (Emergency Shutdown and Disconnection) deberá contemplar la opción de que las naves se encuentren desalineadas en el momento de activación del plan de emergencia.

8.2 OPERACIONES CON ROVs Y BUZOS

Diversas actividades submarinas, requieren del uso de buques DP como principales plataformas de trabajo. Estas actividades, probablemente necesiten a su vez del uso de algún que otro ROV (Remotely Operated Vehicle), tractores submarinos, submarinistas, etc. A pesar de la gran precisión y funcionalidad de los ROVs modernos, el uso de submarinistas suele ser una de las opciones más efectivas.

Los buzos, pueden ser desplegados de diferentes modos. Hasta una profundidad de 50 metros, la técnica es conocida como “Air diving”, por ser la mezcla de gases respirables simplemente aire atmosférico comprimido. Los buzos pueden ser botados a la mar en una cesta de acero, en una campana húmeda, o una mini-campana. Cuando los submarinistas finalizan sus operaciones de trabajo, la campana o cesta es izada directamente a la superficie, y los buzos entran en una cámara hiperbárica, para que vuelva a la presión atmosférica de forma controlada. De esta forma, se tratan de evitar las enfermedades y accidentes relacionados con la descompresión y

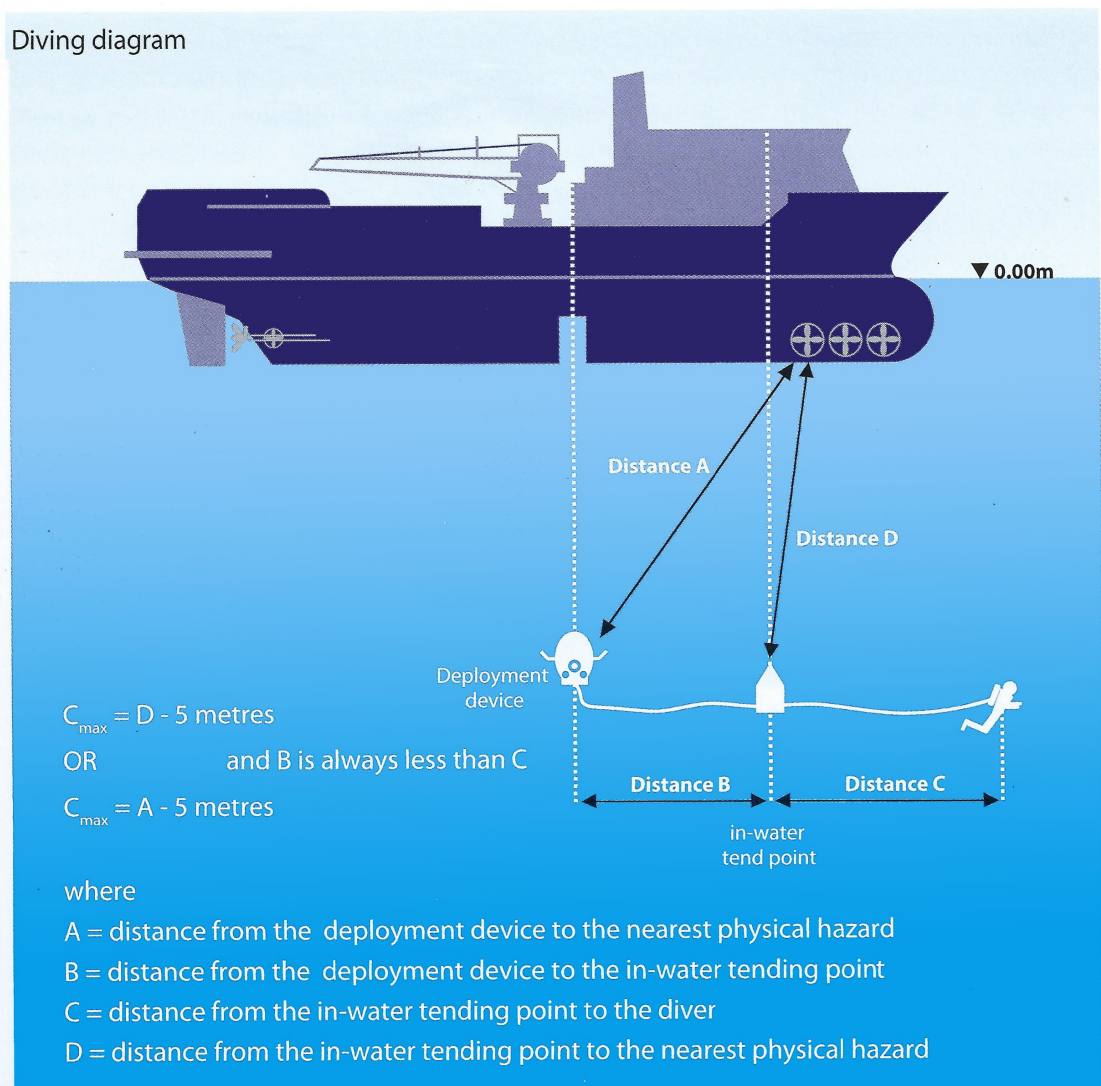
sus efectos.

En inmersiones de 0-50 metros, el submarinista se expone a una serie de peligros, uno de los más importantes su proximidad a las hélices y thrusters. Tanto los submarinistas como los ROVs, sufren el riesgo de ser succionados por los propulsores. Por otro lado, existen aún más riesgos relacionados con los propulsores, como son la aparición de turbulencias, reducción de la visibilidad e incremento de los niveles de ruido. Aguas poco profundas y fuertes corrientes de marea, es otro de los riesgos que comprometen considerablemente la seguridad de ROVs y submarinistas. Todos estos problemas, deberán ser reflejados en el plan operacional competente, y examinados en una evaluación de riesgos previa al comienzo de las operaciones.

Sin ninguna duda, el mayor riesgo al que se someten los submarinistas y equipos sumergibles, es la ingestión por parte de las hélices y thrusters. Para minimizar este riesgo de ingestión, los umbilicales se restringen en longitud. La distancia mínima de seguridad será superior a 5 metros. La longitud de los umbilicales, deberá ser determinada entre los oficiales de puente y el equipo humano de buceo, por mutuo acuerdo. Esta comprobación de seguridad formará parte de la checklist previa a operaciones de inmersión.

A partir de los 50 metros de profundidad, los submarinistas deberán usar una campana hiperbárica. Los buzos permanecerán sometidos a la presión de la profundidad de trabajo hasta 28 días, yendo y viniendo entre el lugar de trabajo y las campanas de descompresión. Los tiempos de descompresión, necesarios para inmersiones a grandes profundidades se cuentan en días y no en horas. La mezcla de gases respirables, se compone de helio y oxígeno en diferentes proporciones según la profundidad de la que se trate. La mezcla provoca en los buzos la conocida voz de pito.

A profundidades menores de 50 metros, es probable que los buzos sean desplegados con campanas hiperbáricas, ya que su uso implica un mayores niveles de seguridad.

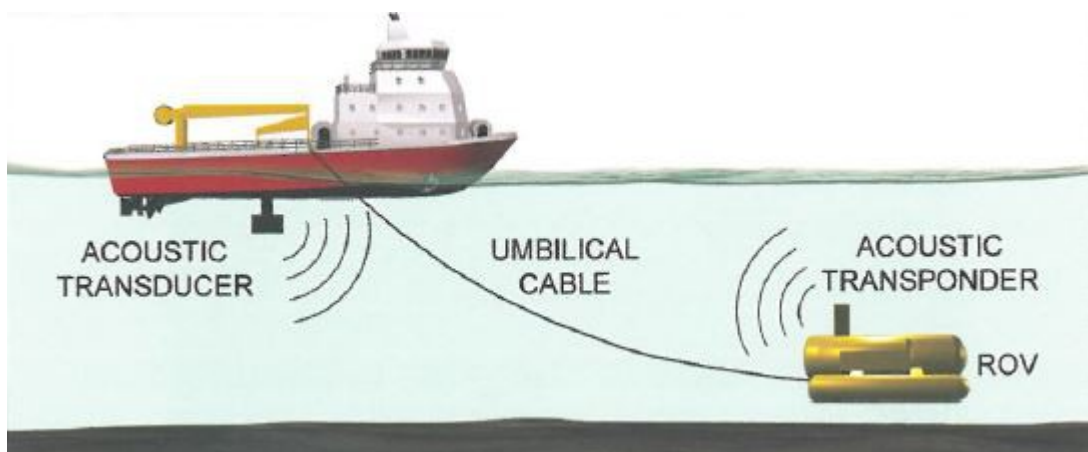


Los buzos pueden verse seriamente afectados por cualquier tipo problema que pueda padecer el barco, o sus sistemas de referencia de posición. La única forma que tienen los buzos para volver a la superficie, es previo paso por cámara hiperbárica. Si el buque sufre una pérdida en el control de la posición, y es desplazado de su situación, los buzos son arrastrados por sus cordones umbilicales, lo que podría propiciarles la muerte. Aunque este no es el único problema. Sus campanas hiperbáricas también serían desplazadas, por lo que el tiempo de retorno que necesitarían para volver a la campana podría verse aumentado. Por ello se exige que durante la realización de operaciones con buzos, la principal prioridad del buque sea no desplazarse de su posición, bajo ninguna circunstancia.

En profundidades mayores a 450 metros, la única manera de desplegar buzos es mediante la utilización de ADSs (Atmospheric Diving Suits). Estos dispositivos son trajes rígidos que contienen al submarinista a 1 atmósfera de presión. Un método alternativo de trabajo para estas profundidades, es el uso de ROVs adaptados para soportar grandes presiones.

Hace poco salió al mercado, una nueva tecnología denominada AUV (Autonomous Underwater Vehicle). Consiste en un ROV capaz de operar sin umbilical y bajo un ejercicio pre-programado. Su botadura y recuperación se produce desde una instalación del barco diseñada para ello.

Una de las ventajas que tiene el uso de ROVs frente al de submarinistas, es que los niveles de redundancia exigidos son considerablemente más bajos, al no existir ninguna vida humana en peligro. Sin embargo, debido al alto coste que tienen estos equipos, los buques suelen operar con Clase 2 para reducir el riesgo de que pudiesen ser dañados ante la posible pérdida del control de la posición.



8.3 ANCLEROS Y BUQUES DE APOYO A PLATAFORMAS

Últimamente, este tipo de buques se construyen con clase 2. En el pasado, solían construirse con clase 1, pero dado que son buques que realizan sus operaciones a muy corta distancia de plataformas y otros buques (con el inminente riesgo de colisión que ello implica), los clientes han empezado a demandar la clase 2. Los ancleros usan el sistema DP para un preciso tendido de las anclas en el lecho marino, mientras que los buques de apoyo (supply), lo hacen para mantener el buque en posición, durante las largas

maniobras de carga-descarga de mercancías a plataformas.

8.4 BUQUES CONSTRUCTORES Y GABARRAS-GRÚA

Un gran número de buques dedicados al levantamiento de cargas pesadas, se ha unido al uso del sistema DP en los últimos años, debido al incremento de posibilidades de maniobra que el equipo les aporta. El dejar de tener que fondear a 8 anclas para la buena sujeción del buque, ha reducido considerablemente los tiempos de maniobra y costes operacionales.

Estos buques son comúnmente usados en el mundo del offshore para instalación de elementos pesados en plataformas, teniendo alguno de ellos la capacidad de levantar piezas de más de 4000 toneladas de peso. Además de contribuir a la construcción de la plataformas, también contribuyen a su desmantelamiento, cuando el pozo petrolífero ha agotado sus reservas.

Dado que este tipo de buques realizan operaciones muy delicadas, en las que comprometen la seguridad de grandes instalaciones y su personal, se requiere la clase 3 para ellos.



8.5 PLATAFORMAS PERFORADORAS

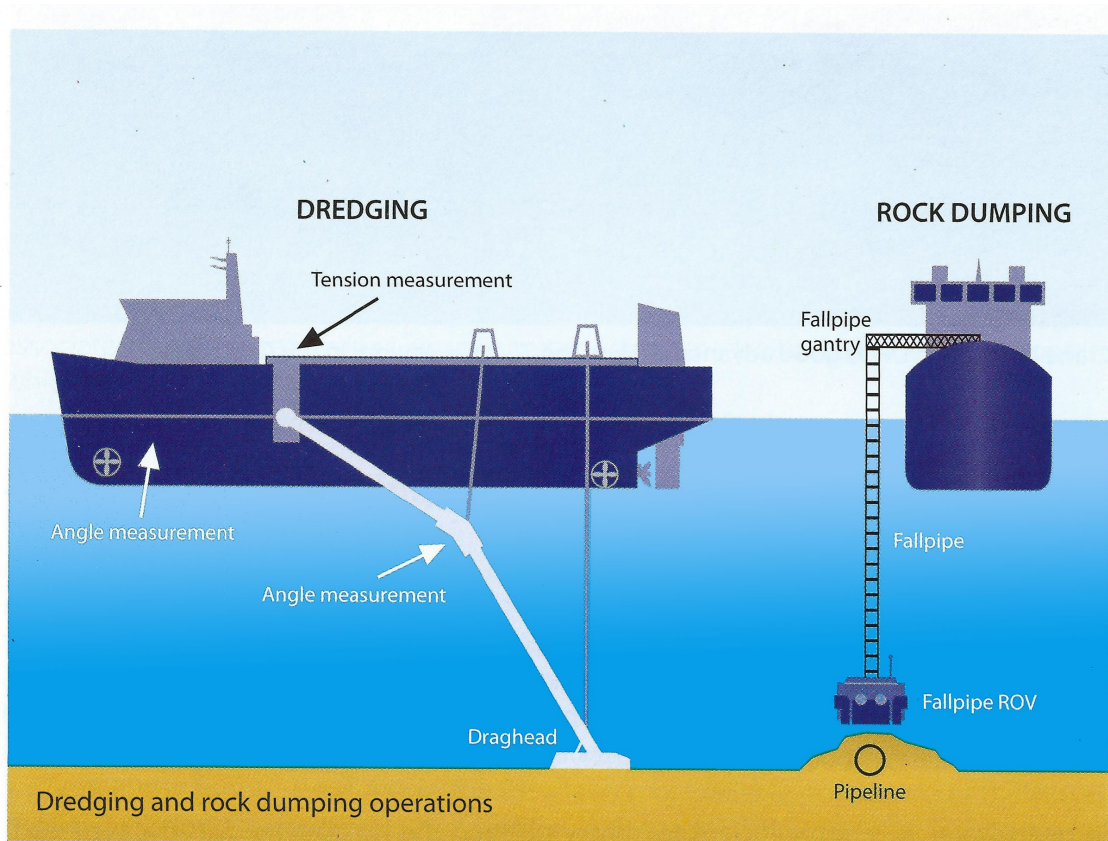
Con el paso del tiempo, se realizan perforaciones a profundidades cada vez mayores. Esta complejidad, obliga a las plataformas DP a desarrollar nuevas tecnologías de perforación, cada vez más sofisticadas (superando ya la barrera de los 3500 metros de profundidad). Muchas de las plataformas DP perforadoras, son del tipo semi-sumergible, o bien grandes naves monocasco.

En aguas profundas, no es suficiente con posicionar la plataforma perforadora sobre el pozo de extracción. Se deberán considerar muchos otros factores. Por ejemplo, habrá que compensar el efecto de las mareas sobre la plataforma. Y también, habrá que mantener en todo momento, lo más cercano posible a cero, el ángulo que forman el conjunto de dispositivos perforadores, con la boca del pozo sobre el lecho marino. Es muy importante que este ángulo sea el mínimo posible. Con una fuerte corriente de marea, la plataforma podría desplazarse, y este ángulo incrementarse. Para evitarlo, la plataforma o buque perforador, hará uso de su sistema DP, para contrarrestar todas esas fuerzas externas y re-posicionarse. Algunos de los buques perforadores mono-casco, tienen la capacidad de realizar 2 perforaciones simultaneas, por lo que tendríamos que vigilar el valor de 2 ángulos a la vez.

Las plataformas y buques perforadores DP empleados en este tipo de situaciones (perforaciones a grandes profundidades), usan DGPS duales y “Long base-line systems” como sistemas de referencia de posición. Esto se debe, a que no existen otro tipo de PRSs que resulten fiables a profundidades tan grandes.

8.6 DRAGADO Y RECUBRIMIENTOS CON GRAVA

Una gran variedad de buques diseñados para realizar operaciones de dragado, emplean sistemas DP como herramientas de trabajo. Ya sean operaciones de dragado en puerto, canales, o operaciones de agregación de materiales, las funciones del DP son altamente adecuadas para la realización de este tipo de tareas. Por ejemplo, una draga succionadora de sedimentos, podría estar siguiendo un track predeterminado por el DPO, sin tener que maniobrar manualmente. En este caso, la cabeza succionadora tendría acoplada algún tipo de PRS, para su seguimiento y control por parte del sistema DP. El cual estará configurado para recibir y compensar las fuerzas de la cabeza succionadora.



Algunos buques, integran un equipo para poder realizar operaciones de recubrimiento con rocas. El recubrimiento con grava o rocas, se utiliza como medio de protección para aquellos elementos instalados sobre el lecho marino y es un método alternativo a la apertura de zanjas. Suele usarse para el recubrimiento de oleoductos y gaseoductos submarinos, y para el recubrimiento de las estructuras que conforman la base de las plataformas: tratando así de reducir las erosiones del medio marino sobre estos elementos. Los buques diseñados para realizar los recubrimientos, suelen ser del tipo mini-bulk carriers con sistemas DP integrados, a los que se les ha instalado además, un equipo diseñado para descargar piedras sobre una tolva submarina. La tolva submarina, es en realidad un ROV que permite la deposición de grava/piedras con gran precisión. El buque cuenta con la función “autotrack”, la cual permite seguir de manera automática y controlada una derrota pre-configurada por el operador DP.

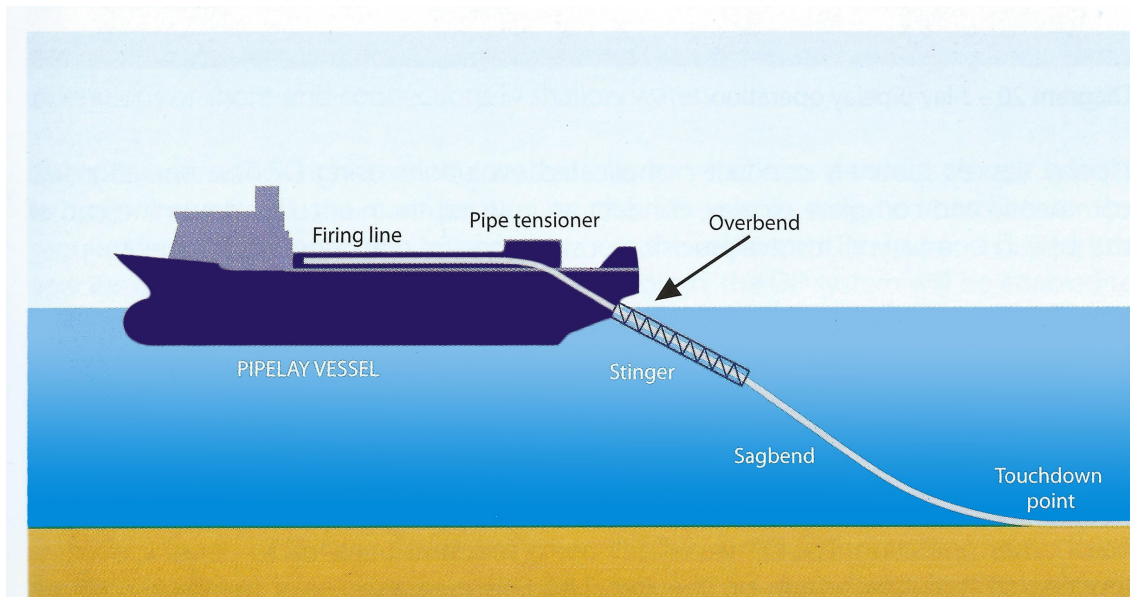
8.7 BUQUES TUBEROS. TENDIDO DE TUBERÍAS

El número de buques DP dedicados al tendido de tubería crece día a día. Al prescindir por completo del uso de anclas y amarras, este tipo de buques son capaces de tender tubería submarina de modo más rápido y eficiente, que las gabarras no DP diseñadas para el mismo fin.

Existen 3 métodos diferentes de instalar tubería submarina: “S-lay”, “Reel-lay” y “J-lay”.

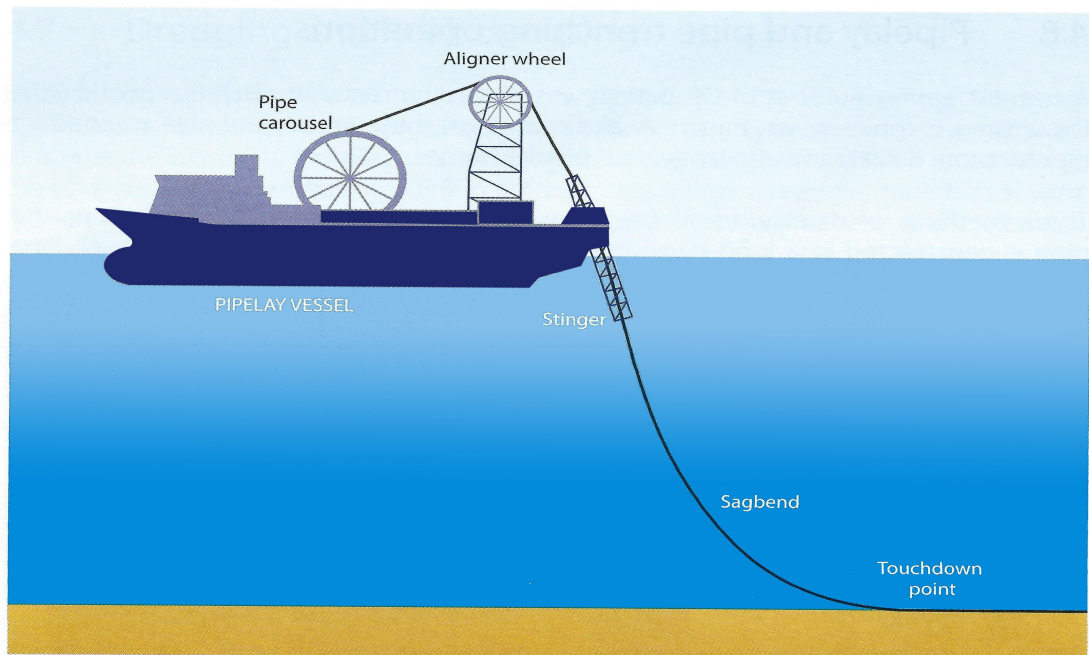
En el primer método, la tubería es ensamblada longitudinalmente en la cubierta del buque, en una planta de proceso llamada “línea de fuego”. Los tramos de tubería son generalmente de 12 metros, y son colocados sobre unos raíles, donde son soldados e inspeccionados. La tubería es botada por la popa, mediante un dispositivo controlador, que cuelga de ella con forma de aguijón (stinger). Este dispositivo, tiene instalados una serie de tensiómetros y sensores que informan continuamente al equipo DP sobre los esfuerzos y formas que está padeciendo la tubería. El “stinger” es, en realidad, una rampa muy robusta, encargada del soporte de la tubería, durante su camino desde la popa hasta unos cuantos metros de profundidad, zona “Overbend”. Una vez superado el recorrido por el stinger, la tubería queda sustentada por su propia tensión hasta llegar al punto de contacto con el lecho marino. La zona comprendida entre el extremo inferior del stinger y el punto de contacto (Touchdown point), se denomina “Sagbend zone” o zona de pandeo.

El sistema DP, deberá ser capaz de proporcionar al buque, un rumbo fijo, una tensión constante en la tubería, y movimientos exactos avante de 12 metros según demanda. Estos movimientos, suelen realizarse en general cada 4 minutos, aunque pueden realizarse en tiempos menores, si la tubería de la que se dispone es de tramos de 24 metros. La tensión que soporta la tubería es continuamente monitorizada por el equipo DP, el cual, tendrá la labor de mantenerla dentro de ciertos límites.



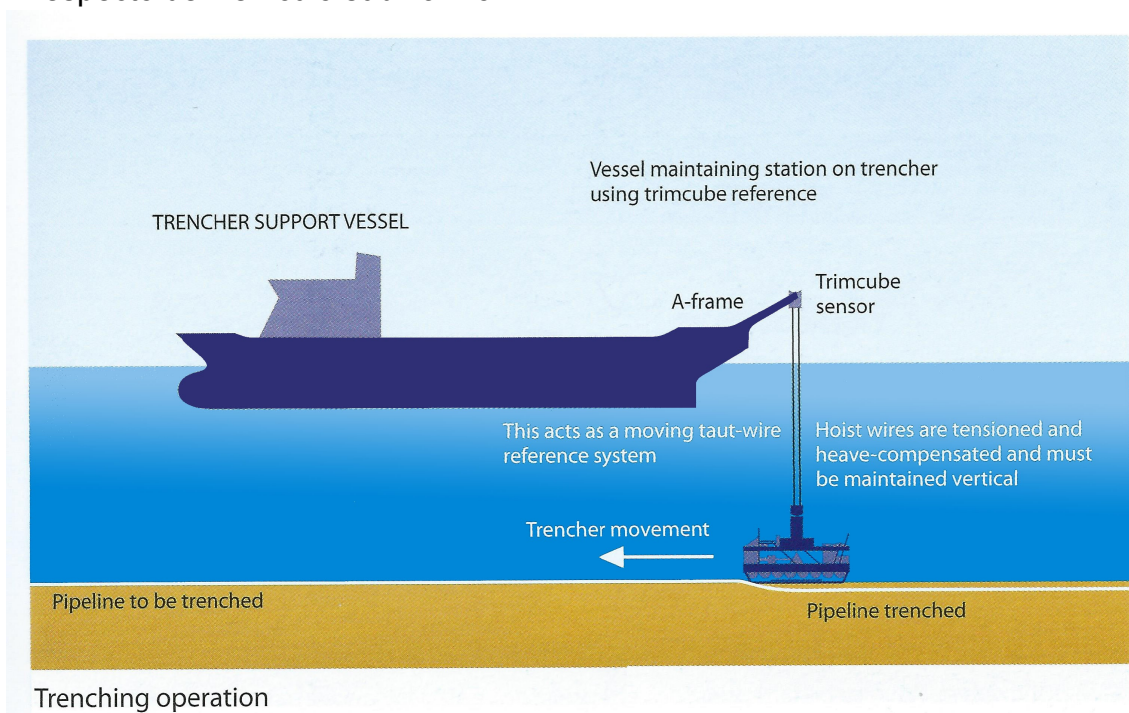
S-lay pipelay operation

En tendidos por método “Reel-lay”, la tubería es pre-fabricada y cargada en un carrusel vertical, a bordo del buque. La tubería pasa del carrusel a una torre de alineación, y desde allí se dirige al stinger. En aguas muy profundas, el único método válido es el “J-lay”. En este método, la tubería es montada casi en sentido vertical y en tramos de 3 empalmes. En este caso, el stinger se somete a grandes esfuerzos debido al gran peso que provoca la tubería. Todas estas tensiones y fuerzas, deben ser contabilizadas y consideradas por el sistema DP del barco, a efectos de capacidad.



J-lay pipelay operation

Los buques tuberos, a menudo realizan maniobras evolutivas complejas, haciendo uso del sistema DP. Desde el principio y hasta el final de la maniobra, todas las operaciones requieren de una gran precisión y atención. Una vez tendida la tubería, será necesario protegerla de posibles daños (corrosión, impactos, etc.), que pudiese padecer, en el lecho marino. Una solución, es enterrar la tubería en una zanja, mediante el uso de un vehículo-oruga submarino. Esta excavadora submarina, es desplegada por la popa de otro buque DP auxiliar. Su cometido es seguir la tubería a medida que va siendo tendida, para enterrarla en una zanja a la profundidad estipulada. Esto se consigue, mediante el uso de rejas de arado, que primero excavan, y luego cubren con el mismo material la tubería. El vehículo submarino, hace uso del propulsores water-jet para su posicionamiento y maniobras. Por otro lado, el sistema DP tiene adjunta una función denominada “Track-follow or Vehicle-follow function” que permite al buque mantener su posición relativa, respecto del vehículo submarino.



8.8 BUQUES CABLEROS. TENDIDO Y REPARACIÓN

Con la expansión de las redes de comunicación de fibra óptica, el tendido y reparaciones de este tipo de cableado ha crecido exponencialmente. La maniobra de tendido de fibra óptica, es especialmente compleja y requiere

de buques DP muy precisos, sofisticados y cuidadosos en sus operaciones. La fibra óptica tiene unas limitaciones de carga muy específicas (limitaciones en sus curvaturas, limitaciones al esfuerzo de tracción, etc); si durante su manipulación se superan, la fibra óptica puede resultar dañada. Las operaciones del tendido de cable son similares a las del tendido de tubería y del mismo modo, pueden requerir de buques auxiliares que dispongan de tractores submarinos, para proteger los cables en el interior de zanjas.



8.9 BUQUES FLOTELES Y DE SERVICIOS

Durante periodos de construcción, reconstrucción o reparación de instalaciones petroleras, surge una nueva variedad de necesidades. A veces, estas necesidades consisten simplemente en proporcionar acomodación al gran número de obreros involucrados en las operaciones. Pero en otros casos, las necesidades son más complejas.

Un flotel es simplemente un buque-hotel posicionado cerca de la plataforma, para proporcionar servicios de acomodación. El flotel puede conectarse a la plataforma mediante el despliegue de un complejo sistema a modo de pasarela que permite la circulación del personal. En el caso de condiciones meteorológicas adversas, el personal deberá ser transbordado mediante

helicóptero. Los floteles son una clase de buques DP semi-sumergibles, en los que la pasarela en sí misma, constituye un sistema de referencia de posición: una forma horizontal de Taut-Wire. Algunos floteles, pueden simplemente proporcionar acomodación, pero otros en cambio, han sido diseñados para proporcionar más servicios. Por ejemplo, algunos están capacitados para realizar operaciones con ROVs. También hay algunos que cuentan con talleres de reparación a bordo para colaborar con la plataforma en labores de mantenimiento. También hay floteles a los que se les ha equipado de robustas grúas, y otros a los que se les ha habilitado para desempeñar funciones de evacuación, extinción y atención sanitaria en el evento de una emergencia sobre la plataforma petrolera.

Un flotel puede adoptar una posición semi-permanente en los alrededores de una única plataforma, o bien puede prestar sus servicios a un grupo de ellas.



8.10 BUQUES DE PASAJE

Los grandes buques de pasaje han comenzado a disfrutar de las ventajas del sistema DP. Debido a la tendencia actual de construir buques de pasaje cada vez mayores, las maniobras de entrada y salida de puerto, se

complican día a día, requiriendo de un número mayor de remolcadores y amarradores. Es aquí, donde la economía operativa del buque, determina que es más barata la instalación de un sistema DP, que tener que asumir los innumerables gastos de servicios portuarios por remolque y amarre.

Por otro lado, con el uso del sistema DP, los tiempos de maniobra se reducen considerablemente, lo que permite la realización de rutas más atractivas para los viajeros. Además, el uso del DP permite la visita a zonas donde antes era inviable, por estar el fondeo restringido (corales; lechos marinos protegidos) y no existir diques disponibles para el atraque.



9. OTRAS APLICACIONES DEL EQUIPO DP

Existen otros tipos de buques que disponen del sistema DP, para el desarrollo de sus funciones. Por ejemplo, buques hidrográficos, buques oceanográficos, buques para tendido de boyas, y buques militares. Ya sea para el estudio del fondo marino, para la desactivación de minas explosivas, o por motivos balísticos, el DP les ofrece unas funciones muy atractivas a todos ellos. Por otro lado, y con la simple intención facilitar las maniobras, los equipos DP han comenzado a instalarse también en los yates de lujo.

Una inusual aplicación del DP, la encontramos en la plataforma "Sea Launch Odyssey". Esta plataforma está destinada al lanzamiento de vehículos espaciales. Es del tipo semi-sumergible, y es autopropulsada. Fue convertida a partir de una plataforma de perforación en 1997. La plataforma

es actualmente utilizada para realizar lanzamientos marítimos en el Pacífico ecuatorial.



Como vemos, la aplicación práctica del sistema DP, varía de unos buques a otros. Mientras unos lo necesitan para mantener la misma posición y rumbo, durante largos periodos de tiempo, otros requieren de su uso para ajustar continuamente su posición y rumbo por motivos operacionales. Algunos sistemas DP, pueden estar especialmente configurados para aquellas labores que se vayan a realizar: mientras a un buque perforador DP se le ha provisto de los elementos necesarios para monitorizar el ángulo de trabajo del riser, a un shuttle tanker se le ha provisto de funciones de auto-aproximación a la terminal de carga y funciones para la adopción del modo “weathervane”.

Independientemente de las funciones que contemple el equipo, y si serán necesarias o no, el operador DP deberá conocerlas una a una, con rigurosa exactitud. El estudio de los manuales del equipo es imprescindible. En caso de que un operador DP sea nuevo en un buque, deberá previamente familiarizarse con el equipo, sus particularidades, cadencias y funciones.

10. PLAN OPERACIONAL. GUARDIA DE MAR

El éxito de cualquier maniobra que involucre el uso del DP, depende de la rigurosidad con la que se haya elaborado el plan operacional. El plan debe ser discutido con el cliente, el cual deberá estar de acuerdo con todos los aspectos del mismo. Por otro lado, el plan incluirá una secuencia de eventos, con sus respectivos procedimientos de contingencia, para cada aspecto de la operación, que contemplen en cada caso la posibilidad del suceso de un fallo o emergencia. Cada paso de la operación, deberá al menos, permitir una ruta de escape posible, a pesar de la degradación de la clase del buque. La planificación deberá contemplar la aproximación al escenario de trabajo, y la puesta en marcha de las operaciones. Además, contemplará todas las subsecuentes maniobras y la posibilidad de escape eventual, del lugar de trabajo, en cualquier momento.

10.1 PREPARACIÓN DEL PLAN

A menudo, el buque DP simplemente supone una herramienta de trabajo para el DPO, y con la que el cliente puede llevar a cabo sus operaciones. El buque puede ser requerido para mantener una posición estática, o bien para llevar a cabo operaciones más complejas. El plan operacional, puede ser diseñado en formato papel, en los propios diagramas de trabajo proporcionados por el cliente, o puede ser diseñado haciendo uso de plataformas computarizadas. Independientemente de cual sea el medio de apoyo, es primordial comprobar que todos los datos estén actualizados y que resulten comprensivos para todo el personal involucrado.

A la hora de realizar los planes, los oficiales de puente y los DPOs deberán tener en mente una serie de factores. Como por ejemplo, las previsiones meteorológicas: ¿Se verá limitada alguna fase de la operación por condiciones meteorológicas adversas? ¿Proviene los pronósticos del tiempo de fuentes lo suficientemente fiables? ¿Se verá en algún momento el buque limitado por la fuerza de las corrientes? ¿Será el buque capaz de reaccionar ante posibles cambios en la dirección/intensidad del viento/mar/corrientes? ¿Se verá el buque en algún momento de la operación

restringido por su calado?

Otras consideraciones son: ¿Existen en la zona de trabajo estructuras fijas o móviles peligrosas para la integridad del barco o para la realización de sus operaciones? ¿Existen en el lecho marino algún tipo de estructura, elemento peligroso o que restrinja las operaciones de trabajo? ¿Existe algún otro factor que pueda afectar a la maniobrabilidad del buque o que corte sus rutas de escape? ¿Tiene el buque alguna limitación en cuanto a la provisión de energía disponible o algún tipo de limitación en la propulsión? ¿Existe alguna fuerza externa o interna que degrade la habilidad del buque para mantener su posición y rumbo?

¿Que nivel de Clase DP es necesario para la realización de las operaciones? ¿Cuál es la probabilidad de que el buque pierda su clase? ¿Existe algún tipo de problema que afecte a la redundancia del buque?

¿Hemos seleccionado los PRSs más adecuados para el tipo de operación que queremos realizar? ¿Cuál es la posibilidad de perder algún PRS? ¿Contamos con PRSs de respaldo de los que podamos disponer inmediatamente, en caso de que alguno de los que tenemos seleccionados falle?

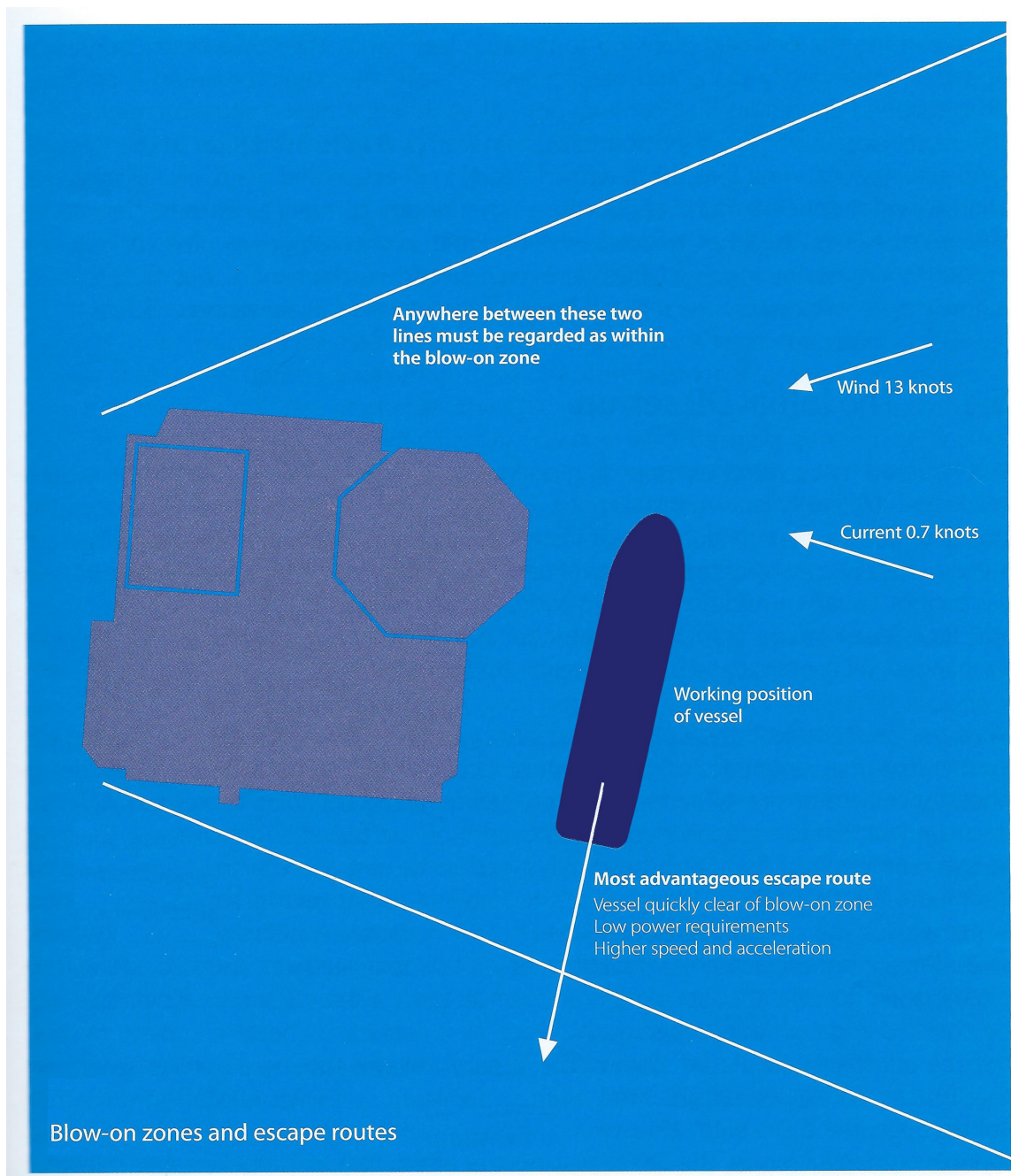
El plan operacional incluirá los permisos de trabajo necesarios y cumplirá en todo momento con los requisitos de prevención y seguridad estipulados por el cliente. Antes del comienzo de cada operación, es posible que el cliente requiera en primer lugar, la realización de las operaciones en modo “DP trial”. También comprobaremos que todos los equipos involucrados en las operaciones cumplen con los requisitos de la clase en la que se deban realizar las operaciones. Por último, el plan clarificará si contamos o no con generadores o unidades de energía adicionales.

10.2 PLAN DE CONTINGENCIA Y RUTAS DE ESCAPE

Un principio básico que debemos tener siempre en cuenta a la hora de realizar operaciones con DP es: “Un operador DP, nunca empujará al buque a una situación de la que no pueda salir bajo degradación de su clase”. La degradación de clase significa que el buque sufre un “worst case switchboard failure”, es decir, la pérdida de la mitad de las barras de potencia o propulsores. En la práctica, esto significa que el DPO, nunca dirigirá el buque a una situación en la que no haya previsto previamente su escape.

El plan de contingencia, es en realidad un conjunto de respuestas ante una serie de preguntas que comienzan por: ¿Que sucedería si...? En cualquier momento de las operaciones, el plan de contingencia simplemente aportará la ruta de escape posible y que requiera del mínimo uso de energía o empuje. El DPO tendrá que tener en todo momento localizadas, las zonas peligrosas de deriva (Blow-on zones).

Una vez que el buque se encuentra en la posición de trabajo y listo para comenzar operaciones, el DPO deberá re-confirmar las rutas de escape. Si el buque se encuentra realizando operaciones a lo largo del costado de la plataforma, las rutas de escape preferibles serán aquellas que impliquen un desplazamiento del buque hacia proa o popa. Se intentarán evitar los movimientos laterales; siempre implican un mayor uso de energía y empuje, para lograr una menor velocidad y aceleración. Además, es posible que el buque tuviese que realizar el escape bajo limitadas condiciones de energía y empuje. Por otra parte, el DPO siempre tendrá que contemplar la posibilidad de que el buque sufra un blackout total. Por lo que siempre intentará posicionar al buque de modo que en el evento de un blackout, el buque quede en una situación de deriva clara de la plataforma, tan rápido como sea posible.



La ruta de escape deberá mantenerse libre de obstáculos en todo momento. Si cualquier otro buque se sitúa sobre ella, deberemos re-evaluar la situación. El operador DP, deberá tener una buena visión de la ruta de escape. Esto significa que si las consolas DP están colocadas a popa del puente de navegación, como en la mayoría de los buques off-shore, la ruta de escape ideal, sería aquella que implicase un movimiento del buque hacia popa. De todas formas, trataremos siempre de evitar aquellas rutas de escape que impliquen un desplazamiento en contra de las fuerzas

medioambientales. En el caso de sufrir un blackout total durante una maniobra de escape en contra del viento o mar, el buque derivaría directamente hacia la zona de peligro.

Los oficiales de puente, deberán estar preparados para hacer cambios en el plan de contingencia en cualquier momento, si ello fuese necesario. A menudo, las operaciones con DP se realizan en escenarios muy dinámicos, con cambios de las condiciones meteorológicas muy rápidos y bruscos. De este modo, es normal que un buen plan de contingencia, se vuelva inservible en cuestión de minutos. El DPO deberá continuamente re-evaluar el plan de contingencia y las rutas de escape, para adaptarlas a las nuevas condiciones medioambientales reinantes. Si no es capaz de proveer nuevas rutas alternativas, ni planes de contingencia viables, deberá suspender las operaciones de trabajo. Debemos tener siempre en cuenta cambios inesperados en las previsiones meteorológicas. El DPO deberá ser capaz de reaccionar a tiempo, para conducir de manera segura el transcurso de la operación, posicionando continuamente el buque en escenarios seguros.

10.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DP PREVIO AL COMIENZO DE OPERACIONES

Supongamos que un buque se dirige a un yacimiento petrolífero, donde realizará cualquier tipo de trabajo en las cercanías de una estructura fija. El primer paso, suele ser la transferencia del buque de modo navegación a modo DP. El cambio entre modos, suele realizarse fuera de los 500 metros de la zona de exclusión. Antes de la entrada en la zona de exclusión, deberemos tomar contacto con el control de la instalación petrolífera para informarles de nuestra ETA y del resto de información relevante, aprovechando el momento para solicitar los permisos de trabajo pertinentes.

Con el buque fuera de los 500m de zona de exclusión, el control de los mandos debe ser transferido de la consola de navegación, a la consola DP. Esto en la mayoría de los buques, implica que además, tendremos que

trasladarnos de las consolas de proa (navegación) a las consolas de popa (DP). Con la ayuda de la checklist, verificaremos que todos los equipos están correctamente arrancados y configurados para la nueva localización de mando. Es de vital importancia que todas las hélices y thrusters sean probados desde la nueva localización de control. Por otro lado, todos los equipos de comunicación también deberán ser probados desde allí. Y se comprobará que todos los PRS se muestran como “disponibles”, incluyendo aquellos que hemos dejado de respaldo (back-up). Normalmente, el primer PRS en ser seleccionado es el DGPS, por lo que será el primero en ser comprobado y confirmado operativo. Una vez que se hayan chequeados todos los dispositivos, pasaremos el control a modo DP. Para ello, generalmente tendremos que girar un seleccionador en panel de propulsores.

Con el buque ya en modo DP, el operador deberá coger el control en modo joystick y re-confirmar el buen funcionamiento de todos los propulsores, observando que cada uno de ellos responde correctamente a sus movimientos. Una vez probados todos los propulsores, y con el primer PRS disponible y aceptado en el sistema DP (DGPS), estaremos en disposición de transferir el control del buque a modo “Full-DP”. En ese momento, estaríamos en disposición de poder acabar de completar la check-list.

En caso de que el buque esté siendo fletado, es muy probable que el cliente solicite un “DP trial”. Donde todas las funciones, facilidades y dispositivos periféricos son probados y examinados. Una vez se haya superado satisfactoriamente el “DP trial”, sin ningún tipo de deficiencia encontrada en el sistema, el buque se encuentra en disposición de comenzar operaciones. En ese momento, el buque pedirá permiso para proceder con la entrada a la zona de exclusión. Obtenido el permiso, se registrará en el cuaderno de bitácora. El buque podrá en ese momento aproximarse al lugar de trabajo.

10.4 APROXIMACIÓN A LA ZONA DE TRABAJO

Una vez superada la barrera de los 500 metros, suele ser conveniente pilotar el buque en modo joystick, hasta unos 200 metros de su posición final de trabajo. En ese punto (a los 200m), podremos pasar de nuevo, el gobierno del buque a “full automatic DP control”. A continuación, podremos proceder con el siguiente paso de la operación: activar un segundo PRS.

Con el segundo PRS activado y aún a los 200 metros de la posición final, deberemos realizar nuevas comprobaciones. El DPO comprobará la habilidad del sistema para mantener el rumbo y la posición del buque. En caso de condiciones meteorológicas adversas: ¿Le cuesta al buque mantener su posición y rumbo? ¿Se encuentran los propulsores y los generadores operando dentro de los límites de carga? O por el contrario, ¿sus barras de rendimiento se vuelven de vez en cuando de color rojo? El capitán del buque, junto con el DPO deberá tomar en este punto, la decisión de proseguir con las operaciones o abortarlas. Si surge la necesidad de tener que abortar las operaciones, el cliente deberá ser informado de esa toma de decisiones y sus motivos.

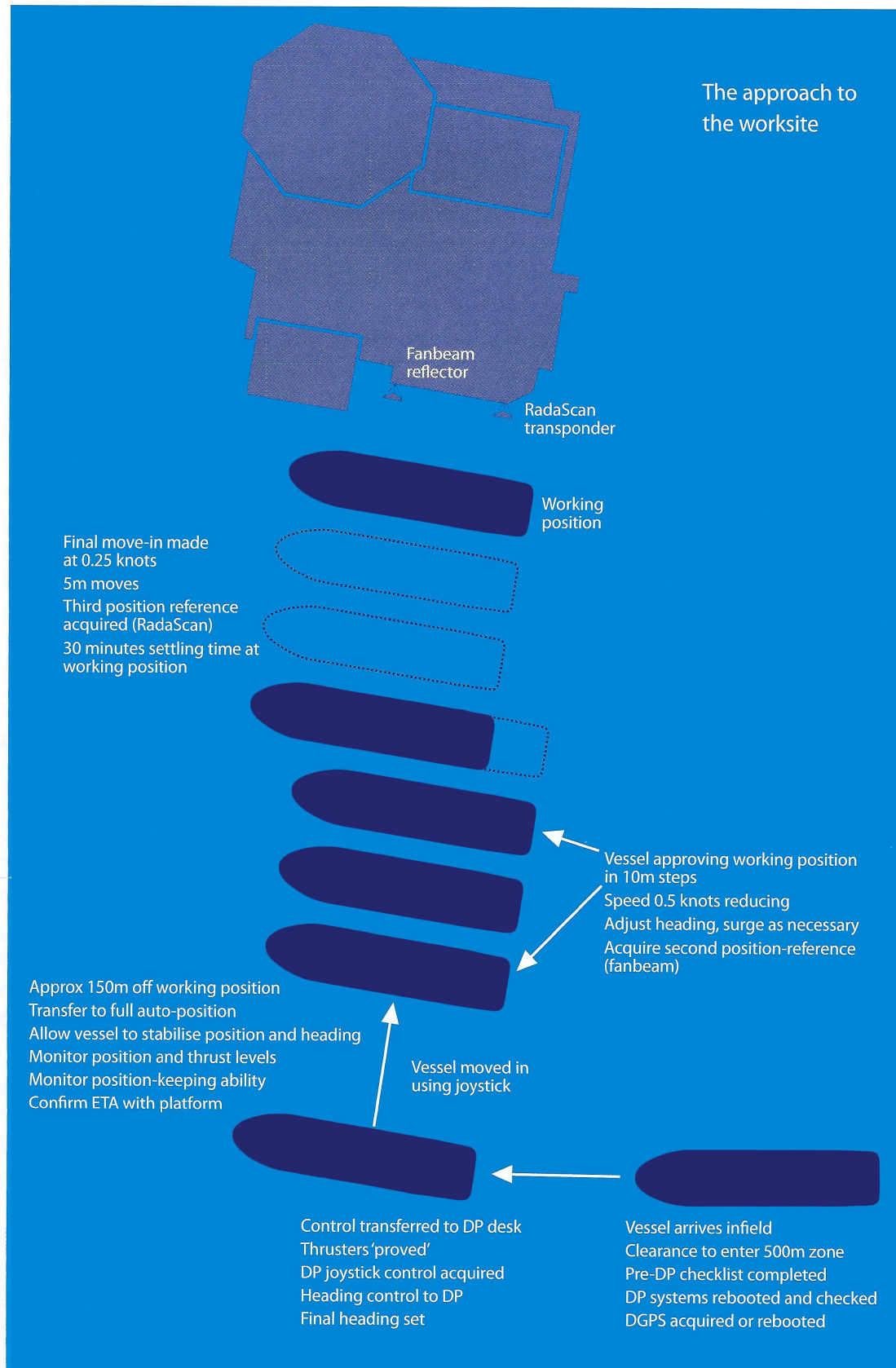
Asumiendo que la decisión es continuar con la maniobra de aproximación, tendremos que volver a contactar con el control de la plataforma, para comunicarles de nuevo el ETA ,en el que estimamos el comienzo de nuestras operaciones. Finalizadas las comunicaciones, podremos proseguir con la maniobra de aproximación, paso a paso. Primero hasta los 20 metros, luego hasta los 10 metros, 5 metros y finalmente hasta estar sobre la posición final. La velocidad de aproximación, será cada vez menor a medida que nos vayamos acercando al punto final se posición. Entre los 200 y los 50 metros una velocidad de 0.5 o 1 nudo es aceptable. Dentro ya de los 50 metros, la velocidad debería reducirse hasta los 0.3 o 0.2 nudos. Por otra parte, entre los 100 y 50 metros, deberemos activar también un tercer PRS (Clases 2 y 3).

El tercer PRS, podría ser un sistema de referencia acústico, un sistema de referencia microondas de corto alcance, un sistema de referencia láser, o el sistema Taut Wire. Con 3 PRS ya activos y funcionando correctamente, nos encontramos finalmente en disposición de realizar el último paso de aproximación hasta la situación final.

Una vez posicionados en la situación final, deberemos permitir que, durante 30 minutos, el buque se asiente a esa situación (recordemos el concepto de “Mathematical model”). El objetivo, es facilitarle al modelo matemático la configuración para su estado óptimo (medición de todas la variables meteorológicas reinantes para un escenario dado y la óptima configuración de propulsores, para un eficaz control de la posición).

Transcurrido el periodo de tiempo, el capitán y el operador DP, deberán asegurar que el equipo DP es capaz de mantener su rumbo y situación de manera eficaz y confortable, y sin excursiones indebidas. Los parámetros energéticos y de propulsión deberán mantenerse siempre entre niveles aceptables de carga y conforme a los requisitos de redundancia a su clase.

Las rutas de escape serán de nuevo re-afirmadas y todos los equipos de comunicación revisados. Todas las “pre-operational checklists” deberán ser completadas y firmadas por el personal pertinente.



10.5 GUARDIAS DE PUENTE Y COMUNICACIONES

Todas las operaciones DP son diferentes. Algunas maniobras consisten en mantener la situación del buque de forma continuada durante días o incluso meses (buques perforadores, floteles), mientras otros están continuamente maniobrando para poder cumplir con el cometido de su objetivo. Al ser la naturaleza de las misiones diferente, cada plan operacional deberá ser discutido y valorado de manera independiente, satisfaciendo los requisitos del cliente.

Una vez que se ha dado la luz verde para el comienzo de las operaciones, todo el personal de puente involucrado, deberá estar en alerta ante cualquier posible cambio significativo, que pueda afectar de manera directa o indirecta, al desarrollo de las operaciones. A partir de ese momento e independientemente del tipo de operación, el plan de contingencia siempre proporcionará una ruta de escape segura en caso de emergencia.

En el caso de algunos buques DP no redundantes, es posible que cuando se lleven a cabo operaciones en DP, se permita que un único DPO las dirija. Sin embargo, la mayoría de operaciones DP, son efectuadas con 2 operadores. Es de gran importancia para la seguridad del buque, y para el éxito de sus operaciones, que cuando se lleven a cabo operaciones DP con 2 DPOs, uno de ellos maneje exclusivamente la consola DP, mientras el otro atiende al resto de labores de guardia de puente. Además, deberán rotar sus posiciones cada hora. La idea es mantener siempre frescos a los operadores y sin ningún tipo de distracción que perturbe el estado de concentración del DPO encargado de manejar la consola DP. Cuando haya de producirse el cambio de guardia, los operadores DP se pasarán el relevo, donde los que se van, informarán a los que entran de la situación del buque y las operaciones. A continuación, se muestra una lista con la información que se deberán pasar unos a otros, en los cambios de guardia (la lista contendrá pero no se limitará a):

- Posición y rumbo del buque.
- Estado y rendimiento del sistema DP y sus equipos periféricos.

- Detalles y rendimiento de los PRSs. En caso de que alguno haya fallado, disponibilidad de otros PRSs.
- Nivel de redundancia.
- Situación actual de la operación. Cambios programados en el desarrollo de las maniobras.
- Detalles y estado del progreso de cualquier proceso operativo. Por ejemplo, si es un buque de apoyo para el desarrollo de operaciones submarinas, se informará del estado, posición, y profundidad de la campana de inmersión, del número de submarinistas bajo la superficie, la longitud de los umbilicales, la hora a la que se espera que los buzos regresen, etc.
- Previsiones meteorológicas y partes del tiempo.
- Comunicaciones internas y externas.
- Tráfico en el aérea. Cualquier movimiento planeado de otro buque que afecte al desarrollo de nuestras operaciones.
- Cualquier maniobra planeada con helicópteros.

Por supuesto, la enumeración anterior es sólo una sugerencia. Cualquier cambio de guardia, incluirá lo expuesto y más.

Una de los tópicos considerados en la lista, y de vital importancia, es todo lo que concierne al tema de las comunicaciones. En un típico buque offshore de apoyo, es muy probable que un pequeño grupo de técnicos y supervisores cualificados, ajenos al buque o al puente, se encarguen de dirigir el proceso operativo en tiempo real, según las necesidades del cliente. Por eso, la necesidad de que el equipo humano del puente de gobierno, esté totalmente informado de los cambios en los planes de la operación por parte del equipo directivo, para que cualquier paso o cambio pueda ser conocido, discutido y aceptado por parte del personal de puente. Es de gran importancia, que la comunicación con el representante a bordo del cliente, sea fluida.

Todos los medios, equipos y líneas de comunicación de abordó, deberán estar en todo momento operativos y su funcionamiento será comprobado regularmente. Todos los equipos de comunicación estarán perfectamente identificados y se dispondrá de una lista con los canales de trabajo e identificativos de llamada. Esta lista, se exhibirá en el puente para una rápida visualización. También se dispondrán varias copias en diferentes zonas estratégicas del buque. En cuanto a los equipos de comunicación interna, se prestará especial atención al manual provisto por su fabricante, con el fin de evitar interferencias o malas prácticas que desemboquen en el establecimiento de comunicaciones pobres o de poca calidad.

10.6 CHECKLISTS

En relación a las operaciones con DP, se dispone de gran cantidad y variedad de checklists. Su intención no es otra que la de resultar de ayuda para la memoria de los operadores DP. Y aunque son un complemento importante para la seguridad, existen diversos riesgos inherentes a su uso, especialmente si su diseño es pobre. A continuación, expondremos algunos de los riesgos a los que nos exponemos cuando hacemos uso de las checklists:

- A menudo las listas de comprobaciones son completadas con prisa, sin pararnos demasiado a pensar en lo que estamos haciendo en cada paso.
- Es posible incluso, que la lista reemplace a nuestro pensamiento. Debemos recordar que la checklist simplemente debe ser una ayuda a modo de recordatorio.
- Cabe la posibilidad de que comprobaciones importantes no se incluyan en la lista. Esto ocurre en los casos en los que checklists estandarizadas son incorporadas a bordo de buques sin ser adaptadas a cada caso en particular. Probablemente, cuando un apartado no se incluye en la lista, lo que ocurra es que no se compruebe, asumiendo los riesgos que esta mala praxis pueda

llegar a ocasionar.

- Las checklists deberían ser regularmente revisadas en cada ejercicio de seguridad que se lleve a cabo a bordo. Esto es especialmente importante después de que el buque haya sufrido cualquier tipo de reparación o modificación, o en el caso de que se hayan instalado nuevos equipos a bordo. Las modificaciones que hayan de tener lugar, serán discutidas, revisadas y aceptadas por el personal implicado en las operaciones DP.

A menudo, las listas de comprobaciones son documentos que se encuentran bajo regulación de la empresa armadora, por lo que cualquier modificación deberá realizarse bajo el correcto procedimiento asignado. Cualquier cambio no autorizado constituirá una disconformidad con los estatutos y reglamentos de la compañía.

- A menudo, existe una ambigüedad en cuanto al propósito de la lista. Es posible que poner un “tick” en Gyro 1, no signifique mucho. Dejando abierto un gran abanico de posibilidades de fallo.
- Las listas de comprobaciones deberán ser cubiertas por dos personas. Una de ellas se encargará de cubrirla, después de que la otra haya dado el visto bueno a cada uno de los equipos.
- No se deberán incluir en la lista apartados frívolos ni innecesarios. Si se hace, es probable que la lista pierda credibilidad.

MSV NONSUCH

DP SETUP/WATCH HANDOVER CHECKLIST

PROJECT		DATE		TIME		LOCATION																													
ENVIRONMENTAL CONDITIONS						COMMUNICATIONS																													
WIND direction/speed		°		knots		Deck		VHF		UHF		Tel																							
CURRENT direction/speed		°		knots		Survey																													
WAVE direction/height		°		metres		Installations																													
SWELL direction/height		°		metres		Vessels																													
DP GENERAL																																			
Operator Station in command		OS1 ☐		OS2 ☐		Position limits set		warning		m		alarm		m																					
Active alarms		Yes ☐		No ☐		Heading limits set		warning		°		alarm		°																					
DP heading		°				Cross Track limits set		warning		m		alarm		m																					
Centre of rotation						DP heading strategy		Operator ☐		System ☐																									
Processors re-booted		Yes ☐		No ☐		DP Rate of Turn								°/min																					
DP Class setting		1 ☐		2 ☐		DP Speed setting								knots																					
Gain setting		Low ☐		Med ☐		High ☐		Relaxed Gain/Green DP		set: ☐		limits:		m																					
DP SENSORS																																			
GYRO		1		2		3		MRU		1		2		3																					
Running		☐		☐		☐		Running		☐		☐		☐																					
Enabled		☐		☐		☐		Enabled		☐		☐		☐																					
Selected		☐		☐		☐		Selected		☐		☐		☐																					
REFERENCE SYSTEMS																																			
Reference Origin		DGPS 1 ☐		DGPS 2 ☐		HPR1 ☐		HPR2 ☐		TW port ☐		TW stbd ☐		Fanbeam ☐		RADius ☐		Artemis ☐																	
PRS in use		DGPS 1 ☐		DGPS 2 ☐		HPR1 ☐		HPR2 ☐		TW port ☐		TW stbd ☐		Fanbeam ☐		RADius ☐		Artemis ☐																	
PRS available		DGPS 1 ☐		DGPS 2 ☐		HPR1 ☐		HPR2 ☐		TW port ☐		TW stbd ☐		Fanbeam ☐		RADius ☐		Artemis ☐																	
DGPS						HiPAP/HRP																													
No Satellites:						Port pole Up/Down ☐						Stbd pole Up/Down ☐																							
HDOP:						Transponders						Location						Type																	
IMCA DQI						Sea floor																													
Diff signals:						Stable ☐						Unstable ☐						Sea floor																	
FANBEAM						Deployed: Yes ☐						No ☐						TAUT WIRES						Port						Starboard					
Target: Location		Range		m		Brg		°		Deployed		Yes ☐		No ☐		Yes ☐		No ☐		Wire length		m													
RADIUS		Deployed: Yes ☐		No ☐		Target: RefNo:		Range		m		Brg		°		Air pressure																			
ARTEMIS		Deployed: Yes ☐		No ☐		Target: Ad code:		Range		m		Brg		°		Oil Pressure																			
NAVIGATION		Position Format:		CartX/Y ☐		Datum:				UTM: Zone No		Hemisphere:		Geographic:		Nav lights/shapes displayed:		Yes ☐		No ☐															
GENERATOR STATUS						THRUSTER STATUS						Running						Enabled						Non-available											
No 1		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Bow Tunnel No 1																											
No 2		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Bow Tunnel No 2																											
No 3		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Bow Az No 3																											
No 4		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Stern Az Stbd No 4																											
No 5		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Stern Az Port No 5																											
No 6		Running ☐		Available ☐		Non-available ☐		Stbd Prop No 6																											
Bus Tie switches		Open ☐		Closed ☐		Port Prop No 7																													
Bow Az Thr connected to:		Bus1 ☐		Bus2 ☐		Stbd Rudder																													
Thruster mode: Variable ☐		Fix ☐		Env Fix ☐		Port Rudder																													
Escape routes planned:		Yes ☐		No ☐		Permit to work filed:		Yes ☐		No ☐																									
SIGNED						Senior DPO						Master																							

10.7 ÓRDENES PERMANENTES Y REGISTRO DE OPERACIONES

En cualquier buque deberá existir un procedimiento de actuación para las guardias de puente, independientemente de si el buque está o no operando en modo DP. Las ordenes del capitán recogerán cualquiera de los modos operativos en los que se encuentre el barco. Estas órdenes, cumplirán a su vez con las políticas de procedimiento de actuación la compañía, en lo que se refiere a los tipos de conducta que el personal debe adoptar en las guardias con DP. El entendimiento deberá ser claro entre las diferentes cadenas de mando. Esto cobra especial importancia cuando hay más de un oficial de guardia, en el puente, al mando. A menudo las guardias en DP, son llevadas a cabo por dos DPOs, uno de los cuales es el operador senior. En modo DP, uno de ellos solo deberá atender a la consola DP, sin tomar partido en ninguna otra tarea. Las ordenes del capitán deberán especificar el modo de actuación ante cualquier conflicto que pueda surgir durante las operaciones, y señalarán en que casos el capitán será avisado para que tome partido en ellas. Es posible que en algunos buques, el capitán sea también uno de los DPOs, y suele ser a menudo cubierto por su homologo “de noche” en sus horas de descanso. La cadena de mando, deberá estar en cualquier caso perfectamente estipulada, entendida y aceptada.

Por otro lado, el buque contará con un comprensivo manual para operaciones DP, el cual resulta ser un documento oficial de la compañía. Este manual, se acompaña a su vez de otros manuales proporcionados por el cliente donde se especifican los procedimientos para la realización de las tareas contratadas. Todos los manuales deberán ser entendidos y tomados muy en consideración por parte del personal implicado en las operaciones. Los manuales tendrán que ser claros y contemplarán las posibilidades en las que las operaciones de trabajo tengan que ser suspendidas debido a condiciones meteorológicas adversas o cualquier otro riesgo operacional. Estas posibilidades deberán ser entendidas y aceptadas por parte del cliente.

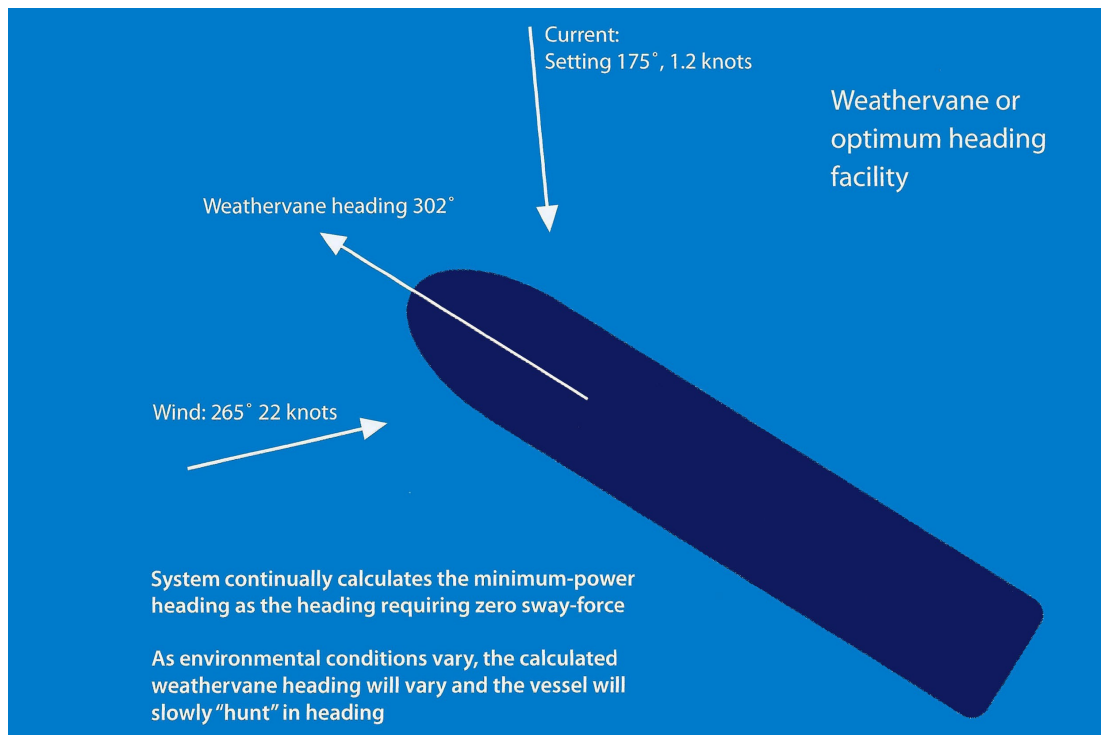
Se deberá tomar registro de la evolución de las tareas de trabajo en modo DP. Para ello, existe un documento a bordo, específico para su registro, donde se incluirán todos los detalles que surjan durante el transcurso de las operaciones realizadas con DP: sistemas de referencia usados, fallos, situaciones, horas, etc. En general, se incluirá cualquier detalle relevante durante el transcurso de la operaciones.

Este documento de registro, cuenta con apartados específicos para cada PRS, donde se reflejarán los fallos en su funcionamiento. El libro de registro DP, es de especial utilidad para nuevos operadores que se incorporen a tripulación del barco (donde pueden observar el comportamiento de los equipos). También resulta útil si el buque se encuentra trabajando durante un largo periodo de tiempo en una misma zona de trabajo, pudiendo quitar conclusiones.

11. FUNCIONES DEL SISTEMA DP

La principal función del equipo, es permitir al buque mantener una posición geográfica y un rumbo fijos; y por supuesto, permitir cambios de rumbo y posición, de un modo controlado. Para cuyo fin, se proporciona al DPO de una serie de facilidades, para la selección de una nueva situación. Por ejemplo, mediante demora y distancia, o mediante la introducción de coordenadas de posición, en latitud/longitud o UTM Northings/Eastings. El sistema permite además seleccionar la velocidad del buque y la velocidad de caída de la proa a una u otra banda (rate of turn) para esa navegación.

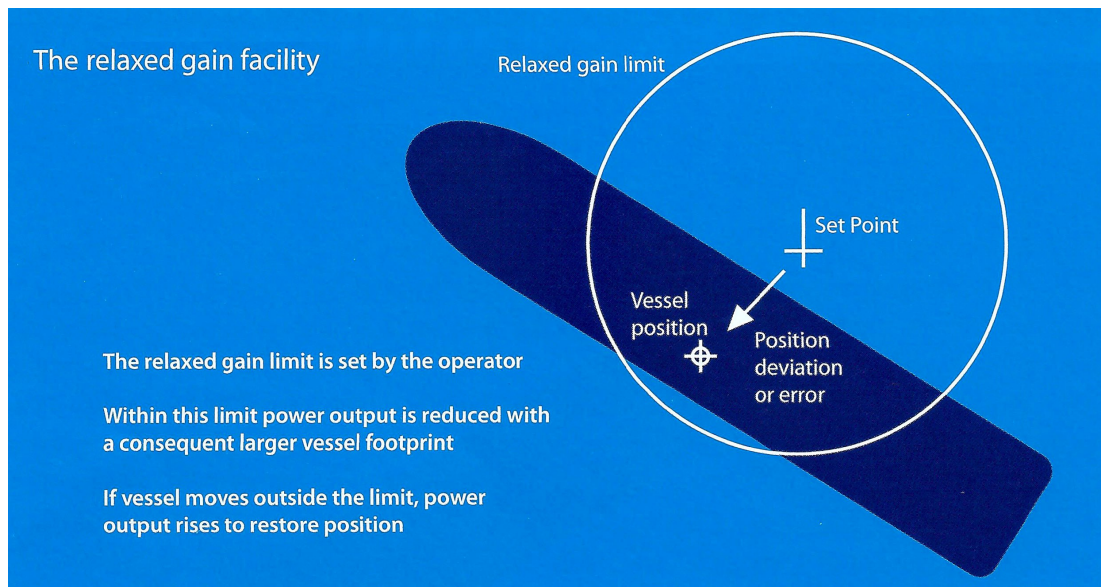
El sistema ofrece otra posibilidad respecto del rumbo: la selección del rumbo óptimo (weathervane function). Con esta función, el buque adopta continuamente el rumbo que menos consumo de energía le supone, según las condiciones de viento, y mar reinantes. Esta función puede resultar muy útil en algunos casos.



11.1 GANANCIA DEL SISTEMA

La ganancia en términos DP, es la relación existente entre el mantenimiento de la posición geográfica del buque y la energía usada para conseguirlo. En otras palabras, es la energía invertida por el buque en el mantenimiento de su posición. La mayoría de los sistemas DP, tienen 3 modos de ganancia: baja, media y alta. En general, una ganancia baja, se usa en condiciones de mar y viento tranquilas, y donde la precisión en la situación no es un requisito primordial. Con una ganancia baja, se consigue un ahorro de combustible considerable. A medida que aumentamos la ganancia del sistema, el consumo de combustible aumenta proporcionalmente, ya que los propulsores harán uso de mayores niveles de energía para mantener una posición, cada vez más precisa. Ganancias altas, se usan cuando la exactitud o precisión en la posición es un requisito crucial (operaciones críticas) o cuando las condiciones meteorológicas son severas. Otra función disponible a bordo respecto a la ganancia, es la llamada “Relaxed gain”. Con esta función, el buque es capaz de desplazarse libremente en una circunferencia de radio escogido por el operador y cuyo centro, sea el del “set point” (también seleccionado por el operador). Dentro de este área, el

buque tiene libertad de movimiento, y sólo se hace uso de energía cuando el barco se aproxima a los límites del área, en cuyo caso, sus propulsores lo devolverán dentro de los márgenes preestablecidos.



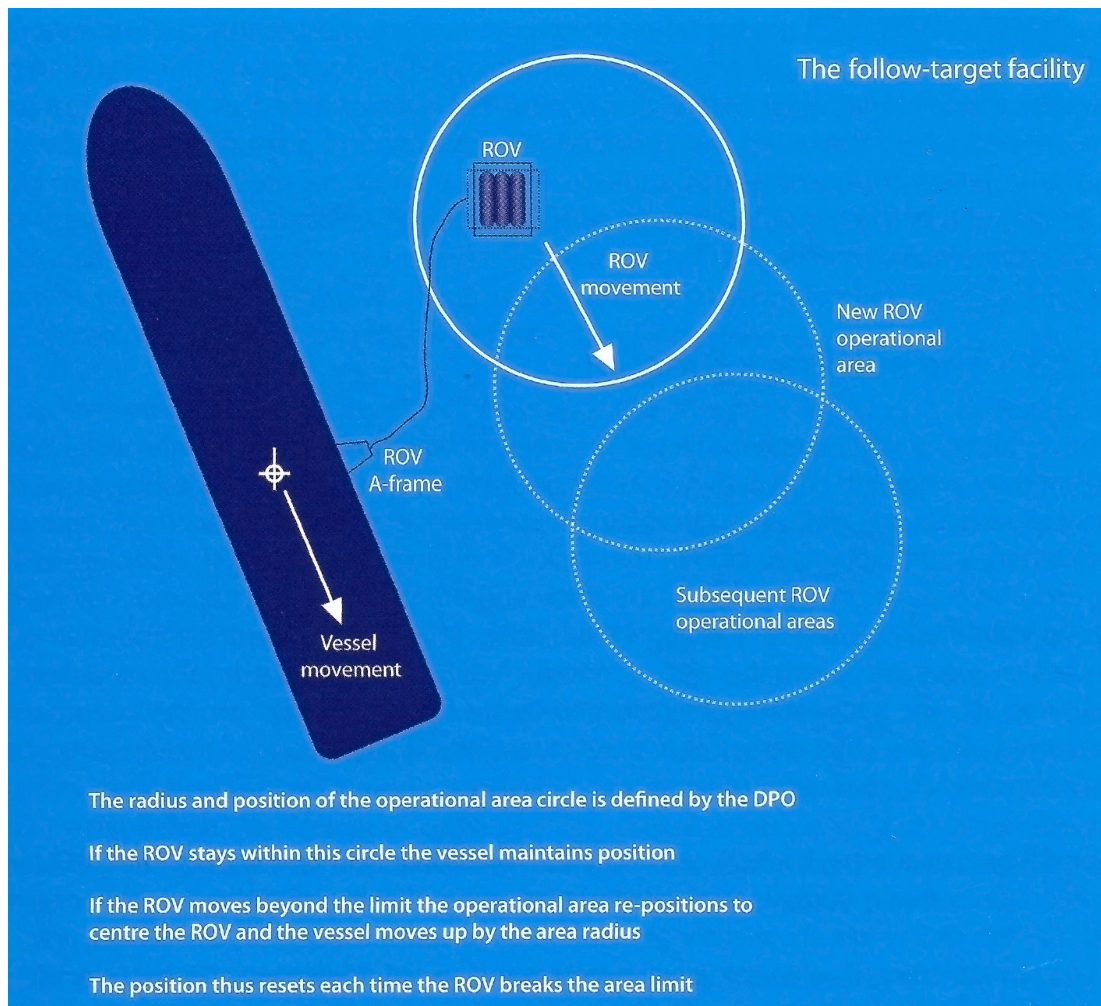
En buques más modernos, se han diseñado nuevas funciones, que ofrecen mayores posibilidades para el ahorro de combustible. Los últimos modelos de Kongsberg incorporan un modo de trabajo llamado “Green DP function”. Con esta función, se consigue un mayor ahorro en la adopción de una situación fija, gracias a la ayuda de cálculos matemáticos más complejos. Es de gran importancia, que el operador DP se familiarice con todo este tipo de funciones, para evitar cualquier tipo de sobresaltos.

11.2 FUNCIÓN FOLLOW-TARGET

La mayoría de los buques DP cuentan con esta facilidad, aunque los buques que mayor uso hacen de esta función son los buques de apoyo ROV y los buques dedicados a la apertura de zanjas en el lecho marino, para la protección de cables y tuberías submarinas. La función “Follow-target” permite al buque mantener una posición relativa respecto a un objeto en movimiento, en lugar de hacerlo respecto de una situación geográfica.

Un método tradicional para llevar a cabo este tipo de operaciones de seguimiento de blancos, es el conocido como “Dog on a lead” (perro con correa). Con este método, el sistema DP se configura para que sólo haga

uso de uno de sus PRSs, una baliza hidroacústica situada en el ROV o el tractor submarino. En este caso, el sistema DP interpreta que el buque es estacionario y la radiobaliza situada sobre el vehículo submarino un dispositivo estático, donde el buque trata de mantener su posición relativa respecto al elemento móvil. Este método tiene una serie de inconvenientes, por lo que no se recomienda su uso. En primer lugar, la agilidad de movimiento del vehículo submarino es mejor que la del buque, el cual se encuentra en una situación constante de lucha para mantenerse al día. Por otro lado, el sistema DP, mediante uso de sus modelos matemáticos, genera una corriente de deriva falsa y además, el piloto del vehículo submarino tiene más control sobre la posición del buque, que el propio DPO.



Para combatir todos estos problemas, los fabricantes diseñan a los equipos DP con funciones específicas para el seguimiento de blancos (vehículos submarinos). Con el buque en modo “Follow-target” la radiobaliza acústica

situada en el vehículo submarino es interpretada por el sistema DP como un PRS móvil, por lo que el equipo ya no la incluye en su repertorio de sistemas de referencia y deja de padecer los problemas vistos anteriormente. En su lugar, esa radiobaliza es designada por el equipo, simplemente cómo un objetivo al que habrá que seguir. Para ello, el equipo DP deberá configurarse con otros PRSs para su posicionamiento, cómo por ejemplo el DGPS.

Por otro lado, el objetivo subacuático (radiobaliza) es provisto de una circunferencia a su alrededor (de radio definido por el DPO), conocida cómo área operacional del vehículo submarino, donde éste dispone de libertad de movimiento, manteniéndose el buque en una posición fija. Si el vehículo submarino atraviesa la circunferencia de trabajo, el equipo DP obliga al buque a desplazarse una cantidad de distancia igual al radio de la circunferencia en la dirección adecuada, y generando una nueva circunferencia. Este proceso se repite continuamente, tantas veces como sea necesario. El sistema DP deja de generar falsas corrientes, y el operador DP posee ahora más control sobre el gobierno del buque.

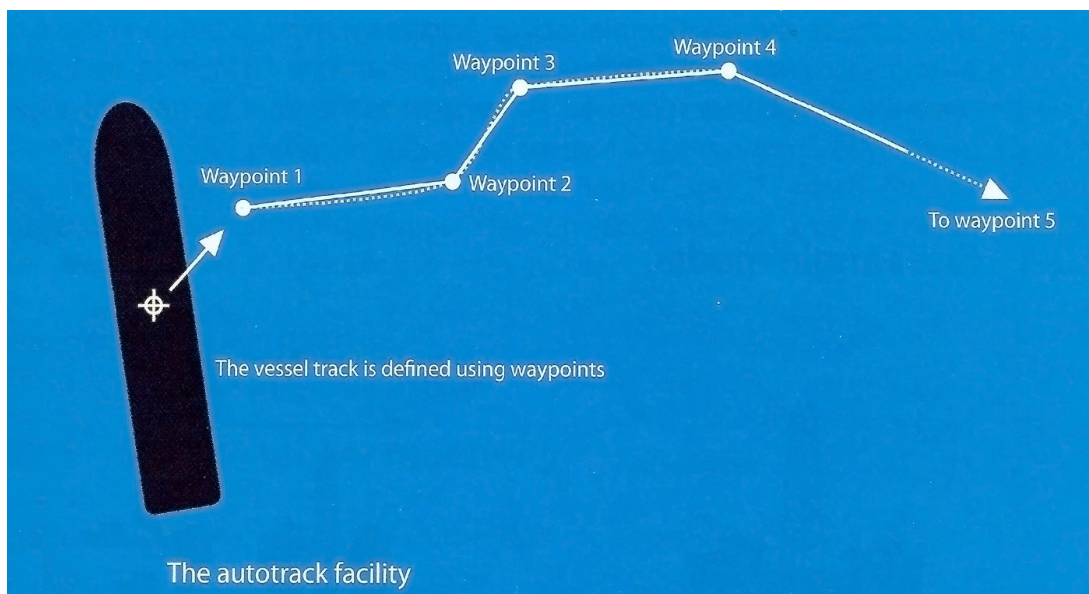
Otra situación en la que el buque puede hacer uso de la función “Follow-target”, es aquella en donde el buque debe posicionarse de manera relativa respecto a un objetivo móvil de desplazamiento muy lento, como una FPSO. Cómo la FPSO se encuentra probablemente fondeada y probablemente realizando movimientos de borneo (weathervaning), el petrolero lanzadera deberá mimetizar esos movimientos.

En este caso, como ya hemos visto con anterioridad, el área operacional consiste en una “target box” situada en un punto de referencia fijo situado sobre la popa de la FPSO. El petrolero cuenta con otro elemento de referencia en su proa, el cual deberá mantener dentro de los límites de esa “target box”. Si en algún momento el elemento de referencia del petrolero se sale de los márgenes de la “target box”, el equipo DP activará los propulsores hasta devolver al buque a su situación. De esta manera, el petrolero mantiene su posición relativa respecto a la FPSO.

11.3 FUNCIÓN AUTOTRACK

La función “Autotrack” permite al buque realizar navegaciones predefinidas, a lo largo de un recorrido determinado por diferentes puntos (“waypoints”). Esta función puede resultar especialmente útil cuando el buque lleva a cabo operaciones de tendido de cable o tubería, operaciones de dragado, o operaciones de reconocimiento del lecho submarino, entre otras.

Independientemente del tipo de operación del que se trate, se deberá disponer de un comprensivo plan del track, con múltiples datos de la velocidad del buque y sus rumbos, en los diferentes tramos. Señalando además, aquellos puntos donde, por algún motivo, el track deba ser suspendido. Por otro lado, se deberá hacer una lista con las coordenadas geográficas de cada waypoint, prestando atención a detalles cómo el datum de la carta, o las coordenadas en uso. Es posible que una tercera persona, ajena a las inmediaciones del puente, tal cómo un inspector desde otra oficina por ejemplo, cree un track en un archivo para luego enviarlo al buque y ser importado al sistema DP. En estos casos, todos los parámetros importados deberán ser minuciosamente corroborados, debido a que pueden



surgir ciertas incompatibilidades. A la función autotrack, se accede mediante el menú principal del sistema DP. Aquí el DPO puede meter los datos manualmente a partir de su plan de ruta “Track editor”. Esta subfunción permite la inserción/eliminación de waypoints, la edición de valores del

rumbo y de la velocidad, en los diferentes tramos, etc. Una vez que el track ha sido completado (a menudo, bastante tiempo antes del momento de realizar la operación), puede ser guardado para su posterior uso.

En general, las diferentes marcas comerciales productoras de equipos DP, ofrecen una gran abanico de funciones y herramientas variadas para configurar la opción de autotrack. Es responsabilidad del DPO, familiarizarse con todas las permutaciones posibles y conocer la reacción del buque para todas y cada una de ellas.

Otra de las cosas que el DPO debe concretar al sistema, a la hora de configurar un track, es como se comportará el barco una vez haya alcanzado el waypoint. En ese caso, el buque podrá detenerse (manteniéndose dentro de los límites de un área determinada por el valor de su radio), continuar su navegación hacia el próximo waypoint, etc. Cabe decir que, a menudo, los softwares permiten realizar pequeños ajustes en el track, aunque este ya se esté ejecutando.

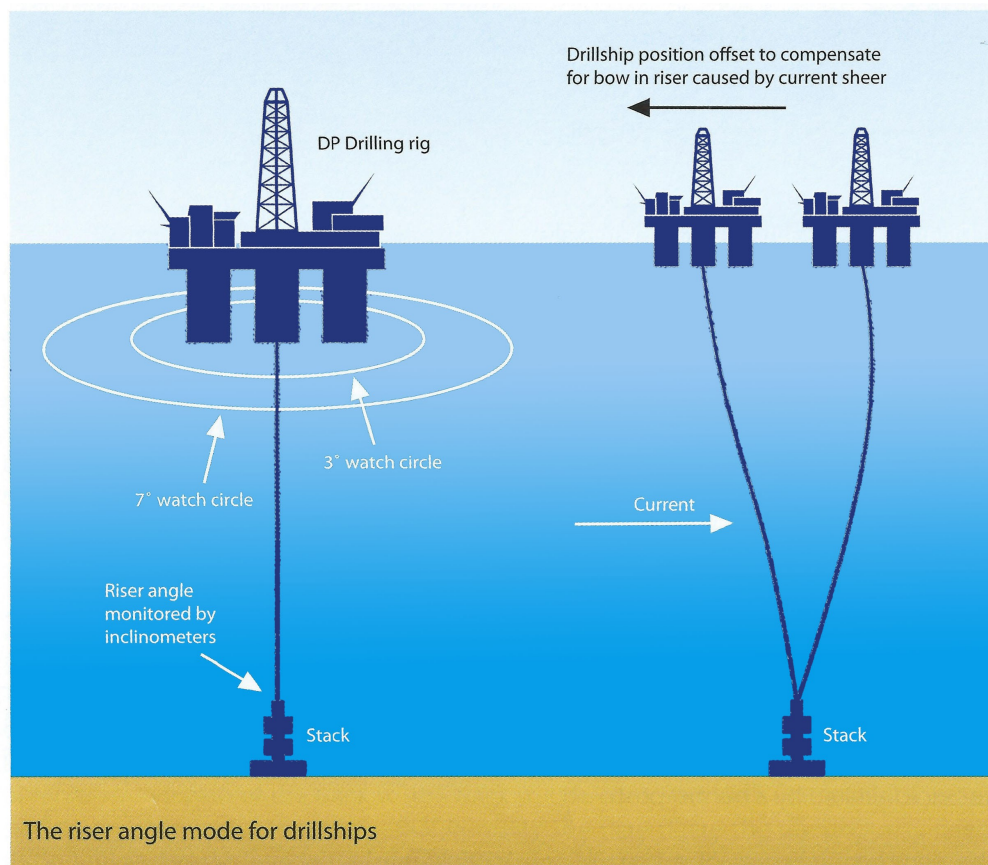
Otra subfunción disponible dentro de la función autotrack, es la llamada “Move-up function”. Esta subfunción permite que el buque avance a tramos de distancias iguales, dentro del propio track. Es decir, imaginemos que un buque tubero en operaciones, está realizando el seguimiento de un track. Como los tramos de tubería que dispone a bordo son de 12 o de 24 metros, el buque necesitará desplazarse regularmente distancias hacia proa, de longitudes de 12 o de 24 metros respectivamente, a medida que vaya soldando los diferentes tramos o botándolos por la popa. Pues esa navegación hacia proa, de 12 o 24 metros, se consigue con tan solo pulsar un botón, gracias a la función move-up.

De todas, la subfunción probablemente más utilizada es la “Low speed option”. Con esta subfunción, el buque es capaz de navegar a lo largo del track previamente definido, pero en este caso el DPO tiene un control total sobre la dirección de la proa del buque. Es decir, el buque navega con su rumbo efectivo por el track, mientras que el operador puede controlar la dirección de la proa (rumbo verdadero). Este modo de navegación, suele utilizarse para dar socaire a diferentes elementos operacionales, o bien para

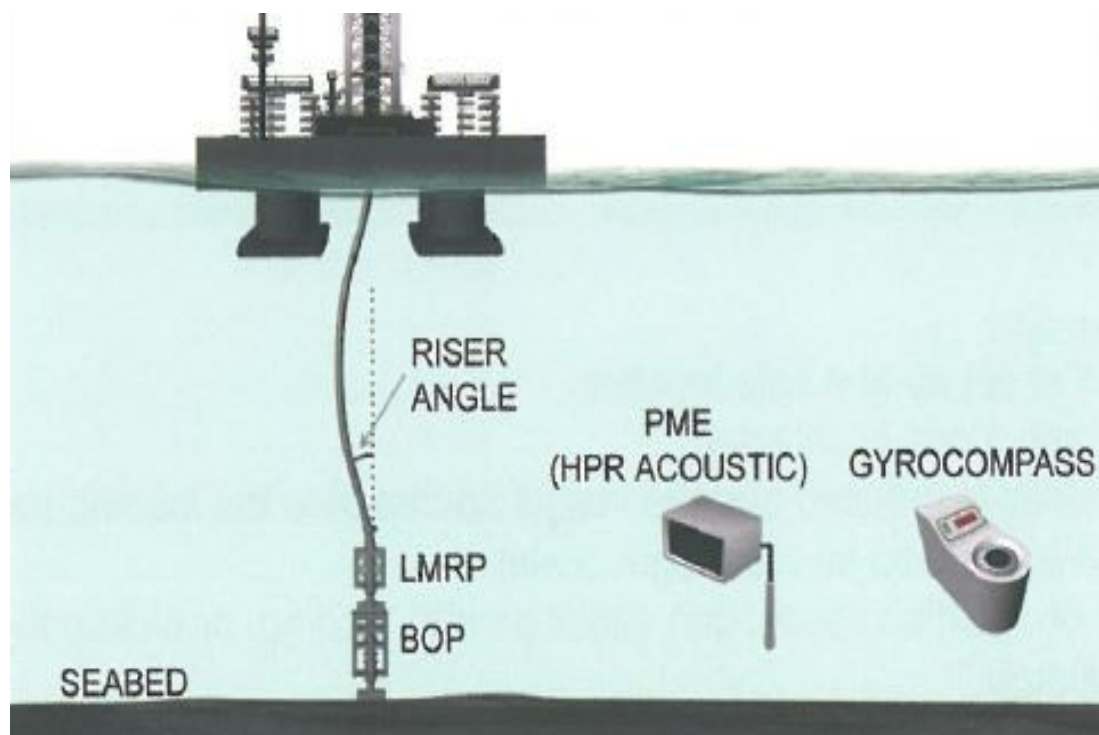
ahorrar combustible: El buque puede a la vez adoptar el rumbo verdadero que le suponga el menor consumo de energía posible (minimum power heading) durante el track. Cabe destacar que si realizamos el seguimiento de un track con la subfunción “Low speed option”, el buque está limitado a una velocidad máxima de 3 a 4 nudos. Por el contrario, el sistema dispone de una subfunción conocida como “High speed autotrack” o “Auto-sail” donde el buque es capaz de navegar con su máxima velocidad de crucero a lo largo del track. En este caso, el propio sistema DP es el encargado de configurar la dirección de la proa más conveniente para lograr dicha velocidad.

Es de gran importancia que el DPO se familiarice con la función autotrack y todas sus subfunciones. Es importante recordar que una vez iniciada la función de autotrack ya no es momento para investigar o practicar con ella. Todo debe haber sido estudiado de antemano, por si cualquier imprevisto sucediese, poder detener la navegación y tomar las medidas correspondientes.

11.4 “RISER ANGLE MODE”



Esta función es de vital importancia en operaciones de perforación a grandes profundidades. En ellas, existe el factor crítico de mantener el ángulo del “riser” en niveles de entre 0 y 3 grados. El riser es el tubo que contiene la sarta de perforación. Es sustentado por la plataforma y la conecta con la boca del pozo (stack), situado sobre el lecho marino. Esta conexión se conoce con el nombre de “Lower flex-joint” (LFJ) y conduce la sarta perforadora hacia el pozo de extracción. Como bien imaginamos, es de vital importancia que el riser se encuentre lo más perpendicularmente posible al stack. De otro modo, podrían producirse serios daños a los componentes. El ángulo del riser, es monitorizado gracias al uso de sensores dispuestos en el LFJ. Estos sensores se encargan de calcular el ángulo y de enviar la información a la estación de control de la plataforma y al sistema DP del buque. El criterio angular del riser suele ser de 3 grados (amarillo en la pantalla) y 7 grados (rojo). Hasta los 3 grados, las operaciones de perforación pueden transcurrir con normalidad. Aunque si el ángulo aumenta, se detendrán las operaciones de perforación y comenzarán los preparativos para desconectar el riser, el cual deberá estar completamente desconectado en caso de que el ángulo ascienda hasta los 7 grados.

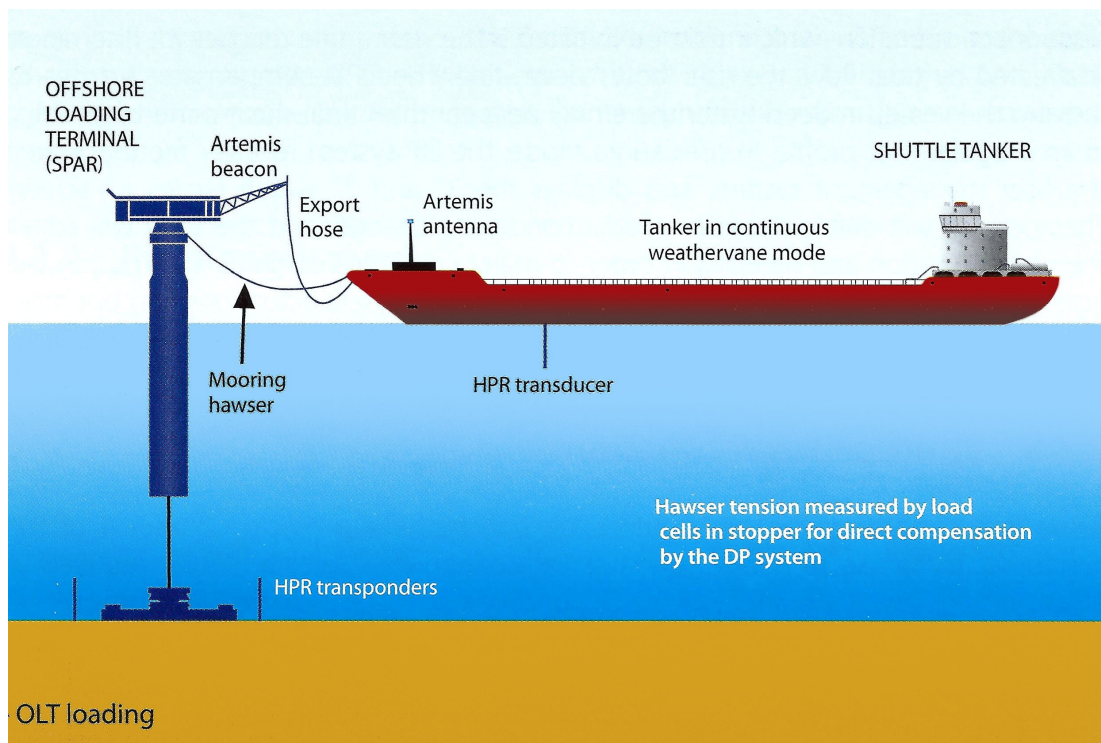


El ángulo del riser, se ve afectado por las corrientes de marea, sufriendo

continuas inclinaciones. En agua muy profundas, es posible incluso que el riser pueda llegar a sufrir un efecto de cizallamiento debido al flujo de las corrientes. El DPO deberá compensar estas inclinaciones moviendo la nave según convenga de un lugar a otro.

Con el “Riser angle mode” activado, el sistema DP recibe los datos de los sensores dispuestos en el LFJ y convierte esos datos en círculos de 3 y 7 grados de inclinación en la pantalla. Estos círculos, se irán trasladando a medida que cambien las condiciones del flujo de las mareas. Será labor del DPO ajustar la posición y proa del buque, a fin de mantener el ángulo entre los valores límite de trabajo. Por tanto, en este tipo de operaciones, el operador deberá estar más pendiente de los valores angulares, que de la propia situación de la nave.

11.5 “SHUTTLE TANKER FUNCTIONS”



Aunque ya se han visto en temas anteriores algunas de las funciones DP aplicadas a los buques petroleros lanzadera, volveremos a hablar de ello para profundizar un poco más en el tema.

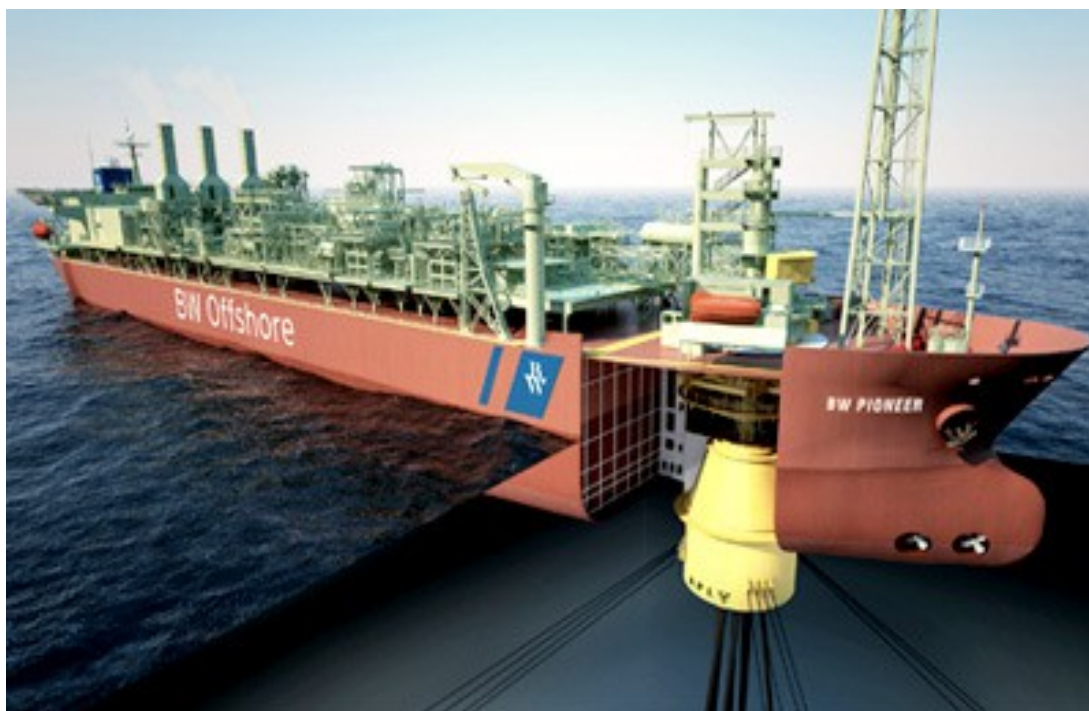
Un petrolero lanzadera, siempre opera en modo “weathervane”, es decir, su

rumbo se mueve por efecto del mar y viento, mientras que su situación es fija. El buque, puede haber sido configurado para cargar a una, o más “Offshore Loading Terminals” (OLTs) específicas, las cuales pueden ser torres fijas, torres flotantes, torres sumergidas o unidades FPSOs. La posición y otras determinadas características de la OLT, están disponibles a bordo en formato electrónico, y son importadas al sistema DP a través de un archivo digital. Para tener acceso a estas características, debemos visitar el menú del equipo donde se encuentra la pestaña “Select OLT”.

El petrolero pondrá proa a la OLT y se aproximará a ella por su zona de resguardo del viento y corriente. Con la OLT por la proa y fuera aún del área de los 500 metros, el operador transferirá el control del buque al sistema DP, permitiendo al buque maniobrar por si solo bajo la función “Auto-approach”. De esta forma, el buque irá progresivamente recortando distancia respecto de la OLT. En todo este proceso, el buque se hallará con aquel rumbo que menor esfuerzo (energía) le suponga mantener. Una vez en el interior del círculo de posición y a la correcta distancia de la OLT, comenzará el proceso de carga. Para ello, en primer lugar seleccionaremos en la consola DP el modo “Loading function”. Con el manguerote de carga conectado, el buque se encontrará en disposición de mantener una distancia fija y constante respecto de la OLT. Esta situación, es continuamente ajustada con motivo de tener en todo momento la OLT a proa del petrolero y con el mínimo consumo de energía.

Cuando la carga se produce a través de una torreta sumergida, la posición de la torre es continuamente monitorizada a bordo mediante sistemas de referencia de posición hidroacústicos. La posición de la torre es transmitida a bordo mediante pantallas destinadas a tal fin. El punto de referencia del buque, estará en el fondo del buque, donde se dispone la hendidura del casco en forma de cono, para el acoplamiento de la torre sumergida. Una vez que la torreta se encuentra acoplada al casco del buque, esté podrá detener todas sus hélices y propulsores y quedará expuesto al los

movimientos del mar y viento (weathervane) mientras permanece anclado a la torreta. Aunque esto es sólo posible cuando las condiciones meteorológicas son moderadas o ligeras. En el caso en que las condiciones meteorológicas sean duras, el buque deberá aguantar su posición haciendo uso de sus propulsores.



La mayoría de la operaciones de carga de hidrocarburos a petroleros se realizan a través de instalaciones FPSO. En este caso, el petrolero mantiene una posición a modo de “tandem”, respecto de la FPSO anclada al lecho marino. En esta operativa, el petrolero debe imitar los movimientos y rumbo de la FPSO. En general, la FPSO no es un buque dotado de un sistema DP, pero dispondrá de propulsores a proa para el control de su rumbo (sujeto a limitaciones meteorológicas en su control). Es posible que el petrolero le solicite a la FPSO que dirija su proa a un determinado rumbo, para la fase de aproximación. La función “Auto-approach” puede ser utilizada hasta el momento en el que el buque consiga situarse en la situación deseada respecto del punto de referencia a popa de la FPSO (ver figura anterior). A partir de ese momento, podrá activarse la función “Loading”, donde se dispondrá de una “Position box” para determinar los límites del área de posición. Por otro lado, la FPSO y el buque mantendrán en todo momento el

mismo rumbo, y para ello la FPSO se lo comunicará al petrolero telemáticamente.

11.6 “AUTO-AREA MODE”

Una variación en el control automático de la posición, es la función “Auto-area”. Con ella, el operador DP puede seleccionar un área geográfica de cualquier tamaño, de forma normalmente circular o elíptica. Esta zona pasa a ser un área donde el buque queda a la deriva ante los fenómenos meteorológicos, sin ningún tipo de control sobre la propulsión. Cuando el buque se acerca a los límites de la frontera, poco a poco comienzan a trabajar los propulsores, hasta que lo devuelven al centro del área designada.

11.7 COMPENSACIÓN DE FUERZAS EXTERNAS

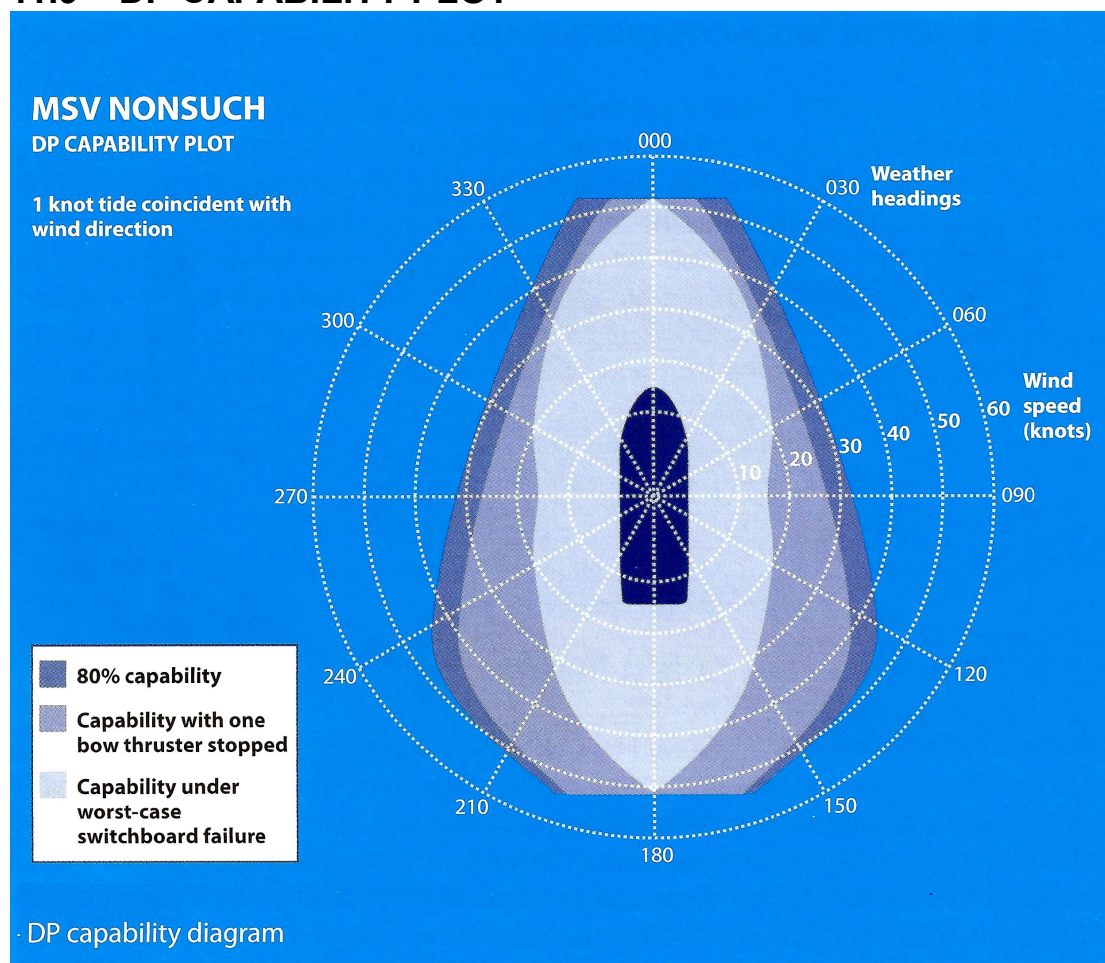
Algunos buques bajo el control del sistema DP, experimentan una serie de fuerzas externas que necesitan ser medidas y compensadas. Un ejemplo de este tipo de buques son los buques tuberos, los cuales disponen de una estructura en las inmediaciones de la popa a modo de aguijón (stinger), destinada al despliegue de la tubería. El stinger, es en realidad un soporte rígido con forma de rampa que conduce la tubería desde la cubierta hasta el agua. Desde el extremo inferior del stinger hasta el punto de contacto con el lecho marino, la tubería queda suspendida por su propio peso, por lo que han de calcularse y conocerse las tensiones de esta, para lograr que sea tendida con la correcta catenaria. Para ello, se instalan sensores en los dispositivos encargados del manejo y tendido de la tubería. Estos sensores están en permanente contacto con el sistema DP, por lo que el operador conoce en vivo, los esfuerzos que está padeciendo la tubería y es capaz de compensarlos haciendo uso de los propulsores. Un método parecido, se dispone a bordo de los buques cableros, donde las tensiones son de igual modo determinadas y compensadas a base de empuje.

En caso de que esta función se encuentre por algún motivo desactivada, estas fuerzas externas son consideradas como falsa corriente.

11.8 “QUICK CURRENT O FAST LEARN”

Esta función proporciona una solución parcial a los problemas surgidos durante situaciones de cambio en el flujo de corriente de marea. La corriente o flujo de marea, es deducida por el sistema, no pudiendo ser medida de un modo directo. El valor de la corriente estimada, depende de la calidad del modelo matemático del buque. Si la corriente cambia bruscamente, el cálculo quedará rápidamente desactualizado. Resultando deteriorada la habilidad de posicionamiento por parte del sistema DP. Los sistemas DP modernos, incorporan una facilidad que acelera temporalmente el proceso del cálculo para ese cambio brusco de corriente. El cual, permite aumentar la precisión sobre el control de la posición durante ese proceso. A pesar de ello, debemos saber que esta función no es infalible y a menudo surgen ciertos problemas de inestabilidad durante sus uso.

11.9 “DP CAPABILITY PLOT”



Los manuales de los sistemas DP, proporcionan los diagramas de maniobrabilidad del buque en modo DP, los cuales nos dan una indicación aproximada de la habilidad del buque para diferentes condiciones meteorológicas. Los valores de estos diagramas, son a menudo cuestionables, debido a que raramente las condiciones del buque y las condiciones meteorológicas coinciden con las descritas en el ejemplo. Un mejor asesoramiento sobre la habilidad real del buque para cada situación particular, es proporcionada por la función “Online capability plot”. Esta función muestra en tiempo real, un diagrama de maniobrabilidad según las condiciones presentes (buque-medioambiente) para el momento del cálculo. El DPO debe en todo caso especificar el estado de la mar y valor de la corriente. Además, deberá proporcionar al sistema una serie de información, sobre la configuración energética y la propulsión. Una vez el operador DP ha dado a conocer todas esas variables al sistema, el equipo es capaz de generar un diagrama de maniobrabilidad para las condiciones dadas. El operador deberá ser plenamente consciente de las limitaciones del cálculo, ya que proviene de la simulación observaciones teóricas y no reales.

11.10 “DRIFT OFF CALCULATION”

Cuando está perfectamente configurada, esta función muestra la posición en la que se irá encontrando el buque, después del suceso de la pérdida de la propulsión; debido por ejemplo, al evento de un blackout.

La aplicación irá mostrando los diferentes rumbos y situaciones que irá tomando el buque, haciendo uso del modelo matemático, en intervalos específicos de tiempo (por ejemplo, cada minuto) después de sufrir el blackout.

11.11 PILOTO AUTOMÁTICO Y MODO EN TRÁNSITO

A menudo los sistemas DP incorporan la función “autopilot”. Hemos de saber que cuando el buque se encuentra realizando una navegación en tránsito, dispone de una determinada configuración en los propulsores. Un ejemplo de ello es: Supongamos que tenemos un buque DP con 3 propulsores

azimutales a popa, que se encuentra realizando una navegación en tránsito en modo piloto automático. En este caso, los propulsores de los costados estarán bloqueados de tal forma que unicamente proporcionen empuje hacia proa, mientras que el propulsor del medio es el encargado de proporcionar el control de la dirección del rumbo, como si de un timón se tratase. En todo caso, hemos de recordar que a menudo ese thruster suele estar limitado a un angulo azimutal máximo de unos 35 grados.

11.12 SENSORES Y EQUIPOS PERIFÉRICOS

El feedback (información proporcionada al equipo en tiempo real) es un requisito esencial. El sistema debe conocer en todo momento en qué escenario medioambiental se encuentra el buque en todo momento. El equipo necesita de un continuo y preciso flujo de información respecto a un montón de variables. Entre ellas, necesita conocer los valores en tiempo real del balance y el cabeceo. Estos datos son proporcionados al sistema mediante la instalación a bordo de sensores conocidos con el nombre de MRUs (Motion Reference Unit), es decir, sensores para medir los movimientos internos del buque: Pitch, roll y heave (arfada o levantamiento).



El MRU, o sensor medidor de los movimientos de inercia, no solo proporciona el valor de la escora, asiento y levantamiento. Además, es capaz de calcular la velocidad de traslación en los 3 ejes. En sistemas DP

antiguos, y antes de la comercialización de los MRUs, se disponían a bordo sensores VRUs o VRSs (Vertical Reference Unit/Sensor). Estos sensores únicamente eran capaces de proporcionar datos del Pitch y Roll. Con el avance de las tecnologías consiguieron desarrollarse nuevas unidades, los MRUs, que además proporcionan el “heave” (levantamiento).

El equipo DP, tiene la necesidad de conocer el valor de la escora y el asiento instantáneamente, con el objetivo de corregir el resto de mediciones proporcionadas por los otros de sistemas de referencia de posición. Especialmente, los PRSs que más necesitan de esta corrección, son el TautWire y los sistemas de referencia de posición hidroacústicos. En los cuales, la posición del buque viene determinada por la medición del ángulo vertical. Si no se aplicase ninguna corrección, el sistema DP interpretaría los movimientos internos de Roll/Pitch/Heave como movimientos de desplazamiento reales del buque. Los datos proporcionados, permiten la corrección del ángulo vertical para un cálculo más preciso de la vertical verdadera.

Otra variable que necesita ser conocida por el sistema DP, es la magnitud y dirección del viento. Para ello, se dispone a bordo de un número determinado de anemómetros instalados (redundancia) para la transmisión continua de estos datos al sistema DP. Como mínimo los anemómetros se instalarán por duplicado y los podemos encontrar según el tradicional modelo de cazoletas o con modelos más modernos, basados en principios ultrasónicos. Los datos proporcionados por los anemómetros, son transmitidos al sistema DP, el cual los utilizará para calcular la fuerza que ejerce en ese momento el viento sobre la superestructura del buque, y tratará de compensarla a base de empuje, con los propulsores.

Sin embargo, surge un problema. Las condiciones de la dirección y magnitud del viento son a menudo rápidamente cambiantes. Por otro lado, los vientos racheados afectan drásticamente al desarrollo evolutivo del buque y el modelo matemático pierde rápidamente su efecto en este caso, ya que se produce un considerable retraso entre la apreciación de los cambios

ambientales y la reacción del sistema. El modelo matemático necesita entre 5 y un máximo de 30 minutos para actualizarse, y mientras que para el resto de variables es un tiempo relativamente suficiente (desplazamiento del buque, corriente, etc), en el caso del viento este tiempo no es suficiente. En 30 minutos es posible que el viento haya cambiado en sentido y magnitud varias veces.

A pesar de este inconveniente, sigue siendo imperativo que el buque reaccione rápidamente a los cambios en la dirección y fuerza del viento.

El sistema DP trata de resolver esta situación con la implantación de la función “Wind feed-forward”, con la cual, el equipo crea un by-pass en el modelo matemático para los cambios bruscos en la dirección y magnitud del viento, y trata de compensarlos directamente a través del empuje de los propulsores. En algunos equipos, esta función es conocida como “Gust-Thruster compensation”. Es importante considerar que, para que esta compensación tenga resultado satisfactorio, los sensores de viento deben leer valores precisos. El DPO deberá asegurarse que el sensor que seleccione del conjunto disponible, no está sufriendo ningún tipo de apantallamiento por ningún otro tipo de superestructura, y que los valores de flujo de viento que está leyendo son los reales.

El otro factor medioambiental que necesita ser conocido por el sistema es la dirección y magnitud de la corriente marina, aunque no es posible obtener este dato de ningún sensor que pueda ser instalado a bordo. Por lo que, en su lugar, los valores de la corriente deberán ser deducidos o estimados. De este modo, la corriente que se muestra en la pantalla es el valor de la fuerza sobrante, una vez que todas las fuerzas medioambientales han sido contabilizadas. La continua discrepancia entre la situación estimada por el modelo matemático y la situación verdadera proporcionada por los diferentes PRSs, permite calcular la dirección y magnitud de la corriente de mar.

Debemos ser conscientes de que el valor de esta corriente, es una estimación y depende de la calidad del modelo matemático. Es posible que la corriente real, diste bastante del valor del que disponemos a bordo. De

mero hecho, cualquier error en el cálculo de vectores de fuerza por parte del sistema DP, son sumados y mostrados en la pantalla como si se tratase del valor de la corriente únicamente. Es decir, el valor de la corriente es una estimación, a la que se le han sumado otro tipo de fuerzas de procedencia desconocidas. Por este motivo, ciertos fabricantes de equipos DP no denominan a ese vector resultante corriente marina, en su lugar, se refieren a él como “Sea force” y se despliega en la pantalla en lugar de en nudos, en toneladas de fuerza.

En cierto tipo de buques DP de operaciones especiales, se dispone de otro tipo de sensores que informan continuamente al sistema del valor de fuerzas externas, producidas por ejemplo, por elementos como el riser en las plataformas perforadoras. Este tipo de fuerzas externas, pueden tomar direcciones, formas y valores muy variados. En un buque tubero, la tensión del tubo que está siendo instalado debe mantenerse constante durante toda la operación. La tensión de la tubería es continuamente medida por diferentes tensiómetros instalados en su recorrido y su valor es directamente conocido por el sistema DP, para su inmediata compensación mediante empuje, gracias al uso de los propulsores. En los buques cableros, los carreteles y torre de estiba del cable, proporcionan de una manera similar la información al sistema sobre la tensión que padece al cable, para su posterior compensación a base de empuje. Un petrolero lanzadera que realice operaciones de carga a FPSOs, la unidad de proa mide continuamente la tensión de los manguerotes y amarras dadas, para su compensación por parte del sistema de propulsión de abordó de una manera similar.



11.13 ESCENARIOS DE TRABAJO PROBLEMÁTICOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DP

Cómo cualquier otro desarrollo tecnológico, el equipo DP está sujeto a ciertas limitaciones y áreas problemáticas. Algunas de las cuales, veremos a continuación:

11.13.1 OPERACIONES EN AGUAS POCO PROFUNDAS Y FUERTES CORRIENTES DE MAREA

Por diversos motivos(ruidos, aireación, etc), los buques DP no desarrollan bien en aguas poco profundas o de fuertes corrientes de marea. Uno de esos motivos, es la pérdida de eficiencia de algunos de los sistemas de referencia de posición, al verse inmersos en aguas de poco calado. Los PRSs afectados son el TautWire y los sistemas hidroacústicos.

El sistema de referencia de posición TautWire pierde su utilidad en aguas poco profundas debido a la ínfima distancia lateral que podría desplazarse el buque sobre la perpendicular del peso botado sobre el lecho marino, para poder mantener un ángulo máximo de 28 grados (máximo ángulo para que el TautWire funcione) y que el sistema funcionase.

Los sistemas hidroacústicos también quedan inservibles, debido a la problemática que surge con los ángulos de la trayectoria de los pulsos sónicos en aguas poco profundas. Cuanto más plana sea la trayectoria de los pulsos, mayor es la distorsión y la refracción que sufren. Por otro lado, este tipo de PRSs se ven afectados por mayores niveles de interferencias producidos por el ruido de los propulsores. En general, se recomienda evitar el uso de PRSs hidroacústicos en aguas poco profundas.

Si existen fuertes corrientes o mareas (a menudo presentes en aguas poco profundas), el efecto inmediato es que el equipo DP necesitará usar grandes cantidades de energía y empuje para mantener la posición y rumbo del buque. Consecuentemente, tendremos menores cantidades de reserva de ellas, por lo que las consideraciones sobre la redundancia podrán verse

afectadas. Además, si el buque se encuentra en una situación en la que debe de hacer un gran uso de sus propulsores para mantener su posición, los niveles de ruido y turbulencias se dispararán, con los consecuentes efectos nocivos añadidos sobre los PRSs hidroacústicos.

Por otro lado, las operaciones submarinas con vehículos subacuáticos o que requieran del despliegue de submarinistas, se verán también perjudicadas en aguas poco profundas, debido normalmente a los altos niveles de corriente de marea. Cualquier operación de este tipo que deba realizarse en estas condiciones, necesitará de una completa y quisquillosa evaluación de riesgos, con todos y cada uno de los factores identificados y bajo control.

11.13.2 OPERACIONES PRÓXIMAS A ESTRUCTURAS FIJAS

La mayoría de los buques de apoyo offshore, trabajan en las proximidades de estructuras fijas, es decir, plataformas petroleras. El principal e inmediato peligro es la toma de contacto con la estructura. Los DPOs deben asegurarse que tienen una buena visión de los alrededores del buque y la estructura.



La cercanía a estructuras fijas voluminosas tendrá efectos perniciosos especialmente para el DGPS. Las señales de algunos de los satélites puede verse bloqueada, causando una reducción en la disponibilidad satelitaria del equipo de a bordo.

Por otro lado, el efecto multi-path también se verá incrementado, ya que la cercanía a la estructura provocará que la reflexión de las señales se incremente de manera exponencial. Estos dos efectos, provocarán la degradación del funcionamiento del equipo DGPS y en definitiva del sistema DP, si no se seleccionan otros PRSs más adecuados para ese escenario. Además, la señal de la corrección diferencial que recibe el GPS también puede verse bloqueada debido al mismo efecto de apantallamiento. Con todo esto, demostramos que el DGPS no es un PRS fiable en operaciones cercanas a estructuras fijas.

Por otro lado, hemos de considerar que la proximidad a estructuras fijas voluminosas, también puede interferir de gran modo, en el buen funcionamiento de los sensores de viento, donde los flujos de aire pueden verse seriamente interceptados o modificados en intensidad y dirección. Si el buque se encuentra operando en la cara de sotavento de la plataforma, los datos que el sensor proporciona no son en absoluto fiables. Por otra parte, si el buque se encuentra trabajando por debajo de la cubierta principal de la plataforma, esto es entre sus piernas, el sensor de viento medirá fuerzas significativamente mayores. Con lo cual, la fuerza y dirección del viento no puede ser en ningún caso conocida, deteriorando en gran medida el buen funcionamiento del sistema DP. No existe cura real para esto.

11.13.4 OPERACIONES PRÓXIMAS A OTROS BUQUES

A menudo, en un escenario offshore encontramos un gran número de buques DP operando en nuestras cercanías. Lo que supone, una gran serie de riesgos añadidos al inminente riesgo de colisión. Los operadores DP, deben tener siempre presente, que independientemente del nivel de redundancia de sus equipos, no están libres de sufrir un blackout total. Por este motivo, habrán de preguntarse: ¿Tenemos un plan de contingencia para este escenario? ¿Si otro buque padece un blackout, derivará hacia nosotros? ¿Que tipo de acciones hemos de considerar?

Si no somos capaces de dar una buena respuesta a todas estas preguntas, quizá sea mejor suspender las operaciones de trabajo y movernos hacia un

lugar seguro, hasta que la situación a nuestro alrededor cambie.



Por otro lado, la proximidad de otros buques genera otro tipo de problemas. Los chorros de agua de los propulsores de buques ajenos al nuestro, pueden perturbar nuestra posición. Un buque cercano puede interferir en la trayectoria de nuestros PRSs, cuyo principio de funcionamiento sea el láser o las microondas. Y el ruido o aireación provocada por los propulsores de otro buque puede crear interferencias en los PRSs de principio hidroacústico. Todos estos factores, deben ser considerados en la evaluación de riesgo, previa al comienzo de operaciones.

12. IDONEIDAD, CUALIFICACIONES Y FACTOR HUMANO

Al igual que en todas otras titulaciones o certificados de aptitud del marino, el personal clave en las operaciones DP, debe ser completamente competente. La regulación de la competencia, asegura que una combinación de conocimientos y aptitudes sean adquiridos: Familiarización, entrenamiento, experiencia, pruebas de idoneidad y cualificaciones.

El personal de a bordo más directamente implicado en el manejo del equipo DP, son los DPOs, que a menudo, son los propios oficiales de puente y/o el capitán.

Hasta 1985, la regulación del personal en operaciones DP estaba subestimada. Los cursos de familiarización eran ofrecidos por los propios fabricantes de equipos DP, y la simulación era muy básica o inexistente. Y normalmente, el curso de familiarización solo era ofrecido a aquellos oficiales encargados de quitar al buque de astillero (nueva construcción). El resto de oficiales incorporados en momentos posteriores, debían ser instruidos en situaciones reales de trabajo.

Debido al gran incremento de flota DP, se creó una clara necesidad de formación del personal encargado de la manipulación del equipo.

12.1 “THE NAUTICAL INSTITUTE”

“The Nautical Institute” (NI) es una organización internacional profesional de asuntos marítimos, con base en Reino Unido, fundada en 1971 y presencia en 110 países. Desde 1984, se ha encargado de administrar el programa de competencia para la manipulación de equipos DP, con el objetivo de proporcionar un verificable nivel de competencia a los DPOs. El programa de idoneidad fue desarrollado durante la reunión de un comité formado por capitanes DP experimentados y personal técnico, representativo de organismos como UK Dtp, DoE (Departamentos de transporte y medioambiente de aquel entonces en Reino Unido), UKOOA (Oil and Gas UK) y AODC (Association of Drilling Contractors), junto con otro tipo de técnicos DP. El proyecto formativo creado en aquel entonces, permanece operativo hasta la fecha. En 2006 se crearon centros formativos en Europa, Lejano Oriente, y América, además de un centro coordinador principal DPTEG (Dynamic Positioning Training Group) formado por representantes de los centros de formación regionales y por representantes de las partes interesadas: IMCA, ICS, IADC y IDPOA.

NUEVOS REQUISITOS:

En 2011, “The Nautical Institute” revisó el proyecto anterior con el fin de adaptarlo a las enmiendas de Manila del STCW en 2010 (Parte B). De este modo, se introdujo el siguiente criterio en el proceso de formación de DPOs

a partir del 1 de Enero de 2012:

- La cualificación mínima será conforme a las regulaciones STCW II/1 – II/2 – II/3 Deck and Regulation III/1 – III/2 – III/3 Engine. Otro tipo de cualificaciones expedidas al margen de estas regulaciones, serán consideradas caso por caso por el “Nautical Institute”. Y únicamente, tendrán validez en las aguas locales de la administración competente que haya realizado esa prueba alternativa.
- Los futuros DPOs, que están en proceso de conseguir el certificado STCW, pueden empezar con el curso básico, o de inducción. Para la realización del curso de simulación (siguiente nivel superior), deberán estar en posesión de los convenientes certificados de competencia STCW. Los futuros DPOs que no cumplan con los requerimientos anteriores, pueden solicitar el certificado de idoneidad, si han empezado su formación antes de la fecha de implantación de la nueva normativa y completan todos los requisitos dentro de los cinco años siguientes a la esa fecha.

LAS 6 FASES DE FORMACIÓN DP

El progreso en las tareas estipuladas por el “Nautical Institute”, en cuanto a la nueva adquisición de conocimientos se refiere, serán registradas en un Logbook. Los DPOs en prácticas son responsables del registro de su progreso en el libro oficial.

Se recomiendan 6 fases de aprendizaje, para la adquisición de los adecuados conocimientos:

- i. Realización de un curso básico de inducción en tierra.
- ii. Familiarización a bordo. Deberán navegarse un mínimo de 30 días a bordo de un buque DP.
- iii. Realización en tierra, del curso de simulación o curso para DPOs avanzados.
- iv. Se navegarán 6 meses a bordo de un buque DP, supervisando operaciones DP.

- v. Con todas las etapas anteriores completas (i a iv), los aspirantes podrán obtener la conformidad del capitán de su buque, para dotarlos del mando suficiente para que puedan asumir todas las responsabilidades de una guardia DP. Se requerirá de una carta por parte de la compañía o empresa armadora, que confirme cargo y días de mar del aspirante.
- vi. Conformidad final por parte del “Nautical Institute” y expedición por parte de esta del Certificado de DPO, si procede. La solicitud podrá realizarse a través de la página web de dicha organización: www.nautinst.org. Se deberán enviar el Logbook y resto de documentación necesaria por correo ordinario.

La mayoría de los cursos necesarios para las fases i. y ii. son organizados por centros de formación náutica u otro centro cualquiera que esté certificado por el “Nautical Institute”.

i. Curso básico o de inducción DP (Primera fase)

Este curso se realiza normalmente en instalaciones terrestres, con las pertinentes autorizaciones del “Nautical Institute” y con equipos fabricados por las propias compañías manufactureras de sistemas DP. La duración del curso es de 4 a 5 días, y proporciona los conocimientos mínimos necesarios, así como una parte práctica. El curso básico, está orientado para oficiales de guardia cualificados pero sin experiencia DP. Tiene una duración de 5 años y deberá ser repetido si todos los requisitos no son completados en ese periodo.

ii. Familiarización a bordo (Segunda fase)

El DP Logbook contiene la lista de tareas que han de ser completadas, a bordo de un buque DP durante esos 30 días. Es necesario que el buque se encuentre realizando operaciones DP en la mayoría del tiempo, para que el alumno se encuentre activamente envuelto en la realización de guardias con

DP. La superación de cada tarea, deberá ser firmada por el capitán del buque o por el competente oficial de guardia.

iii. Curso en el simulador (Tercera Fase)

Este curso es realizado también en instalaciones terrestres, generalmente por las mismas escuelas náuticas que organizan el curso de inducción, y consta, de nuevo, de unos 4 o 5 días de duración. Estos centros de formación están equipados de un sofisticado simulador DP. El curso, se dirige a aquellos candidatos que han superado los requisitos i. y ii. impuestos por el “Nautical Institute”. El simulador, será capaz de ofrecer simulaciones realistas sobre escenarios DP, incluyendo errores de los equipos y modos de fallos. Este tipo de cursos, proporcionan un entrenamiento realista en un ambiente seguro, sin el riesgo que supondría realizar un tipo de aprendizaje de este estilo usando un escenario no-virtual sobre en un buque real.

iv. Guardias DP supervisadas (Cuarta Fase)

Esta fase está enfocada para que el alumno consolide todos aquellos conceptos aprendidos en etapas de formación anteriores, y permite la adquisición de experiencia para futuras guardias DP. Durante esta etapa, deberán hacerse las pertinentes anotaciones en el Logbook, relativas a los conocimientos adquiridos, y deberán ser firmadas por el capitán del buque.

v. Guardias DP supervisadas (Quinta Fase)

Una vez que la fase anterior haya sido superada, el capitán del buque evaluará la competencia del candidato. Considerándose por ello, la persona responsable mejor capacitada para realizar la evaluación de ese candidato. Esta evaluación, será registrada en el Logbook.

Una vez que esto haya sido realizado, el Logbook deberá ser enviado al “The Nautical Institute” con todo el resto de documentación pertinente. Si todo se encuentra en orden, la organización les otorgará el “DP Operator’s Certificates” (Sexta Fase).

Grados de Certificación DP

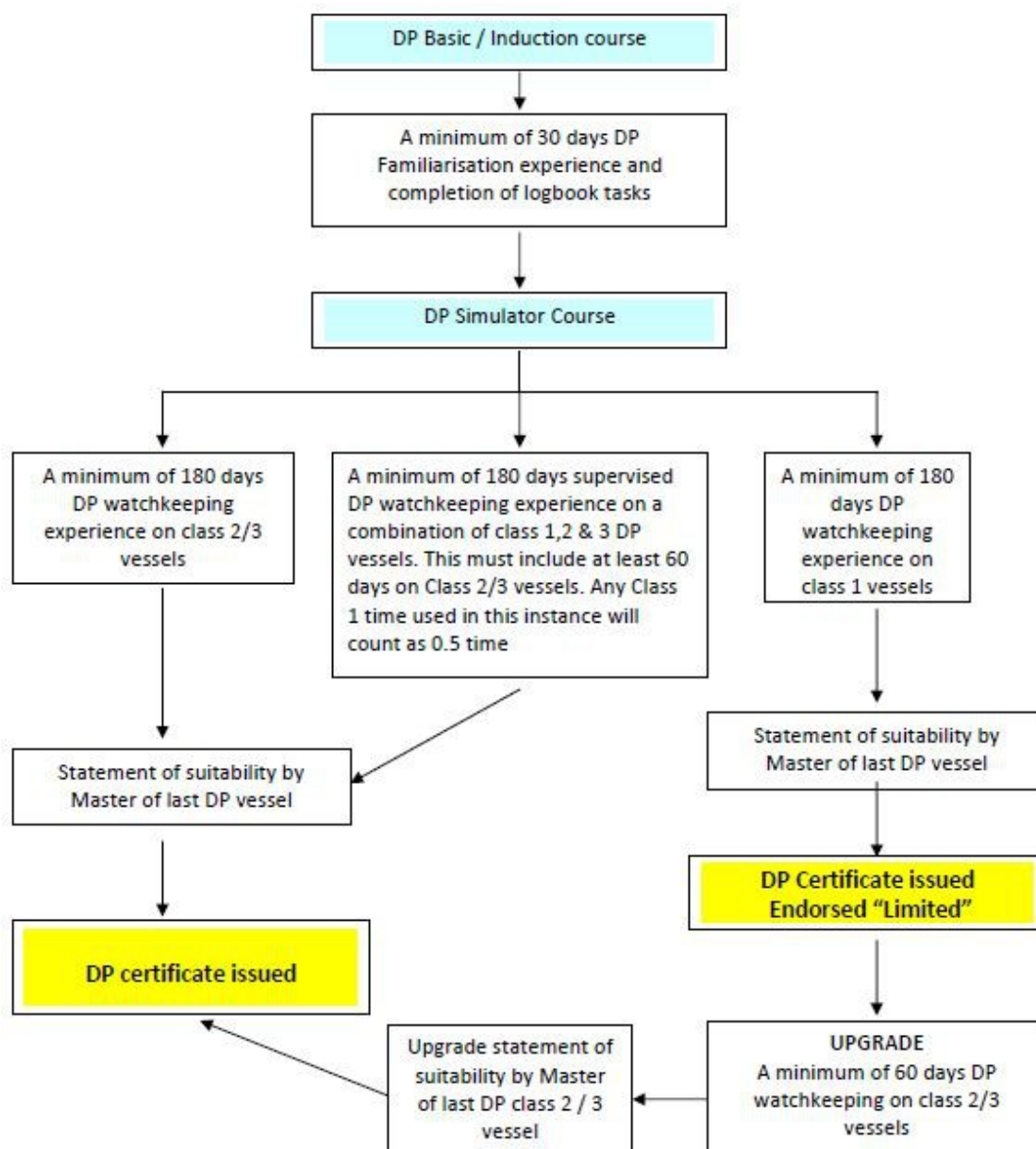
El “Nautical Institute” expide dos grados de certificados para los DPOs: “Full” y “Limited”. El “Full Certificate” será entregado a aquellos candidatos que hayan hecho sus días de mar en buques de clase 2 y 3. El “Limited Certificate” será entregado a aquellos candidatos que han completado sus días de mar, pero que han prestado sus servicios en buques de clase 1 (donde la pérdida sobre el control de la posición puede ocurrir en el evento de un “Single fault”). Con objetivo de estar en posesión de un certificado ilimitado, el candidato deberá cumplir los siguientes requisitos:

(a) Seis meses documentados de experiencia práctica en aquellos buques que cuenten con sistemas DP de Clase 2 o 3.

(b) Para los DPOs poseedores del “Limited Certificate”, el modo de obtener el certificado ilimitado, será acumular 6 meses equivalentes de guardia en buques DP de clase 2 o 3. De este modo, 2 meses de navegación en clase 1, se consideran 1 mes de navegación equivalente en clase 2 o 3. Sin embargo, todos los aspirantes que intenten subir de grado, deberán al menos, realizar 2 meses de navegación en buques de clase 2 o 3, sin que puedan presentar su periodo de tiempo equivalente en clase 1.

Para detalles relacionados con la normativa reguladora de las clases de los equipos, se podrá recurrir a la circular “IMO MSC/cir645 Guidelines for vessels with Dynamic Positioning Systems 1994”.

El certificado del NI DP es generalmente aceptado en la industria del Offshore, por ser una de las organizaciones que ha sentado las bases reguladoras para la idoneidad de candidatos DPOs. El “Nautical Institute” mantiene un registro central de todos los certificados expedidos, con los apropiados detalles.



12.2 “STCW Regulations- Part B”

Estas regulaciones recomiendan como ha de ser la formación para el personal manipulador del equipo DP, según el STCW’ 78, enmendado en la conferencia de Manila de 2010 (Sección B-V/f)

1. El posicionamiento dinámico, se define cómo un sistema con el que la situación y rumbo de un buque autopropulsado, es controlada mediante el uso de las propias unidades propulsoras del buque.
2. El personal manipulador del sistema DP debería recibir la formación y

experiencia práctica adecuada. La parte teórica de la formación, debería capacitar a los DPOs para el correcto entendimiento del método de funcionamiento del equipo DP y todos sus componentes. El conocimiento, entendimiento y experiencia ganada, deberían formar al personal aspirante, para ser capaces de realizar operaciones seguras, con la pertinente contemplación sobre la protección medioambiental.

3. El contenido sobre la formación y experiencia debería incluir la consideración de los siguientes elementos: DP control Station -Power Generation and Management – Propulsion Units – Position Reference Systems – Heading reference systems – External force reference systems.
4. La formación y experiencia exigidas, deberían cubrir el rango completo de posibilidades que surgen en operaciones DP, tales como fallos de manipulación del equipo, incidentes, emergencias, modos de fallo, de manera que se garantice que las operaciones que surjan en casos reales, son conducidas del modo más adecuado posible. La formación no debería limitarse a candidatos DPOs o capitanes, si no que debería extenderse a todo tipo de técnicos que vayan a verse involucrados en operaciones DP. Los DPOs deberán estar familiarizados con toda la documentación relativa a las operaciones DP, como manuales, informes FMEAs, etc.
5. Toda la formación debería ser impartida por el adecuado personal cualificado, y con la experiencia oportuna.
6. Todos los capitanes y DPOs deberían ser conocedores de las particulares especificaciones de los equipos DP, de los que disponen a bordo, y de las características de sus buques. Es muy importante la familiarización previa, al comienzo de las operaciones con DP.

12.3 INFORME DE INCIDENTES

Por todos es sabido el gran beneficio que supone para todos, el estudio de los incidentes marítimos, la elaboración de informes y su posterior publicación.

Por este motivo, la IMCA se ha encargado desde hace varios años de llevar a cabo este proceso, respecto de los incidentes marítimos ocurridos con buques operando en modo DP. Los resultados de los informes son publicados anualmente.

Las estadísticas que resultan de la elaboración de estos informes, son de especial relevancia para conocer aquellas tendencias, precursoras de fallos, que necesitan ser abordadas. En un análisis realizado en el 2004, los factores que causaron incidentes por pérdida del control de la posición fueron: Fallo del DPO 16%, sistemas de referencia de posición 32%, suministro energético 24%, sistema de propulsión 12%. El resto del porcentaje se reparte entre fallos informáticos, eléctricos y condiciones medioambientales.

El estudio de incidentes durante todos estos años, destapa un número de problemas comunes a todos los DPOs. Uno de ellos, es el carente uso de los sistemas de referencia de posición. Si, por ejemplo, se despliegan 3 PRSs (supongamos 2 DGPS y un Fanbeam) pero 2 de ellos son iguales o están basados en el mismo principio de funcionamiento, el equipo es vulnerable a que ocurra un “common-mode failure”. Si los dos DGPS fallan por el mismo motivo, el sistema de voto lógico del equipo, rechaza a Fanbeam, el único en aquel momento que estaba funcionando correctamente. Aunque la causa principal de estos incidentes es el fallo de los PRSs, debemos percatarnos que también está presente el fallo/factor humano, ya que el DPO debería haberse percatado de la vulnerabilidad del sistema ante los “common-mode failure”, tomando las medidas necesarias para evitarlos.

Otro de los problemas comunes que ha sido descubierto, es la tendencia general a pensar que los buques de clase 3, son invulnerables y nada puede

ir mal en ellos. Un número considerable de incidentes han ido sucediendo, debido a esa creencia generalizada de “eso no puede suceder en un buque de esta clase”. Desafortunadamente, los buques se componen de sistemas complejos, y a menudo son contruidos a la oferta más baja, recortando demasiados gastos, especialmente en aquellos buques tradicionales, que han sido convertidos a DP.

Cualquier buque es vulnerable al suceso de un blackout total, independientemente de la protección que se haya instalado en su servicio energético. En un buque de 6 propulsores alimentados por cuadros eléctricos diferentes e independientes, sigue existiendo la posibilidad de que todos los propulsores puedan fallar simultáneamente, y en un buque con 4 PRSs completamente redundantes e independientes, también cabe la posibilidad de perder la referencia de posición, por no quedar totalmente libre el buque de perder todos sus PRSs a la vez. Todos estos sucesos pueden ocurrir, e informes de la IMCA lo verifican.

12.4 FACTOR HUMANO

Uno de los mayores estudios realizados sobre la implicación del factor humano como causa del principal en el suceso de incidentes, en el mundo del DP, fue el proyecto escrito por el Capitán J Hughes en 1994, titulado “The Human Factors Pilot Project”, publicado por la DPVOA, antigua IMCA. Este trabajo sigue siendo de gran relevancia, y por ello alguno de sus hallazgos serán vistos a continuación.

El estudio de incidentes llevado a cabo por parte de la IMCA entre el periodo 1987-2008, concluye que el factor humano es el responsable de un 20% de los incidentes. Aunque esta cifra sigue siendo bastante alta, se aleja de aquel 50% de finales de los 80.

Esa reducción se puede deber a un número de razones. Una de las cuales, sería la implantación de un sistema formativo de DPOs, sistemático, regulado, y llevado a cabo por el “Nautical Institute”. Por otro lado, el los

últimos años, los equipos son más fáciles de usar y también son más fiables. A menudo, un incidente sucede debido a un error atribuible al operador, pero el diseño del equipo y su interfaz es un factor contribuyente. Los equipos modernos, montan interfaces Windows, las cuales son mucho más intuitivas y fáciles de usar.

La acumulación de experiencia en el manejo de los equipos, a ido permitiendo el desarrollo de nuevos y mejorados manuales. Los niveles de redundancia se han incrementado, y el mejoramiento de las técnicas identificadoras de riesgos han también contribuido.

El estudio de los factores humanos, se centra en 5 áreas claves, de particular relevancia: “ Man/machine interface, DP management issues, training and competence, identification of stressors, aspects of human behavior”

i. Consolas DP

Uno de los problemas que surge con ellas, es la gran sobrecarga de información que proporcionan, mucha de ella irrelevante en un momento dado. El DPO debe enfrentarse en todo momento, a una innumerable cantidad de botones, funciones y posibilidades.

ii. Sobrecarga de trabajo y falta de inspiración

La sobrecarga de tareas y la falta de inspiración, son factores presentes en un día de trabajo del DPO. Existen demasiadas situaciones en las que la cantidad de trabajo que ha de realizar el DPO es excesiva, teniendo que realizar otras funciones adicionales al manejo de la consola DP.

Esto incrementa los niveles de estrés del DPO, lo que provoca a su vez un incremento de las probabilidades de incidente por parte del factor humano. Cómo ya hemos visto anteriormente, es muy importante que el DPO se concentre en el manejo de la consola, sin tener que realizar ninguna otra tarea que lo despiste.

iii. Cambios de guardia

Aunque los cambios de guardia, son a menudo beneficiosos y efectivos, podrían resultar perjudiciales para la seguridad del buque cuando se realizan en periodos de tiempo muy cortos.

A menudo, cierta información relevante no es transmitida entre los compañeros y el DPO entrante en la guardia podría no ser consciente de la situación con la que tendrá que lidiar. Esto, suele pasar a menudo, cuando el capitán releva al DPO, para que este último pueda atender a otras tareas.

iv. Presencia de personal no-DP

En la mayoría de los buques, el área de control DP, es de libre acceso para todo tipo de personal, causando distracciones y ruido. Es de gran importancia que el área de trabajo del DPO se encuentre con el aura apropiada, dedicada única y exclusivamente al objetivo de conducir de manera segura las operaciones DP, y libre de cualquier otra tarea.

v. Manuales inadecuados o documentación inapropiada

Esto es hoy en día un pequeño problema, aunque ocasionalmente ocurre que los equipos de los que disponemos y sus manuales no son del todo compatibles, poco comprensivos o difíciles de usar.

vi. Comunicado de incidentes

A pesar de que la IMCA trata de crear una base de datos con informes de todos los incidentes ocurridos, es evidente que no todos los incidentes salen a la luz. Por otro lado, algunos de los comunicados aportados por parte de las tripulaciones, son engañosos y demasiado imprecisos. Es aquí, donde el personal trata de evitar la responsabilidad debida al factor humano.

vii. Formación y competencia de DPO

Una limitación inherente al entrenamiento y formación en tierra, es la compatibilidad de cualquiera de los simuladores terrestres, respecto de un barco en concreto. Sin embargo, la formación y entrenamiento, sigue siendo

el arma más poderosa para asegurar la idoneidad de los DPOs, y está directamente ligada al elemento factor humano.

vii. Familiarización con el buque

Se han dado ha conocer un cierto número de incidentes, debidos al insuficiente conocimiento de los DPOs respecto de sus buques y sistemas (DPOs de nueva incorporación a la plantilla del buque).

viii. Fatiga

Las principales causas de fatiga del DPO, son problemas relacionados con la falta de sueño, altos niveles de ruido y estrés. Los operadores que mayor sufren de problemas de sueño, son aquellos que tienen sus guardias en horario de noche. No siendo por el día suficiente el descanso. Las guardias compartidas por dos DPOs, suponen una solución parcial a este problema.

ix. Irresponsabilidad por parte del DPO

Aunque sin mayor importancia, se han dado casos en los que los incidentes han sucedido debido a la mala praxis de los DPOs, falta de responsabilidad, y violación de las reglas.

x. Condiciones de empleo y reputación de los DPOs en la industria

Es evidente la correlación existente entre condiciones laborales, morales y de satisfacción por parte de los DPOs. Malas condiciones laborales, implicarán bajos niveles de moralidad de las tripulaciones y en definitiva, las medidas de seguridad serán a menudo menospreciadas. Los DPOs trabajarán de un modo más positivo, cuando se ha hecho un esfuerzo para tratar de integrarlos en la industria, aumentando sus niveles de satisfacción y auto-estima.

13. CONCLUSIONES Y VALORACIÓN PERSONAL

Las buenas condiciones laborales y la gran demanda de profesionales cualificados que presenta la industria del offshore ha sido el principal motivo que ha propiciado que me haya interesado por esta rama del mundo marítimo. Si bien, cabe decir que en España a penas existen buques que cuenten con sistemas de posicionamiento dinámico y el mercado laboral en nuestro país en esta área es prácticamente nulo o inexistente (algún buque de salvamento). Por ello, para labrarse un futuro como DPO en el mundo del offshore, ya no solo es necesario poseer las titulaciones académicas necesarias, sino también poseer un buen dominio del idioma internacional, y así poder plantearse una carrera laboral de este tipo, en el extranjero. Actualmente, países como Noruega, Australia, E.E.U.U, México, Reino Unido, etc cuentan con una gran oferta de trabajo para DPOs. Si bien, cabe de nuevo decir que, éstas ofertas de empleo buscan, a menudo, DPOs Seniors; y adquirir el título de DPO Senior, no es tarea fácil, pues cómo ya hemos visto, se requieren varios días de navegación abordo de buques que hagan uso de su sistema DP2/3. Encontrar en nuestro país navieras que permitan hacer éste tipo de prácticas en misión casi imposible. Si bien, existen empresas en el extranjero en las que se puede embarcar como oficial de puente y a la vez ir haciendo días que sirvan para la expedición del título de DPO. En mi caso, decir que para la realización del presente trabajo me he tenido que basar en los conocimientos adquiridos durante la realización del curso de inducción DP, y de alguna bibliografía auxiliar, pues no cuento aún con ninguna experiencia en el sector. No por ello, pierdo la esperanza de poder algún día de abrirme camino en este mundo y adquirir los conocimientos suficientes para poder realizar, y quién sabe, incluso publicar el primer manual o libro en español, explicando los conceptos y principios fundamentales del sistema de posicionamiento dinámico, pues hasta el momento, la bibliografía que me he encontrado es tremendamente escasa y toda en inglés.

La realización de este trabajo no ha sido una tarea sencilla, al contar con tan escasa bibliografía al respecto y estrictamente en inglés, siendo además casi

todos los manuales versiones modificadas del mismo manual padre, este trabajo ha supuesto un largo proceso de comprensión, adaptación y traducción. No por ello, deja de cumplir el objetivo que me propuse desde el principio: Realizar un modesto trabajo, con vocabulario sencillo y de fácil comprensión, que permita a todo el mundo entender en qué consiste un sistema de posicionamiento dinámico y sus aplicaciones.

El sistema de posicionamiento dinámico es un equipo sumamente complejo y delicado, e incluso hoy por hoy, su disposición a bordo supone un alto coste. Sin embargo, dado los múltiples beneficios que conlleva su instalación y disposición, desde mi punto de vista, será un sistema que poco a poco se irá instalando en la mayoría de los buques como un equipo del puente de gobierno más, sobre todo en aquellos buques que realizan largas maniobras portuarias, o aparatosas maniobras de amarre y atraque. Por otro lado, a pesar, de que en el mercado existen diferentes marcas comerciales, parece ser que Kongsberg Maritime AS sigue siendo el rey del mercado.

La formación y conocimiento en nuestro país en lo que respecta al mundo del posicionamiento dinámico es mínima. A pesar de que existe una escuela situada en Barcelona, reconocida y acreditada por el Nautical Institute, los simuladores de los que allí se dispone no son de marcas conocidas y muchos de los alumnos deciden formarse en el extranjero. Por otro lado, decir también que en mi plan de estudios en ningún momento se nos comentó nada al respecto de este innovador sistema. Por ello, y viendo el creciente mercado que en un futuro no muy lejano nos encontraremos, sería una buena idea que nuestro país considerase la formación de operadores DPO de un modo más firme, o al menos, que el conocimiento en lo que respecta a este sistema de navegación y gobierno automatizado, sea transmitido por las escuelas náuticas a sus alumnos, para que todo marino profesional español no sea un ignorante de la materia.

Recordar por otra parte, que junto a este TFG se adjunta un CD con multitud

de información complementaria: Manuales de donde he recopilado toda esta información y otro tipo de documentos realmente interesantes para todo aquel que quiera seguir indagando en el mundo del posicionamiento dinámico.

Por último, mi agradecimiento a todos aquellos que os habéis molestado en leer este trabajo, y agradecer la ayuda y colaboración por parte de mi tutor, Jose Iván Martínez García.

Gracias a todos ellos.

APÉNDICE A

A pesar de que la mayoría de los términos empleados en el desarrollo de este TFG han sido traducidos al español, a continuación se presenta un glosario de términos y abreviaciones relacionadas con el mundo del DP y del Offshore, que ayudará a comprender documentos relacionados con esta industria.

ADS- Atmospheric Diving Suit, enabling diver access to depths greater than 450m.

AoD- Age of Data. The latency of the corrections within the DGPS system.

Artemis- A microwave position reference system using one shore and one shipboard transceiver, giving range and bearing information.

Autotrack- A DP function allowing the vessel to follow a predetermined track.

AUV- Autonomous Underwater Vehicle.

BOP- Blow-out preventer. A component of the wellhead “stack”.

C/A Code- The Coarse Acquisition code used with the DGPS system.

C/R- Centre of rotation.

Central Meridian- The datum meridian for measurement of Easting in a Transverse Mercator Projection.

Centre of Rotation- The reference spot within the vessel.

c.p.- Controllable pitch (propeller).

Cycloconverter- A variable speed a.c. Drive system.

CyScan- A láser based position reference system manufactured by GCS.

DARPS- Differential Absolute and Relative Positioning System, a DGPS-related PRS used by shuttle tankers and FPSOs.

Depthtransponder- An acoustic transponder giving depth data.

DGPS- Differential GPS

DNV- det Norske Veritas, the Norwegian Classification Society.

DoD- The US Department of Defense.

DOP- Dilution of Precision.

DP- Dynamic Positioning.

DP (AA)- The Lloyd's Classification for DP vessels of Equipment Class 2.

DP (AAA)- The Lloyd's Classification for DP vessels of Equipment Class 3.

DP (AM)- The Lloyd's Classification for DP vessels of Equipment Class 1.

DP (CM)- The Lloyd's Classification for DP vessels of Limited capability.

DPO- Dynamyc Positioning Operator.

DQI- DGPS Quality Indicator.

DSV- Dive Support Vessel.

Duplex- A DP system having two computers to provide redundancy.

ECR- Engineering Control Room.

ED- Emergency Disconnection (drilling rig).

ESD- Emergency Shutdown and Disconnection procedure for offshore loading shuttle tankers.

ETO- Electrical and Technical Officer.

Fanbeam- An optical Laser radar position reference system.

FMEA- Failure Modes and Effects Analysis.

FOC- Full Operational Capability of the GPS system, declared on 17th July 1995.

fp- Fixed pitch (propeller).

FPSO- Floating Production, Storage and Offtake Vessel.

FSVAD- Flag State Verification and Acceptance Document.

Galileo- The proposed European satellite navigation system.

GNSS- Global Navigation Satellite System.

GPS- The Global Positioning system of satellite navigation.

G-Vec- A relative GPS position reference system manufactured by MDL.

HAIN- Hydroacoustic Aided Inertial Navigation.

HDOP- Horizontal Dilution of Precision, a measure of accuracy in the GPS and DGPS.

HiPAP- The Kongsberg Maritime High Precision acoustic positioning system.

HPR- Hydroacoustic Position Reference.

HSE OD- The Health and Safety Executive Offshore Division.

HV- High Voltage.

IMCA- International Marine Contractors Association.

IMU- Inertial measurement unit.

INS- Inertial Navigation system

LBL- Long Baseline HPR

LFJ- Lower Flex Joint. The connection between the riser and the wellhead structure.

LMRP- Lower Marine Riser Package.

MBR- Machinery Control Room.

MLBE- Mooring line buoyancy element.

MMI- Man-Machine-Interface.

MOU- Mobile Offshore Unit.

MRU- Motion Reference Unit.

Network DGPS- DGPS using multiple reference stations instead of a single one.

NMD- The Norwegian Maritime Directorate.

NMEA 0183 – A standard format for the transference of data in marine navigational equipment.

OIM- Offshore Installation Manager.

OLT- Offshore Loading Terminal. A buoy, articulated tower or rigid tower used by shuttle tankers for loading crude oil for export.

PLEM- Pipeline end manifold.

PME- Position Monitoring Equipment (Equivalent to PRS)

PPS- The Precise Positioning Service from the GPS system, only available to approved military users.

PRC- Pseudo-Range Corrections provided within the DGPS system.

PRS- Position Reference System.

Pseudo-range- The basic navigation measurable of GPS. Also referred to as PSR.

Relative GPS- A position reference used by shuttle tankers (see DARPS).

Responder- A form of transponder where the interrogating signal is conducted by hard-wire rather than through water.

Riser Angle mode- The mode by which DP control is exercised in deep water drilling applications.

RMS- Riser Management System.

ROV- Remotely Operated Vehicle, usually an unmanned submersible.

SA- Selective Availability.

SD- Standard Deviation, or Variance in data from a position-reference system.

Simplex- A non- redundant DP system, single computer.

SPS- The Standard Positioning Service from the GPS system.

Stinger- A heavy gantry deployed at the stern of a pipelay vessel, supporting the pipe as it is laid. Used in the S-lay method.

STL- Submerged Turret Loading.

Surge- Vessel movement in the fore-and-aft direction.

SV- Space vehicle or satellite (GPS etc).

Sway- Vessel movement in the transverse direction.

Taut Wire- A position reference system consisting of sensors detecting the length and angles of tensioned wire leading to a weight on the sea bed.

TMR- Triple Modular Redundancy; the voting concept of redundancy.

TMS- ROV tether management system.

Tp- Transponder, used as part of an HPR system.

Transducer- The acoustic probe on the vessel's bottom used as part of the HPR system.

Transponder- A sea bed beacon used with HPR (see Tp).

Trencher- A sea bed crawler vehicle intended to trench and bury a previously laid pipeline.

Trimcube- A specialist taut wire sensor used in trenching applications.

Triplex- A DP system having three computers providing redundancy through voting logic.

Variance- A measure of the spread of successive positions derived from a PRS.

Voting- A system of redundancy using triplicated systems and a "Two-out-of-three" vote on all critical values.

UPS- Uninterruptible Power Supply.

USBL- Ultra Short Baseline, a principle used with HPR.

UTM- The Universal Transverse Mercator projection and co-ordinate system.

VRS- Vertical Reference Sensor, a device giving accurate values for vessel Roll and Pitch values.

VRU- Vertical Reference Unit- see VRS.

VSD- Variable Speed Drive.

WGS 84- The World Geodetic Spheroid upon which the GPS system is based.

Yaw- Vessel rotation about the vertical axis. Change of heading.

APÉNDICE B

BIBLIOGRAFÍA

- Operator Manual “DP BASIC COURSE”. The Dynamic Positioning Centre. John Gorman-Charlton.
- <http://www.dynamic-positioning.com/>
- Offshore Support Vessels. A Practical Guide. Gary Ritchie. Master Mariner, BA (Hons) MNI
- Students Reference Manual (Rev.002) – DP Basic/Induction Course. Italian Maritime Academy Technologies.
- DP Operator’s Handbook. The Nautical Institute. Captain David Bray.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 1.
- DP Vessel Design Philosophy Guidelines. Marine Technology Society. Dynamic Positioning Committee. PART 2.
- MSC Circ 738. Guidelines for Dynamic Positioning Operator Training. IMO. June 1996.
- MSC Circ 645. Guidelines for vessels with Dynamic Positioning Systems. IMO. June 1994.
- International Guidelines for the Safe Operator of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels. IMCA M 182. Rev 1. Aug 2009.
- The Common Marine Inspection Document. IMCA M 149 Issue 7. Mar 2009
- FMEA Management Guide. IMCA M 178. April 2005
- Guidance on the Investigation and Reporting of Incidents. IMCA SEL 016, January 2007.
- Analysis of Station Keeping Incident Data 1994-2003. IMCA M 181, January 2006.
- Considerations about the use of hold-back vessels during DP diving operations. IMCA M 185. Feb 2007.
- Deep water Acoustic Positioning. IMCA M 200. Oct 2009.

- Guidance on Simultaneous Operations (SIMOPS). IMCA M 200. Mar 2010