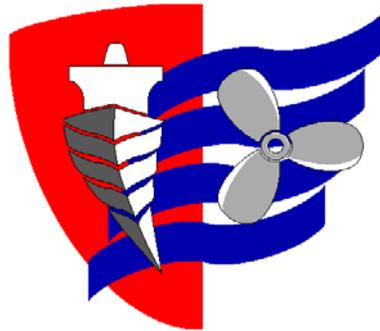


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



Trabajo Fin de Máster

**SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO DINAMICO:
KONSBURG VS ROLLS ROYCE. UN ESTUDIO
COMPARATIVO**

**(DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS:
KONSBURG VS ROLLS ROYCE. A COMPARATIVE STUDY)**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Autor: F. Javier Arrieta Sebastián
Director: Andrés Rafael Ortega Piris

Marzo-2018

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

Trabajo Fin de Máster

**SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO DINAMICO:
KONSBERG VS ROLLS ROYCE. UN ESTUDIO
COMPARATIVO**

**(DYNAMIC POSITIONING SYSTEMS:
KONSBERG VS ROLLS ROYCE. A COMPARATIVE STUDY)**

**Para acceder al Título de Máster Universitario en:
Ingeniería Náutica y Gestión Marítima**

Índice

Índice.....	I
Resumen y Palabras clave.....	1
I.- INTRODUCCIÓN.....	3
II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
II.1.- Planteamiento del problema	4
II.1.1.- Hipótesis de partida y de resultado	4
II.1.2.- Planteamiento del problema.....	4
II.2.- Herramientas de resolución	5
II.3.- Metodología	6
III.- APLICACIÓN PRÁCTICA.....	7
III.1.- Transferencia de los controles de la máquina al sistema de DP.....	7
III.2.- Maniobra en Joystick	7
III.3.- Movimientos principales.....	10
IV.- DISCUSIÓN.....	15
IV.1.- Transferencia de los controles de la máquina al sistema de DP.....	15
IV.2.- Maniobra con Joystick.....	15
IV.3.- Movimientos principales.....	17
IV.4.- Otras consideraciones	24
V.- CONCLUSIONES.....	26
VI.- BIBLIOGRAFÍA.....	27
ANEXO I: Maniobra con DP	28
VI.1.- Navegando (Steaming)	28
VI.2.- Transfiriendo el mando a la consola del DP.....	28
VI.3.- Tomando el control del DP.....	29
VI.4.- Maniobra básica con DP	37
VI.5.- Cambio de posición	37
VI.6.- Heading.....	41

ANEXO II: Sistemas de Referencia y Sensores43

Resumen y Palabras clave

Resumen

El presente trabajo es una comparativa entre dos sistemas de software para Posicionamiento Dinámico (DP) de buques desarrollados por la empresa Kongsberg Maritime Ltd. y Rolls Royce Marine. Se llevará a cabo una evaluación desde el punto de vista de un oficial-usuario-operador sin conocimientos informáticos, tanto de la facilidad de uso como de la utilidad y respuesta de ambos. Se establecerán comparativas entre distintas situaciones y maniobras básicas, así como el tipo de datos que ofrecen y la manera en que son presentados. No es objeto del presente trabajo mostrar el funcionamiento del sistema DP, ni de sistemas de referencia o distintos tipos de sensores, sino que nos ceñiremos a la evaluación y comparativa citadas. La elección de estas dos empresas es debido a que entre ambas se reparten una amplia cuota del mercado offshore internacional.

Palabras clave

Posicionamiento Dinámico, aproamiento, offshore

Summary

The present work is a comparison between two software systems for Dynamic Positioning (DP) of ships developed by the company Kongsberg Maritime Ltd. and Rolls Royce Marine. An evaluation will be carried out from the point of view of an official-user-operator without computer knowledge, both the ease of use and the usefulness and response of both. Comparisons will be established between different situations and basic maneuvers, as well as the type of data they offer and the way in which they are presented. It is not the object of the present work to show the operation of the DP system, nor of reference systems or different types of sensors, but we will stick to the aforementioned evaluation and comparison. The choice of these two companies is due to the fact that the two companies share a large share of the international offshore market.

Keywords

Dynamic Positioning, Heading, Offshore

I.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo explicará de un modo empírico, las diferencias que un operador de DP encontrará al utilizar los sistemas de software que proporcionan la empresa Kongsberg Maritime Ltd. y Rolls Royce Marine, por otro lado.

La metodología empleada consistirá en someter a una embarcación tipo remolcador offshore a diferentes maniobras y a estudiar cómo se debe proceder con cada uno de ellos y cuál es el comportamiento de cada sistema.

Además de las maniobras, estudiaremos también los datos que ofrece cada sistema de ellos en pantalla y la facilidad de lectura así como la utilidad de las herramientas que proporciona.

Objetivamente se mostrarán los pros y contras de cada uno, y en ningún caso se hará una comparación en modo competitivo de ambos sistemas. Cualquiera de los puntos que se tratan podrían ser modificados por el fabricante mediante software.

Es importante también señalar que incidiremos en el producto como software, obviando los diferentes periféricos que cada fabricante ofrece en el producto y que bien podrían ser genéricos en ambos.

En el apartado de conclusiones se planteará por cuestiones de seguridad operativa, la necesidad de estandarizar estos productos, con el fin de que cualquier operador de Posicionamiento Dinámico, no necesite de un largo periodo de adaptación al cambiar de buque.

Para la correcta comprensión del presente estudio por aquellos lectores que carezcan de experiencia previa en este tipo de maniobras y sistemas, se incluye un anexo en donde se explican los principios básicos del Posicionamiento Dinámico.

Es en el epígrafe “Aplicación Práctica” y posterior “Discusión” donde encontrará el lector las claves del estudio realizado.

II.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

II.1.- Planteamiento del problema

II.1.1.- Hipótesis de partida y de resultado

II.1.1.1.- Hipótesis de partida

Se aplicará el siguiente estudio a aquellos buques clasificados como de Posicionamiento Dinámico en sus diferentes clases, y aquellos que para su gobierno bajo este sistema dispongan de software proporcionado por las empresas Kongsberg y Rolls Royce.

Se evaluará en cada caso y cada maniobra la facilidad o dificultad del operador para realizarla, así como la utilidad de los datos y herramientas que nos proporciona cada fabricante.

Es importante señalar que el estudio se realizará exclusivamente sobre el software de producto. Esto quiere decir que cada embarcación gozará de una mayor o menor potencia de máquina, diferentes tipos de hélices y propulsores, que facilitarán o dificultarán las posibles maniobras. Se trata pues de estudiar el entorno del operador del sistema independientemente de la capacidad de la máquina o su configuración.

II.1.1.2.- Hipótesis de resultado

Tras el trabajo empírico se concluirá valorando la facilidad, fiabilidad o interés para el operador, de los distintos comandos a aplicar en los sistemas, o la muestra de datos que él mismo proporciona, con el fin de proponer un plan de mejora a ambas compañías o futuros creadores de este tipo de software.

II.1.2.- Planteamiento del problema

Durante la aplicación práctica se realizará una comparativa entre los dos sistemas, dos productos generados por diferentes fabricantes que deberían aportar soluciones similares.

No se trata de diferenciar cuál de ellos es más o menos válido, ya que ello dependerá de la costumbre que cada operador tenga en manejar cada uno de los sistemas, más bien, y esta idea quedará mejor explicada en el epígrafe de discusión, se tratará de extraer de cada sistema de DP las herramientas más propicias y más habituales para la comodidad del común del operador. Así mismo se aportará una opinión personal sobre cada una de las funciones.

II.2.- Herramientas de resolución

Para someter a los sistemas y actuar sobre ellos como herramientas emplearemos los manuales que proporciona cada fabricante y seguiremos sus instrucciones.

Existe documentación oficial y no oficial sobre el gobierno de este tipo de embarcaciones, así como de su regulación.

IMO¹ como entidad oficial, tardíamente, establece estándares en la maniobra y en la formación del personal que opere en este tipo de buques (1),(2), sin embargo son IMCA² como entidad privada a la que se adhieren voluntariamente las diferentes compañías, los que en concreto publican periódicamente los procedimientos a seguir para cada tipo de operación bajo sistema de DP (3),(4).

El Nautical Institute de Londres, por otro lado, regula la capacitación y titulación de los operadores de DP y así mismo publica recomendaciones, basadas principalmente en la seguridad sobre la navegación y maniobras (5).

Cada compañía, por otro lado, establece estándares de empleo de los sistemas de posicionamiento dinámico en cada buque, y entrega documentos controlados tales como manuales y listas de chequeo antes del comienzo de las operaciones (6),(7).

Así mismo hemos trabajado con otro tipo de bibliografía que son trabajos de descripción del sistema DP (8),(9),(10), de formación para operadores (11) y de evaluación de riesgos en operaciones Offshore (12)

¹ IMO International Maritime Organization

² IMCA International Marine Contractors Association

II.3.- Metodología

Se partirá del supuesto de un buque equipado con un sistema de DP de los fabricantes referidos en su momento de navegación común estándar.

Siguiendo las instrucciones de los manuales de los distintos fabricantes, comenzaremos pasando la maniobra del barco de manual a automático, y de ahí a maniobra con DP.

La descripción de los importantes elementos en cualquier sistema de DP como son sus sistemas de referencia o sensores se describirán en el Anexo II, partiéndose para nuestro estudio de una situación hipotética en la que los mismos funcionan a la perfección, proporcionando una posición correcta y filtrada, y que tanto giroscópicas, sensores de viento como sensores de movimientos verticales no dan fallo y presentan un buen funcionamiento, evitando introducir parámetros en la ecuación que no interesan en el presente estudio y que sin embargo se han de tener muy en cuenta en casos reales de maniobra.

Se situarán ambos sistemas en la misma circunstancia y se operarán en las mismas condiciones, tomando nota del modo de acometer cada orden y la respuesta que ofrecen.

Previamente a las conclusiones finales se llevará a cabo una discusión sobre cada una de las maniobras realizadas y se reflexionará sobre los pros y los contras de los modos de proceder instaurados por cada fabricante, aportando ideas para su modificación con el fin de mejorar el interface hombre-máquina.

III.- APLICACIÓN PRÁCTICA

Comenzaremos el estudio comparativo partiendo de un buque en situación común de navegación con orden directa manual a la máquina, el cual llevamos a una parada controlada con posterior transferencia de los controles a DP.

III.1.- Transferencia de los controles de la máquina al sistema de DP.

Icon Rolls Royce. Se efectuará pulsando dos veces sobre el on/off.

Una vez posicionados en cero los mandos de cada propulsor. El sistema facilitará el uso en modo DP de todos los propulsores y timones disponibles automáticamente.

Nos encontraremos en el modo convencional de joystick.

La pantalla ofrece datos de dirección y velocidad del viento no siendo así con la corriente³.

K-Pos Kongsberg. Con los controles de los propulsores ya a cero, se posicionará un conmutador en modo DP, se pulsará la tecla de modo Joystick dos veces y habrán de aceptarse todos los propulsores y timones uno a uno para su gestión en modo joystick.

Desde el primer momento la pantalla nos ofrece velocidad y dirección del viento así como de la corriente.

III.2.- Maniobra en Joystick

Icon Rolls Royce. Dispone de un joystick (Fig. 1) que permitirá movimientos avante atrás, babor y estribor y la posibilidad de cambio de aproamiento en un movimiento rotatorio sobre el eje vertical del mando.

³ Corriente, de aquí y en lo sucesivo, se determinará como el conjunto de fuerzas externas que afectan a la posición del barco, no teniendo que ser estas coincidentes con la corriente del agua. Un elemento arrastrado por la embarcación, sería considerado por el sistema de DP como corriente en contra. Se hace notar que en el sistema Rolls Royce, este elemento se presenta como "Rest Force", "otras fuerzas" mientras en Kongsberg aparece mencionado como "Current", "corriente".

Es habitual que bajo esta circunstancia de navegación, la potencia de respuesta a nuestras órdenes se vea limitada a la mitad, es decir, con el fin de no forzar las máquinas y en condiciones normales, la reacción de las mismas se suaviza. Habitualmente el operador de DP tendrá seleccionada la ganancia del joystick en “media”. Para cambiar la ganancia en este sistema deberemos pulsar en la pantalla en “Gain” y posteriormente en la opción Joystick modificar esta ganancia a “High”, es entonces cuando la reacción de las máquinas será inmediata a nuestra orden dada a la palanca del Joystick.

Notaremos también que para el cambio de aproamiento, habrá que “retorcer” el joystick, es decir, girarlo sobre su eje vertical, y en este caso un resorte interno tendera a volver el joystick a su posición neutral.



Fig.1: Joystick sistema Rolls Royce (foto del autor)

En condición de maniobra bajo Joystick, Icon no facilita ningún dato sobre la corriente, en este caso llamada “Rest Force”

K-Pos Kongsberg. Dispone de un Joystick que nos permitirá mover el barco proa-popa, babor-estribor y cambiar su aproamiento girándolo sobre su eje vertical.

Para modificar la ganancia y tiempo de reacción de los propulsores a la orden, pulsaremos sobre el botón “Full Joystick” (Fig.2) que encontraremos en el teclado.

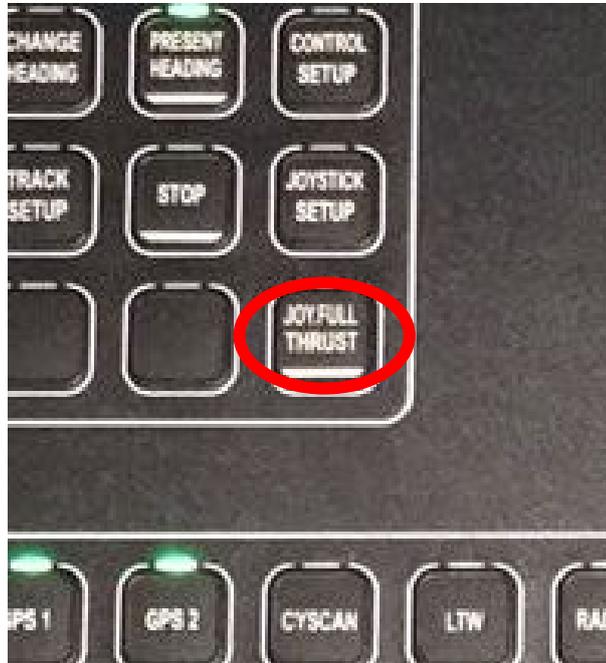


Fig.2: Foto detalle Full Joy (foto del autor)

Podremos girar el Joystick (Fig.3) sin efecto de resorte libremente, notando un punto de sensibilidad al paso por su punto cero o de no cambio de apromiento.

K-Pos sí ofrece datos de dirección e intensidad de la corriente en esta condición.



Fig.3: Foto Joystick K-Pos (Konsberg website)

III.3.- Movimientos principales

En esta apartado se analizará el modo de acometer las maniobras básicas. Movimientos de proa a popa o babor a estribor así como de los cambios de aproamiento.

Son estos los movimientos más comunes, y se realizarán a diferentes velocidades seleccionables por el operador. Los movimientos de cambio de aproamiento se harán bajo la velocidad de caída o número de grados dividido por tiempo, habitualmente grados por minuto. Esto se denominará Rate of Turn, en lo sucesivo ROT.

Icon Rolls Royce. Podremos seleccionar para los movimientos de posición entre diferentes opciones:

- Cambio de posición babor, estribor, proa, popa;
- Cambio de posición hacia los puntos cardinales;
- Cambio de posición entre diferentes latitudes o longitudes, geográficas o UTM⁴;
- Cambio de posición por demora y distancia.

Dispone este sistema, así mismo, de un joystick de control (Fig.4) que en su parte superior queda dividido en cuatro cuadrantes, correspondientes a proa, popa, babor y estribor.



Fig.4: Detalle Joystick parte superior (foto del autor)

⁴ UTM. Del inglés Universal Transverse Mercator. Se trata de un sistema de referencia en longitudes y latitudes, llamadas "northings and eastings", que a diferencia de los modelos de Mercator que tienen como punto de proyección secante el ecuador, se proyecta como secante a un meridiano. También tienen como característica que las distancias se miden en metros en vez de grados, minutos y segundos, más del uso en estudios de ingeniería.

Presionando estos botones obtendremos en pantalla un movimiento virtual del diagrama del barco. Una vez satisfechos con lo que muestra la pantalla podremos presionar “ok” o cancelar tal movimiento (Figs. 5 y 6).

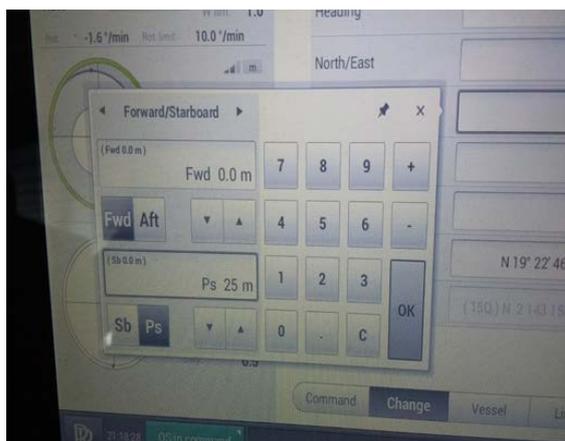


Fig.5: Detalle pantalla emergente de selección del movimiento (foto del autor).



Fig.6: Pantalla principal del DP (foto del autor).

De manera predeterminada, los botones del joystick seleccionan el movimiento de un único metro a cada lado, habiendo que presionar repetidas veces o de un modo prolongado cuando la intención sea mover la embarcación varios metros.

En la mayoría de las ocasiones, será este movimiento, metro a metro, el más utilizado en cualquiera de las direcciones, proa popa o babor estribor, actuando sobre los botones del joystick a tal fin. Para movimientos mayores, de 20m o más, será más cómodo realizarlo en pantalla y seleccionar con el teclado numérico que aparecerá la cantidad de metros deseada.

Encontramos también un tiempo estimado de llegada a la nueva posición con la velocidad que se haya seleccionado, variando éste en función del aumento o disminución de la velocidad (Fig. 7).

En el momento en el que se acepte un cambio de movimiento o “heading”, el dato de la corriente o “Rest Force” desaparece de pantalla.

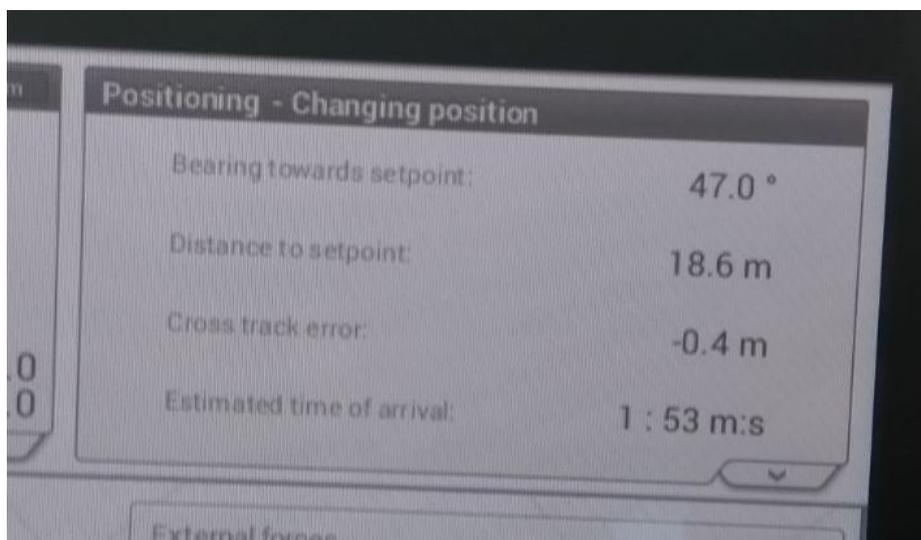


Fig.7: Datos de cambios de posición (foto del autor).

K-Pos Kongsberg. La filosofía Kongsberg trata de establecer la posibilidad de realizar los movimientos básicos del barco (proa-popa, babor-estribor) de tres modos diferentes.

- Empleando la botonera física (Figs. 8 y 9), que abrirá un menú en pantalla (Fig. 10);
- Desplegando los menús superiores de pantalla;
- Seleccionando el "setpoint" de posición y arrastrándolo con el botón principal del ratón pulsado a la nueva posición deseada.

Así cada diferente operador de DP podrá elegir el modo de actuar sobre el sistema de la manera en que se sienta más cómodo.

Como en Rolls Royce, podremos cambiar la posición mediante demora y distancia, por movimientos a los puntos cardinales o por diferencias de latitud y longitud así como en sistema UTM.

Del mismo modo, encontraremos tres modos diferentes para hacer cambiar la proa del buque.



Fig.8 y Fig.9: Botoneras físicas correspondientes a un SDP21 y un K-pos respectivamente(foto del autor)

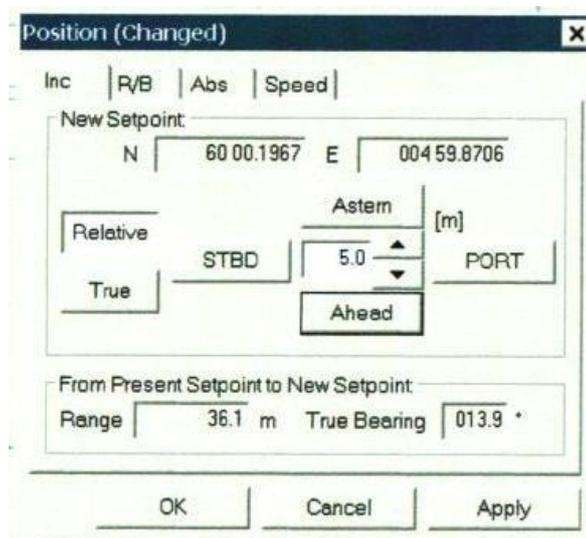


Fig.10: Ventana emergente al seleccionar un cambio de posición (foto del autor)

El joystick no dispone de botones de cambio de posición en la parte superior aunque si existe (si se requiere al fabricante) la posibilidad de adjuntar un pomo o ruleta que permitirá un cambio de aproamiento, con punto de sensibilidad en cada grado de cambio bien a babor o a estribor y botones superiores para cambios de proa menores al grado (Fig. 11).



Fig.11: Pomo de cambio de heading (foto del autor)

IV.- DISCUSIÓN

Estudiados los diferentes sistemas en tan solo la parte que considero de mayor importancia, trataré de evaluar las ventajas y desventajas de ambos, sin ánimo de puntuarlos como mejor o peor sistema.

Analizare lo que considero de mayor importancia para el operador, aquello que pueda cambiar su modo de actuar sobre los controles una vez envuelto en la maniobra.

Estos sistemas, como productos informáticos que son, se adquieren en los buques de manera modular, pudiendo el cliente, optar por diferentes módulos de comportamiento del DP teniendo en cuenta la labor a la que el barco se vaya a dedicar, por lo que compruebo que un mismo sistema Kongsberg o Rolls Royce, puede tener diferentes respuestas u opciones, dependiendo de la operativa del buque, tendido de cable, apoyo a plataformas, etc.

En mis conclusiones finales, desarrollaré opiniones solucionables mediante cambios en el software.

IV.1.- Transferencia de los controles de la máquina al sistema de DP.

Comenzaremos esta discusión con los sistemas de transferencia de los controles de la máquina al sistema DP. En mi opinión, y basado en mi experiencia en el manejo de estos sofisticados equipos, esta maniobra resulta especialmente sencilla en el caso de Rolls Royce, poniendo a disposición del operador todos los propulsores y timones disponibles con una sola pulsación del botón al efecto, mientras que Kongsberg en su sistema, obliga al operador a seleccionarlos uno por uno, ralentizando este proceso.

IV.2.- Maniobra con Joystick

Se trata en este caso, en el que el buque maniobra y se desplaza apoyado en el control de un Joystick. La filosofía del mismo, es el manejo de este periférico al sistema software.

Existe la filosofía de que el control de la embarcación mediante este Joystick se produzca fuera de los dominios de gestión del sistema del DP y no es así.

De un modo semimanual, el operador controlara los movimientos del buque, sin embargo, en alguna medida, las pantallas del DP ofrecerán datos gestionados por el mismo y así mismo, una simple pulsación por parte del operador, hará que el sistema de un modo informatizado y procesado se haga con el control de uno de los tres movimientos horizontales del buque, yaw, surge o sway.

En esta condición, joystick, o joystick combinado con alguno de los ejes bajo Dp, la fuerza externa (External Forces) que actúa sobre el caso del barco, en el sistema Rolls Royce, sencillamente desaparece, posiblemente el fabricante no muestre este dato por inexactitud, sin embargo, la presentación de esta fuerza externa, llamada corriente en los equipos de Kongsberg, es de gran ayuda para la maniobra, siendo suficiente una exactitud basada en los cuatro cuadrantes para que el operador pueda fácilmente aproar la embarcación hacia el punto desde donde le afecta esa supuesta corriente para poder posteriormente ajustar ya en DP y con más exactitud su mejor proa. Este concepto lo entenderán mejor los operadores destinados en buques menores y de limitada capacidad de máquina que no puedan mantener una posición cómoda con una corriente de costado de 2 nudos o más.

A modo de ejemplo, en un área como el Mar del Norte de mucha actividad de embarcaciones offshore equipadas con sistemas de DP, es muy interesante disponer de algún dato de corriente, habida cuenta de que es este un mar de fuertes corrientes producidas por, entre otras cosas, las mareas, es decir, cambiantes y casi de dirección opuesta, cada, aproximadamente, seis horas.

Ganancia en el Joystick. Habitualmente, los movimientos bajo joystick, se realizan en ganancia media, o baja. Esto quiere decir, que el operador, recibirá una respuesta no directa de los motores a sus ejecuciones, si no, atenuada por el DP. Un movimiento brusco de la palanca del Joystick, recibirá una respuesta media o baja de parte de los propulsores, haciendo más suave la maniobra.

Sin embargo, se producirán condiciones en las que necesitemos toda la potencia, y muchas de estas situaciones se producirán de inmediato, como un cambio brusco de las condiciones meteorológicas, que requieran una respuesta pronta del operador.
Fig.12.

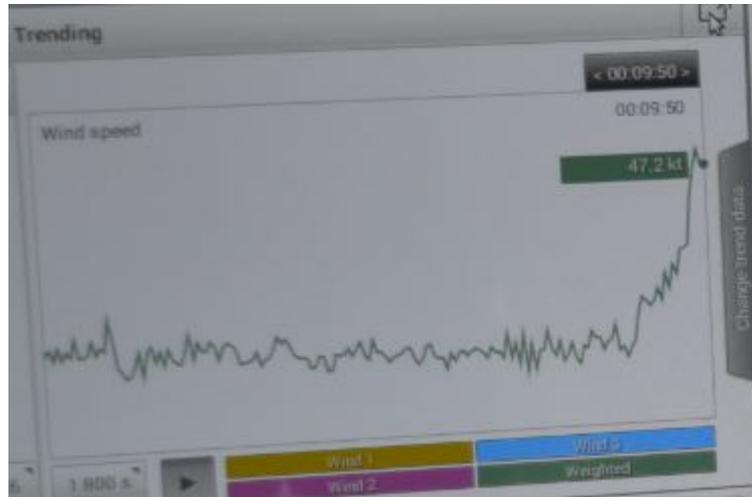


Fig.12: Grafica de incremento repentino de la velocidad del viento. (foto del autor)

No será este el momento oportuno de buscar entre las diferentes pantallas donde se ubica el modo de ganancia del joystick, y será necesario un botón físico o táctil en pantalla que apareciera en el momento en que estemos actuando sobre el joystick.

Kongsberg ofrece un botón físico "Full Joystick" que activara inmediatamente la ganancia máxima del Joystick sobre la máquina, mientras que en Rolls Royce, tendremos que seleccionar en la pantalla de control, la pestaña "GAIN" para posteriormente, en la opción de "Joystick" seleccionar su modo "High".

Una opción interesante sería que cada vez que liberemos del Auto Dp uno de los tres ejes de maniobra, emergiera un botón "Full Joystick" o bien "High Gain", en la pantalla de control de Rolls Royce con el fin de poder tener una respuesta rápida a cualquier eventualidad.

IV.3.- Movimientos principales

Finalmente, con respecto al comportamiento de los sistemas en una situación de cambio de aproamiento, que ambos consideran de prioridad sobre los cambios de posición y que efectivamente tiene una importancia mayor sobre el comportamiento de la embarcación.

Cambios de proa y posición simultáneos. El hecho de poder realizar cambios de posición proa popa o babor estribor al mismo tiempo que hayamos seleccionado un

cambio de proa es una situación que entraña muchos riesgos y requerirá del operador de una mayor experiencia.

IMCA ya expone en sus consejos e indicaciones la extrema cautela que se deberá de aplicar en casos de cambios de proa en cercanías de cualquier estructura, evitándolos en lo posible. Esto ocurre por la diferencia de comportamiento de un buque bajo DP o en navegación libre. En el caso de encontrarnos maniobrando bajo un sistema DP, un cambio de proa de 2 grados a estribor, responderá con un movimiento de la popa de 2,6 metros a babor en un buque de 150 metros de eslora si el centro de rotación se encuentra en el centro geográfico del buque, que es la circunstancia habitual.

El problema real consiste en que ambos sistemas, permiten un cambio de posición a partir de la posición de cambio de proa previamente seleccionada aún sin finalizar.



Fig.13: Inicio de la maniobra (foto del autor)

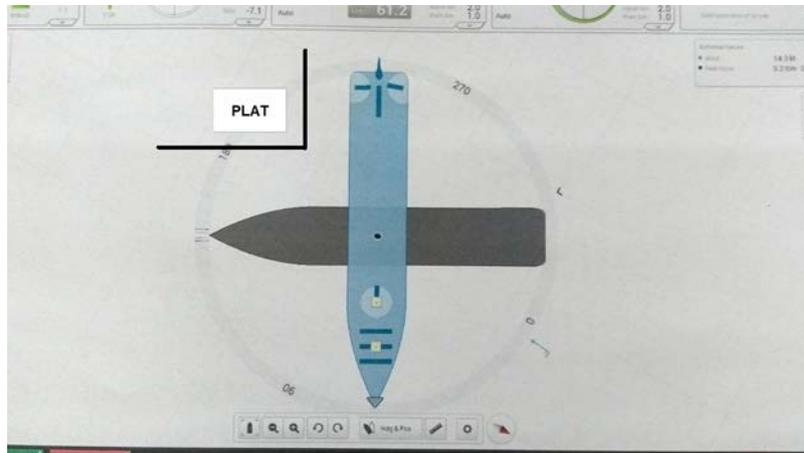


Fig.14: Selección Hdg 90°Er. (foto del autor)

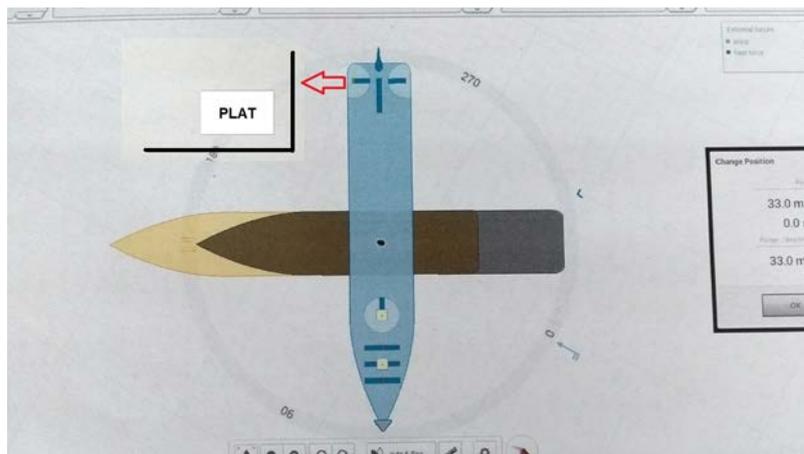


Fig.15: Selección 25m proa (foto del autor)

Esto no era posible en versiones anteriores de Kongsberg, apareciendo un mensaje emergente en pantalla “NOT IN PRESENT HEADING” que impedía realizar este tipo de movimiento y que en mi opinión, era más seguro, recordando al operador la imposibilidad de realizar ningún movimiento hasta finalizado el cambio de aproamiento u obligándole a finalizar tal cambio de aproamiento antes de comenzar un cambio de posición.

Como se aprecia en las figuras 13 a 15, el buque tratara de alcanzar la posición seleccionada antes de haber alcanzado la condición de 90° a estribor, abordando en este caso, la estructura a la que nos aproximamos de no ser que ralenticemos lo suficiente, el movimiento de traslación y aceleremos el de caída (ROT) simultáneamente.

Nos permitirá el sistema, además de esto, realizar posteriores movimientos de cambio de proa o posición pero sin respetar los pasos que hemos dado, y tratar de alcanzar estos nuevos setpoints y headings de la manera más corta posible.

Esto entraña un alto riesgo de colisión en el caso de que trabajemos en proximidades de una estructura y el conocimiento de esta condición en un DP es tan importante para el operador como lo pueda ser el hecho de que un buque sea gobernado por una pala de timón o un propulsor azimutal para un práctico de puerto.

Modo de selección de cambio de posición drag and drop. Por otro lado, el sistema que ofrece Rolls Royce, no cuenta con la posibilidad de seleccionar el punto de posición actual y arrastrarlo por la pantalla hacia un punto de posición deseado (drag and drop), herramienta muy útil con el fin de volver a posicionar el buque en un lugar anterior en el tiempo conveniente para el operador.

Esta operación se puede desarrollar en Kongsberg de una manera sencilla alargando el tiempo del historial de trayectorias hasta las 24 horas anteriores (Fig.17) donde de un solo vistazo podremos conocer el punto donde la embarcación se ha encontrado operando en posición estática por la mayor acumulación de puntos de posición. Sera entonces cuestión de arrastrar el setpoint en pantalla hacia ese punto y el sistema de DP dirigirá la embarcación a tal lugar a la velocidad deseada. En el caso del sistema de Rolls Royce (Fig.16), aun ofreciendo esta posibilidad, denominada de “drag and drop” solo permite un historial de posiciones de una hora como máximo, periodo de tiempo insuficiente en la mayor parte de las operaciones de DP que se ven prolongadas por varias horas.

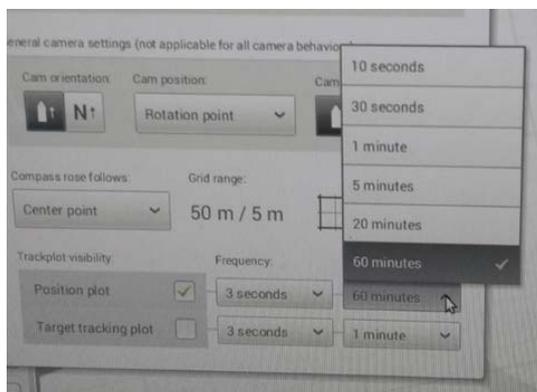


Fig.16: Rolls Royce (foto del autor)

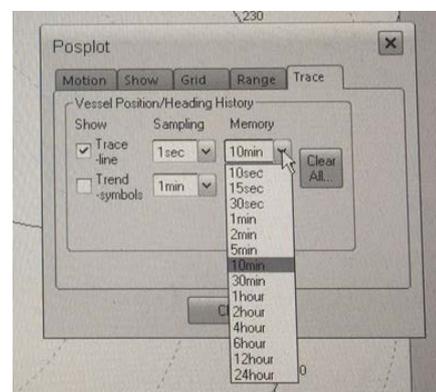


Fig.17: Kongsberg (foto del autor)

Movimientos diagonales de la embarcación. Me refiero aquí a un movimiento seleccionado en Auto DP, en el que se hayan seleccionado un número de metros proa-popa, y a la vez babor- estribor. Véase más claramente en la Fig.18, en el que el barco se desplaza por la pantalla de un modo diagonal.



Fig.18: Pantalla de movimientos diagonales (foto del autor)

La embarcación, en este caso, se mueve simultáneamente a proa y a babor, a una velocidad de 0,50 nudos. Esta velocidad se desglosa en un movimiento a proa de 0,40 nudos y a babor de 0,34 nudos (Fig. 19).



Fig.19: Detalle de la pantalla de movimientos diagonales (foto del autor)

Si en esta circunstancia, el operador considera que su movimiento lateral es suficiente y solo necesita mover la embarcación a proa, podría hacerlo sencillamente deseleccionando el botón proa-popa (surge) imprimiendo velocidad al barco con el joystick. (Fig. 20.)



Fig.20: Botón "surge" del joyst (foto del autor)

En la práctica, lo que ocurrirá, en ambos sistemas, es que el buque cancelará de inmediato su movimiento lateral, es decir, tratara de frenar de inmediato esos 0,34 nudos de movimiento a babor para continuar exclusivamente a proa. (Fig. 21)

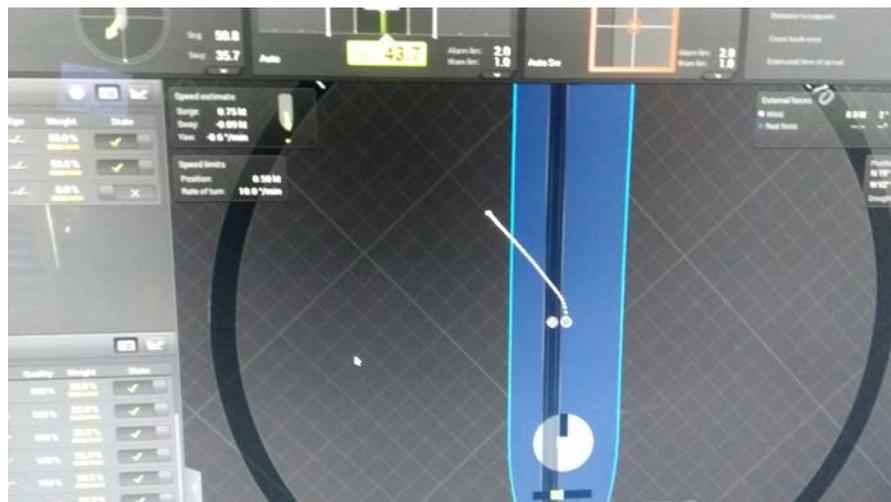


Fig.21: Movimiento lateral (foto del autor)

Frenar repentinamente esa avanzada supondrá a la máquina y propulsores un estrés importante, es por ello, que los operadores, para realizar la maniobra con

mayor suavidad lo que hacemos es pasar del modo Auto DP a Joystick, liberando los tres ejes para posteriormente seleccionar el botón de Guiñada automática (Yaw) y mediante el joystick llevar esa caída de 0,34 nudos hasta cero paulatinamente, para después, seleccionar el botón Babor-Estribor (Sway⁵) y una vez seleccionado continuar imprimiendo velocidad avante mediante el joystick.

Esto ocurre en ambos sistemas, sin embargo, Kongsberg ofrece un cambio rápido de modo Auto Pos a Joystick, o a la liberación de alguno de los ejes de movimiento con el conocido doble clic en las teclas de aspecto diferentes (blancas, azules o subrayadas). En el caso de Rolls Royce, la liberación de uno de los ejes de movimiento vendrá después de una pulsación prolongada en el eje a liberar, tardará 4 segundos en aparecer una ventana emergente que deberemos de aceptar, tiempo demasiado prolongado para evitar el mencionado sobreesfuerzo de los motores.

Ofrece Rolls Royce otra opción de cambio a modo Joystick pulsando un botón al efecto, pero posteriormente solo nos dejara fijar el aproamiento (Yaw), debiendo pasar al modo DP si queremos fijar alguno de los otros ejes de movimiento.

Auto DP en modo relajado o económico. Ambos sistemas ofrecen la posibilidad de permanecer en posición con un gasto mínimo de combustible a costa de la precisión de la posición. La embarcación dejara una huella sobre una circunferencia de diámetro mayor al habitual en operaciones con un gasto mínimo de combustible y menor desgaste de máquinas y propulsores.

Este modo es empleado cuando la embarcación se encuentra fuera de operaciones o con mal tiempo y en un área de bajo riesgo de colisión contra estructuras u otros buques.

En el caso de Kongsberg a este modo se le denomina “Green DP” mientras que en Rolls Royce lo encontraremos señalado en la pantalla de navegación como “Relaxed Mode”.

En este modo, es Rolls Royce quien ofrece una solución más sencilla, ya que podremos mover el barco en cualquiera de sus ejes de dirección y proa sin salir del mismo. Kongsberg, sin embargo, pasa a modo Auto DP normal en el momento que solicitemos de cualquier cambio de posición deteniéndose por completo el barco,

⁵ Sway= Acrónimo de la expresión inglesa “Side Ways”, de lado.

con el esfuerzo de máquina que supone detener el barco de inmediato a una velocidad superior a las 0,2 nudos que fácilmente se adquirirá en estas circunstancias.

IV.4.- Otras consideraciones

Presentación de las fuerzas externas en pantalla. Como se ha comentado anteriormente Kongsberg presenta cualquier fuerza que afecte al movimiento del buque que no sea el viento, que dispone de sus propios sensores, será considerada como “corriente”. Esta corriente aparecerá en el momento en el que pasemos el modo de navegación del buque de manual a la consola del DP incluso manejando bajo Joystick con los tres ejes de movimiento liberados.

Rolls Royce, a este conjunto de fuerzas externas independientes de la fuerza del viento la denomina “Rest Force”. En este caso, este dato solo aparecerá en el modo Auto DP con el barco absolutamente detenido, bastará que seleccionemos un movimiento mínimo en cualquiera de las direcciones para que este dato desaparezca. Por otro lado estas fuerzas externas vendrán medidas en toneladas o kilo newtons, de poca utilidad marítima. Será en los apartados de gráficos o trending, donde la podamos ver aparecer con el nombre de “Corriente” y venir reflejada en nudos. Para ello deberemos abrir una pantalla a propósito.

Kongsberg, si facilita este dato desde que estamos en modo Joystick, si bien no es precisa hasta que se ha generado un modelo matemático correcto, es bastante útil para el operador. Por defecto viene dimensionada en nudos y podremos seleccionar otras unidades. No desaparece en los cambios de posición.

Este dato no debería de desaparecer en ningún caso, siendo de gran ayuda sobre todo en cercanía de estructuras emergidas, ya que nos ayudara a considerar nuestras posiciones de drift on o drift off, de suma importancia en las aproximaciones y posteriores operaciones.

Otras características. El sistema Rolls Royce corre bajo Linux como sistema operativo, mientras que Kongsberg utiliza Windows. Parece que el primero es más estable y necesita de menos reinicios que el segundo, es asimismo menos vulnerable.

Rolls Royce dispone de una presentación clara y precisa en pantalla, y nos permite mostrar en la misma pantalla 5 ventanas de información además de la línea superior de navegación que no es customizable. Kongsberg en su caso solo nos deja actuar en dos de sus tres ventanas, y será necesario disponer de un DP11 o superior para desplegar en su pantalla de respeto información adicional.

Ambos sistemas condenan la parte superior de la pantalla a datos fijos, no modificables principalmente de navegación. En el caso de Rolls Royce, en el extremo inferior derecho nos ofrecerá un tiempo estimado de llegada al setpoint previamente seleccionado a la velocidad solicitada (Fig. 22).

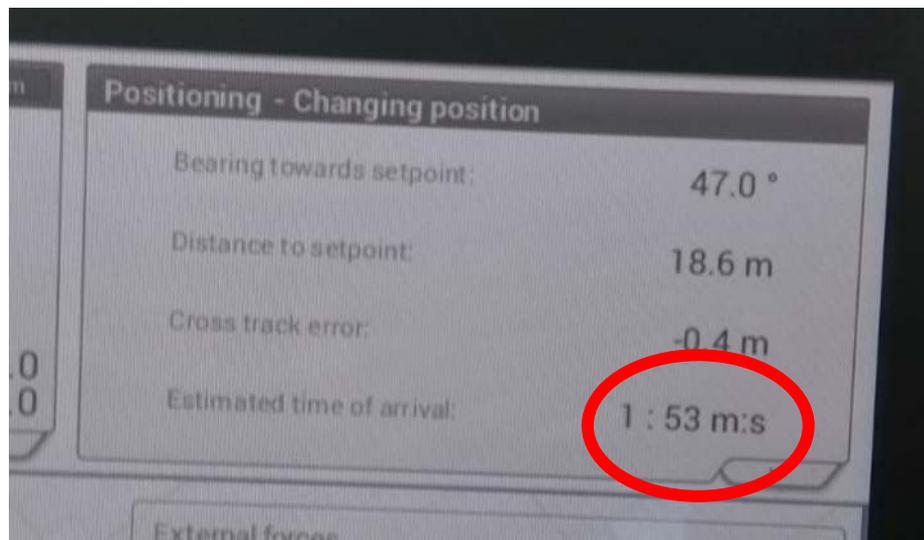


Fig.22: Tiempo estimado de llegada al setpoint (foto del autor)

V.- CONCLUSIONES

Después de experimentar con ambos sistemas, dependerá de cada operador la preferencia por uno u otro, por su comodidad y facilidad de manejo, pero un factor muy importante para su decisión será la experiencia que se tenga en cada sistema.

Evidentemente ambos sistemas persiguen un fin similar dentro de filosofías o modos de hacer frecuentemente diferentes. En cualquier caso, y habida cuenta la cantidad de fabricantes de este tipo de software, los operadores nos encontramos con los mismos problemas con los que se encuentra un oficial en un buque que dispone de un sistema de cartas electrónicas (ECDIS), que cuando va a otro buque con cartas de diferente fabricante, habitualmente se encuentra con serios problemas para realizar un correcto plan de viaje debido a las diferencias de presentación y operación de los sistemas.

Parece que ningún organismo ha tenido en cuenta la necesidad de estandarización de este tipo de productos, permitiendo a cada fabricante instalar en los buques tecnología que requiere de meses de entrenamiento y comprensión para un control ágil y seguro.

En definitiva, un oficial que acredite experiencia prolongada en manejo de DP, se encontrará como un verdadero novato en el momento en que se enfrente a otro producto, y se vea incapaz de realizar la lista de chequeos más sencilla por no encontrar los datos entre las diferentes pantallas.

Visto que la tendencia lleva a eliminar botones físicos por pantallas táctiles, un punto de partida para su estandarización, bien podría ser, el sugerir a los fabricantes una capa básica estándar común a todos y sobre la que se puedan añadir personalizaciones seleccionables por el oficial de guardia con diferentes opciones, pero partiendo de una base común.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

1. **OMI.** MSC/Circular.645 - Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems. June 1994.
2. **OMI.** MSC.1/Circ.738/Rev.2 Guidelines for Dynamic Positioning System (DP) Operator Training. June 2017.
3. **IMCA-MSF.** *International Guidelines for the Safe Operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels.* Rev.2, Abril 2015.
4. **IMCA.** *Publicaciones M-103 a M-246 sobre maniobra en condiciones de Posicionamiento Dinámico.*
5. **DP Operator's Handbook 2nd Edition.** *Captain David Bray,* The Nautical Institute 2008.
6. **Rolls Royce Marine AS.** **Marine Service Operations - Electrical, Automation & Control.** *ICON DP and Poscon Joystick User Manual,* 2016
7. **Kongsberg Maritime.** *Kongsberg K-Pos DP. Dynamic Positioning System,* Release 7.0.
8. **José Manuel Villar Arenal.** *Posicionamiento Dinamico: Principios, Características y Operaciones.* TRABAJO DE FIN DE GRADO. Universidad de Cantabria, octubre 2012.
9. **Max J. Morgan.** *Dynamic Positioning of Offshore Vessels.* PPC Books Division, Petroleum Pub. Co., 1978.
10. **Capt KC Shukla.** *Dynamic Positioning: Theory & Practices.* Witherby-Seamanship. 2017
11. **C-Mar Group.** *Dp Basic Course, Operator Manual.* 2009 Rev 4.
12. **Jan Erick Vinnem.** *Offshore Risk Assesment: Principles, Modelling and Applications of QRA Studies.* SPRINGER 2014 tercera Ed.

ANEXO I: Maniobra con DP

Sirva este anexo, para aquel lector que nunca se ha acercado al mundo del DP y no sabe como interactua con la propulsion y maniobra de un buque.

Explicaremos en el presente anexo, con algunas fotos y capturas de pantalla del DP, lo que realmente es, para que sirve, y como se manipula a nivel basico. Me gustaria hacerlo paso a paso, desde que se detiene el barco, hasta que se toman los controles en el ordenador del DP.

El DP es realmente un mero producto informatico, que en el caso de Kongsberg, funciona bajo windows. En el presente ejemplo de transferencia del modo de navegacion a modo gestionado con un DP se pone como ejemplo un sistema Kongsberg SDP 21. En lo basico, todos los sistemas funcionan de igual modo y asi se ira detallando.

VI.1.- Navegando (Steaming)

Consideramos que, el barco se encuentra en navegacion libre a una velocidad cualquiera (10 nudos), bajo piloto automatico y con una corriente desconocida en cuanto a direccion y fuerza y un determinado viento.

VI.2.- Transfiriendo el mando a la consola del DP

Se toma la decision de pasar el mando a la consola de DP

No es problema del DP (como producto informatico) gestionar el movimiento de un barco a esa velocidad, tanto como de las helices transversales (thrusters), azimutales, etc (problema mecanico), que a tal velocidad podrian resultar dañadas, con lo que nuestro primer paso sera ralentizar y, recomendable, tratar de detener el barco en todos sus movimientos tanto de avanzada, como de deriva, como de cambio de proa que posiblemente se produjera al reducir la velocidad.

Para ello, daremos con mayor o menor intensidad maquina atrás, utilizaremos los timones, y por fin, por debajo de aproximadamente los 5 nudos de velocidad,

emplearemos manualmente los thrusters tanto de proa como de popa a conveniencia.

La condición perfecta para la transferencia a la consola del DP sería 0 nudos de avanzada, 0 de deriva y 0 grados de caída de proa a ninguna de las bandas. Efectivamente esto nunca se produce.

Alcanzado el mejor valor neutro posible de movimiento del barco, habitualmente mediante un interruptor o switch (Fig. 23), seleccionamos el modo DP.



Fig. 23: Switch (foto del autor)

VI.3.- Tomando el control del DP

Ya en el puesto de control de la consola de DP verificamos en la botonera que el primer botón de la izquierda "STAND BY" está activado (Fig. 24 y 25). El ordenador está esperando instrucciones, pero realmente, en este momento, el barco se encuentra derivando a merced de las condiciones y cambiando de proa simultáneamente.

En estos momentos el sistema ya está recibiendo datos de viento, proa y movimientos verticales entre otros. En el sistema de Rolls Royce no aparece este botón de Stand-by.



Figs. 24 y 25: Detalle botón Auto Pos. (fotos del autor)

El primer paso será activar la opción “JOYSTICK” (Fig. 26). Al ser el botón azul claro o blanco (distinto de negro), lo tendremos que pulsar dos veces para confirmar. Esto es una característica Kongsberg al adoptar teclado físico, las teclas de diferente color serán pulsadas dos veces.

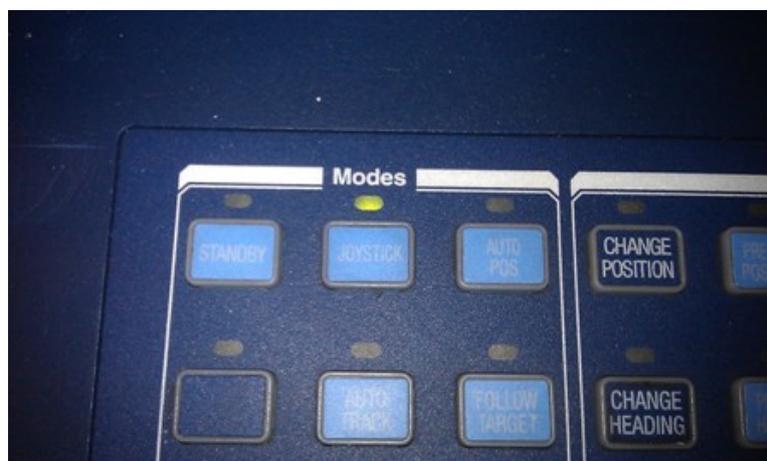


Fig.26: Botonera de Modes (foto del autor)

Realmente, *el Joystick es la conjunción de las palancas de motores principales y thrusters (levers y tillers) en un único mando*, cuyo movimiento no solo será avante, atrás, ambas bandas y combinaciones, sino que también se podrá girar en su eje vertical para el control de la proa. (Figs 27 y 28)



Figs. 27 y 28: Detalle del movimiento del Joystick sobre su eje vertical. (fotos del autor)

En este punto tenemos control del Joystick pero deberemos hacernos cargo de los propulsores y timones para que los movimientos del mismo sean efectivos, con lo que seleccionamos los que nos interesen. En nuestro caso concreto seleccionaremos las dos hélices propulsoras (principales) así como las cuatro transversales. Se seleccionan manualmente uno a uno. Esto, Rolls Royce lo evita, y en el momento que se seleccione bien modo Joystick, bien modo DP, tendremos a la orden automáticamente todos los propulsores y timones que se encuentren disponibles antes de la transferencia de control.

Solo será necesario desactivar los propulsores o timones previamente a la transferencia de los mismos a la consola de DP si por cualquier circunstancia no debemos usar alguno de ellos (por ejemplo una hélice retráctil en condiciones de poca profundidad. (Fig. 29)



Fig. 29: Selección de propulsores (foto del autor)

Ahora tenemos control de las máquinas y podemos mover el barco a voluntad, sin embargo, de lo único que tiene “constancia” el DP es de nuestro heading, puesto que le llegan automáticamente datos de la giro, pero no sabe en qué posición nos encontramos, con lo cual, tampoco sabe a la velocidad a la que nos movemos ni en qué dirección.

Para ello seleccionamos un sistema de referencia, que en este caso se puede tratar el GPS, por funcionar en la mayor parte del globo, y se selecciona el numero 2 por su fiabilidad en el caso de este buque. (Fig. 30)



Fig.30: Selección GPS 2 (foto del autor)

En este momento, tenemos control de las hélices propulsoras y conocimiento de la posición de nuestro barco, así como de la velocidad del mismo en su sentido longitudinal y transversal y también el cambio, en su caso, de heading que se esté produciendo. El resultado en pantalla en este caso es el siguiente (Fig. 31):



Fig.31: Captura de pantalla con información de velocidad (foto del autor)

Si nos estuviéramos desplazando atrás y babor, las flechas de los recuadros junto a la palabra Speed, serian opuestas y aparecerían en rojo.

Observamos los movimientos que realiza el barco y con el Joystick trataremos de detenerlo completamente. Es recomendable comenzar a parar la caída de proa, para ello giraremos el Joystick en sentido contrario a esta caída, si está cayendo a babor giraremos el Joystick en el sentido de las agujas del reloj hasta que la caída sea lo más cercana a 0°/min. En este momento pulsaremos (dos veces) el botón de cambio de proa o "YAW" y esperamos la reacción de los thrusters. En el sistema Rolls Royce, el modo de actuar será el mismo. (Figs. 32 y 33)

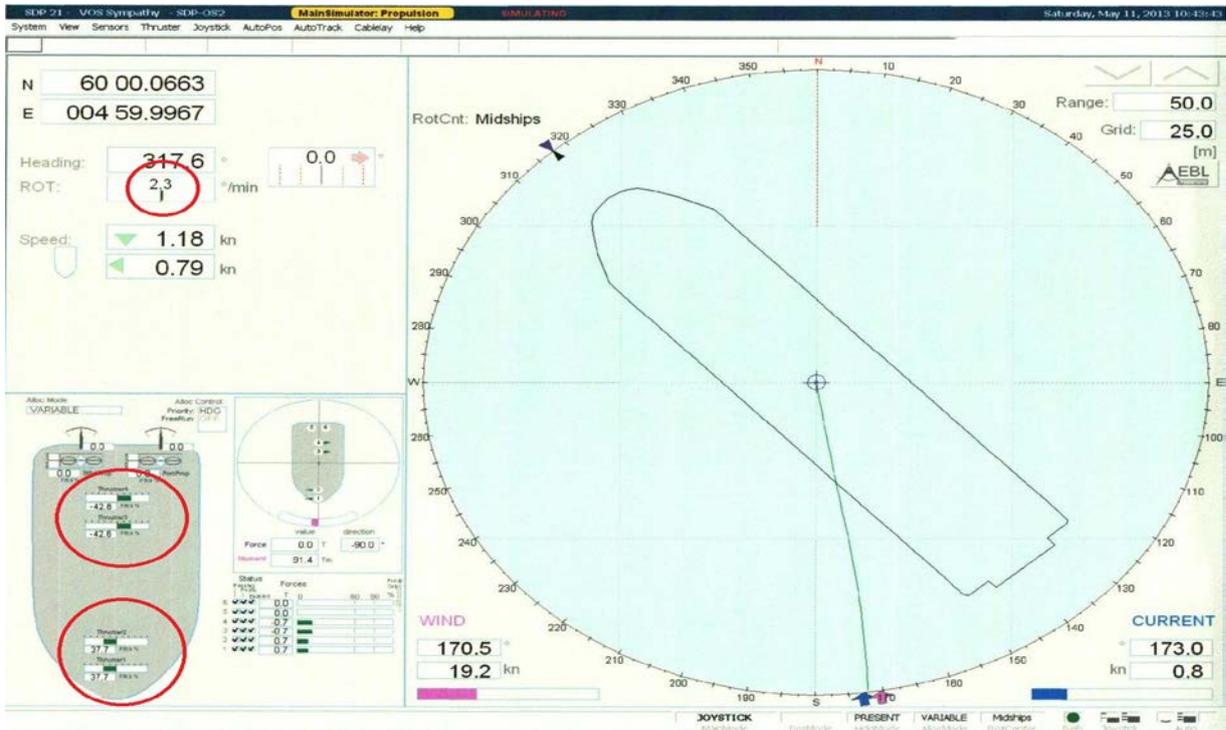


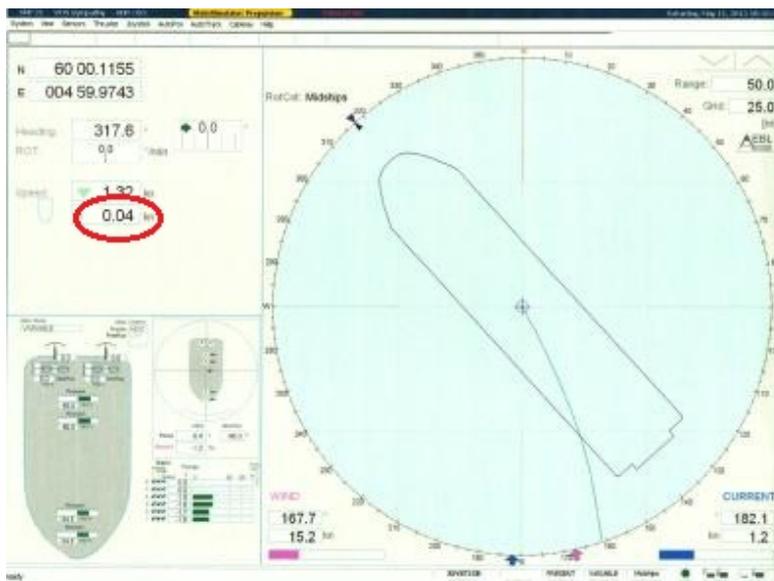
Fig.32: Destacado en círculos rojos la pérdida de velocidad de caída hasta los 2,3 grados por minuto, y debajo, aparece la potencia que mediante el joystick están realizando las hélices transversales para llegar a esa condición. (Captura de pantalla del autor)



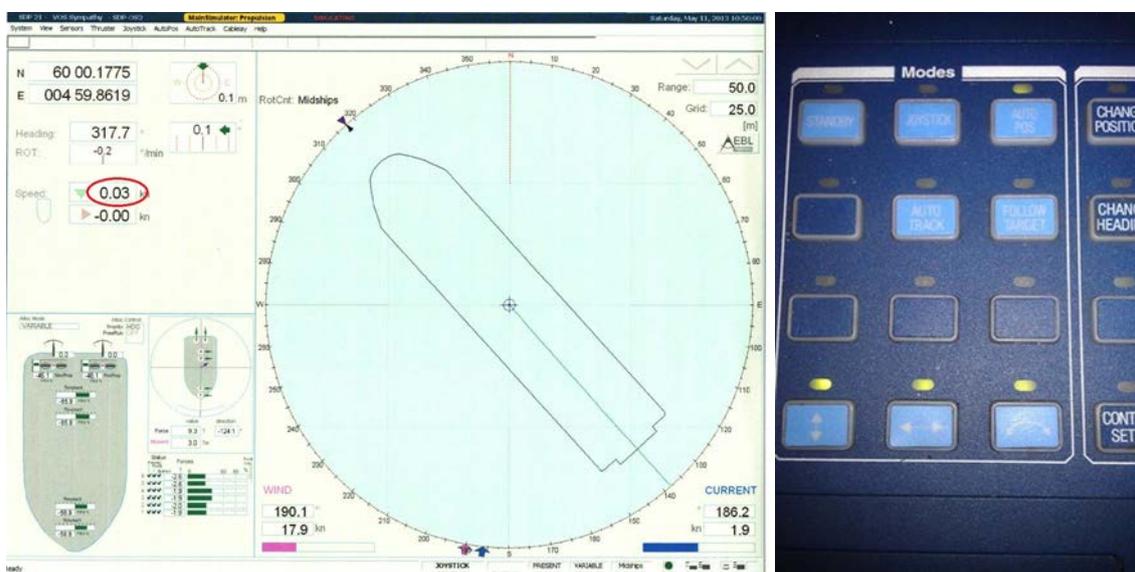
Fig.33: Detalle de activación del control de proa o "Yaw" (foto del autor)

Una vez el sistema se ha hecho cargo del control del heading, asumiendo el control del mismo automáticamente y dando potencia a los propulsores para mantener el heading en el que estábamos (en el ejemplo 317°), el barco mantendrá la proa, pero aún se moverá libremente tanto en su dirección proa-popa (“Surge”) como a ambas bandas

De nuevo con el Joystick contrarrestaremos estos movimientos hasta descender la velocidad por debajo de 0,05 nudos en cada dirección. Si alcanzamos esta condición en primer lugar en el sentido lateral pulsaremos dos veces “SWAY”, y posteriormente haremos lo mismo con el movimiento longitudinal pulsando “SURGE”, o viceversa. (Figs 34 a 37)



Figs.34 y 35: Detalle de la detención del movimiento babor estribor (fotos del autor)



Figs. 36 y 37: Detalle de la detención del movimiento babor estribor (fotos del autor)

En el momento en el que el DP se hace cargo de los tres movimientos, automáticamente, por sí mismo, pasara de modo “JOYSTICK” a “AUTO POS” y será el sistema el que trate de contrarrestar las fuerzas externas para mantener la posición lo más cercana posible a nuestro “set position” (lugar donde se dio la condición de “auto pos”) manteniendo, a la vez, la proa que le indicamos al pulsar “YAW”, 317°. La filosofía Rolls Royce difiere en este sentido, y considera la embarcación en “AutoDP” independientemente de los ejes de maniobra seleccionados. Dispone de un botón “Joystick” que considera fuera del control del DP, y bajo esta circunstancia solo podremos seleccionar el modo automático en el cambio de aproamiento, no en los otros dos ejes restantes.

En esta situación, el DP estará dando instrucciones a los distintos propulsores, y a su vez, estará recibiendo datos de giro y GPS retroalimentando el sistema con estos datos.

Este proceso se denomina, generar el “Modelo Matemático” (Mathematical Model) y su duración no solo dependerá, entre otras cosas, de las condiciones meteorológicas así como de la velocidad del proceso de datos.

VI.4.- Maniobra básica con DP

Con el barco parado, tratando de mantener la posición y heading del momento en modo “AUTO POS”, comenzaremos a desplazarnos por los siguientes métodos:

VI.5.- Cambio de posición

- **Drag, and Drop:** se trataría de, sobre la pantalla del DP mover el cursor con el ratón o bola, sobre la posición de set point, donde el cursor se convertirá en una mano. Manteniendo pinchado el botón principal del ratón, desplazaremos el set point al lugar que nos interese sobre la pantalla. Confirmaremos con “Apply” y el barco se desplazara a la nueva posición. Rolls Royce no dispone de esta opción. (Fig. 38)

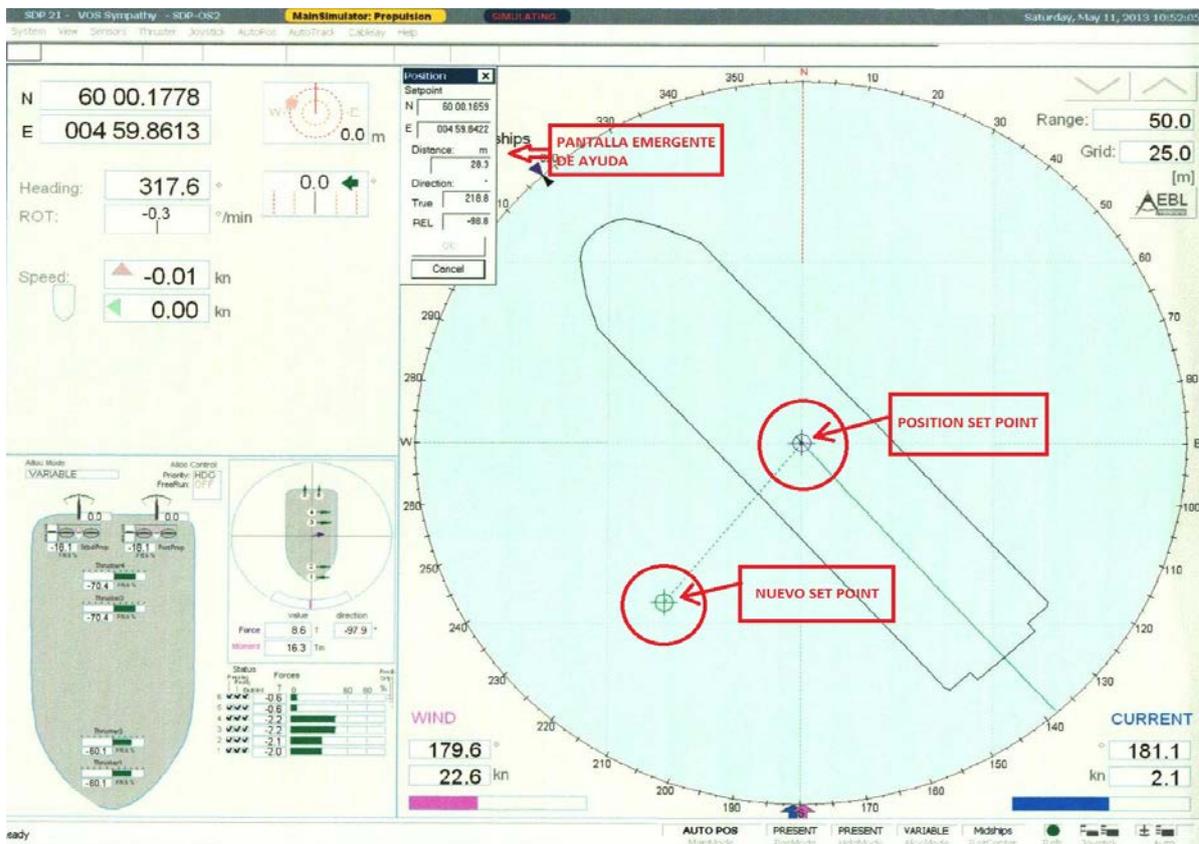


Fig.38: Detalle del arrastrado del punto de posición o “setpoint” a un nuevo lugar. (foto del autor)

- **Movimiento relativo:** en este caso, o bien pulsando en la botonera “CHANGE POS” y seleccionando la pestaña Rel, o bien en pantalla, menú “Autopos” submenú Position inc. Nos aparecerá una ventana (Figs 39 y 40) con cuatro botones, proa, popa, babor y estribor, con un numero editable en el centro donde seleccionaremos el número de metros que deseamos mover el barco cada vez que pulsemos. Esta opción también se encuentra disponible en la versión de Rolls Royce y además su Joystick dispone de una botonera que permitirá mover metro a metro el buque en cualquiera de los dos ejes principales, proa popa, o babor estribor, resultando muy sencillo acometer estos movimientos que en definitiva son los que más a menudo se emplean.



Fig.39: Detalle botón “CHANGE POSITION” (foto del autor)

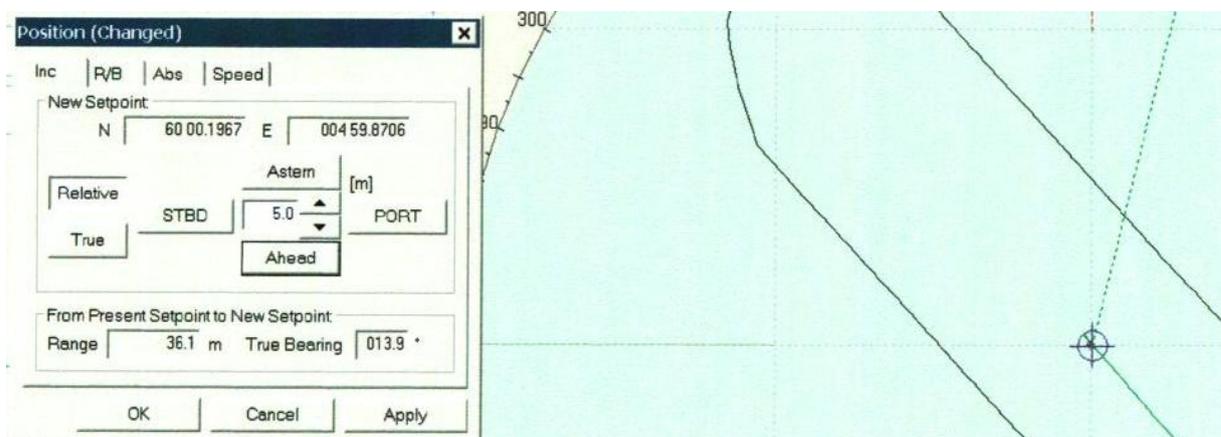


Fig.40: Ventana emergente de pulsar “CHANGE POSITION” (Captura del autor)

En este caso hemos seleccionado 2 veces en Ahead, y 5 veces en STBD, cambiando la posición del buque 10 metros a proa y 25 a estribor.

- **Movimiento verdadero:** Como el anterior pero seleccionando "True" en la ventana emergente anterior, a la izquierda del botón STBD. Los valores Astern, Ahead, STBD y PORT, cambiarán por los puntos cardinales N,S,E,W. Similar posibilidad la encontraremos en Rolls Royce.
- **Range and Bearing:** en este caso solo tendremos que indicar el desplazamiento que nos interesa y adjuntarle la demora del mismo. Se tratará de una marcación en vez de una demora seleccionando R/B en la pestaña superior de la ventana emergente. (Fig. 41)

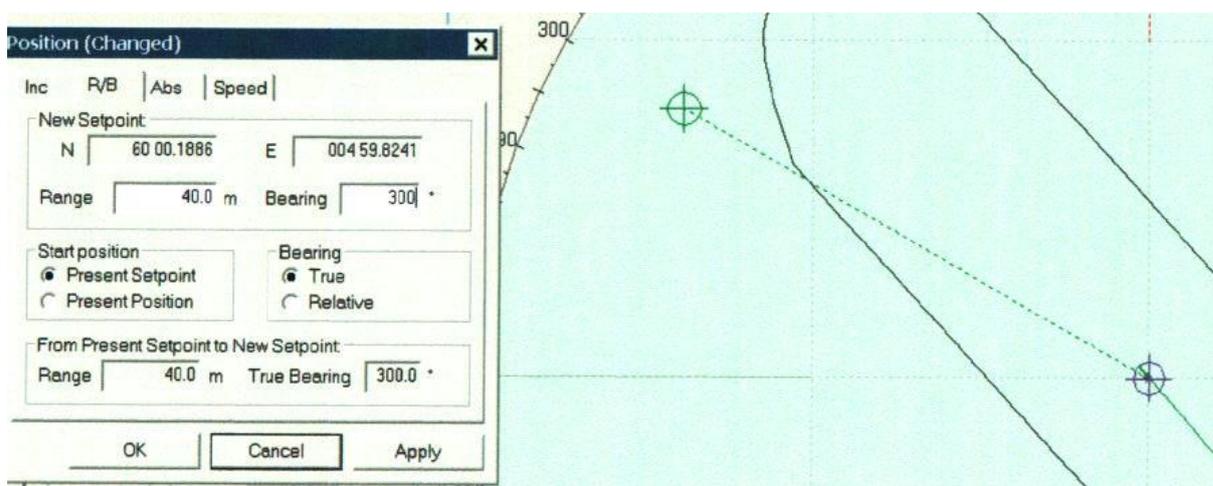


Fig.41: Ventana emergente y pestaña R/B (Captura del autor)

- **Latitud y Longitud:** podremos también seleccionar una nueva posición insertando sus valores en formato de latitud y longitud. Así mismo, podremos seleccionar esta nueva posición en formato Northing and Easting (UTM). Se trata de unos valores de latitud y longitud establecidos en metros, más convenientes en proyectos de ingeniería submarina. (Fig. 42)



Fig.42: Ventana emergente y pantalla (Captura del autor)

Tanto Kongsberg como Rolls Royce, permiten seleccionar, la velocidad a las que deberán ser realizadas. (Fig. 43)

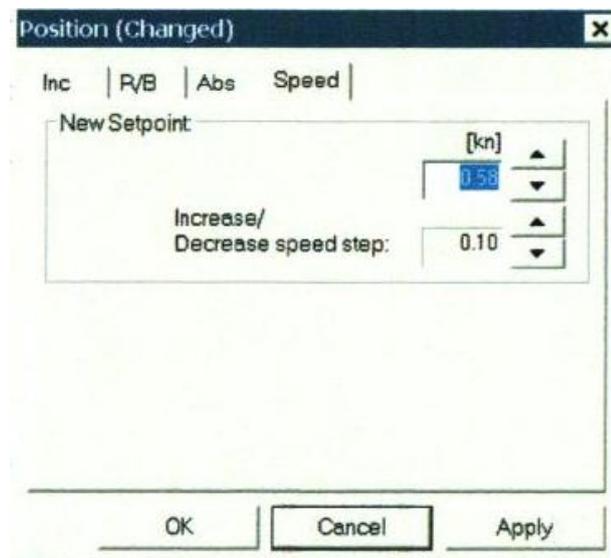


Fig.43: Ventana emergente de opciones de cambios de velocidad (Captura del autor)

VI.6.- Heading

Como en los cambios de posición, podremos bien seleccionarlo en la botonera pulsando CHANGE HEADING, o en pantalla en menú Position submenú heading.

- **Drag and Drop:** desplazaremos el cursor con el ratón hasta la posición del nuevo heading set point. El cursor se convertirá en una mano, y manteniendo pulsado el botón principal del ratón, nos desplazaremos por la pantalla hasta el nuevo heading deseado. Rolls Royce, no ofrece esta posibilidad. (Fig. 44)

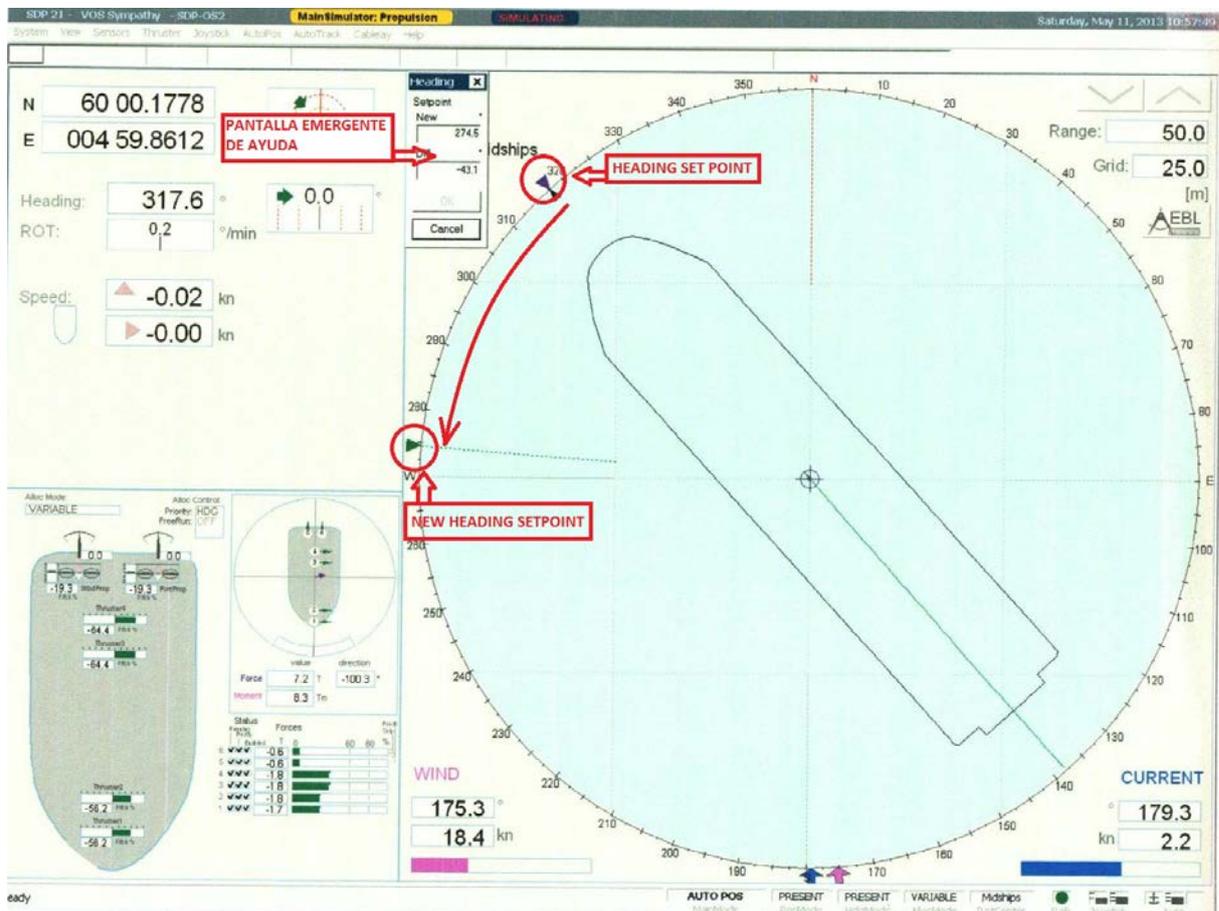


Fig.44: Detalle pantalla en cambio de proa (Captura del autor)

- **Numéricamente:** insertaremos el valor del nuevo heading deseado. DP siempre hará el cambio de heading por el lado más corto, menor de 180° . (Fig. 45)

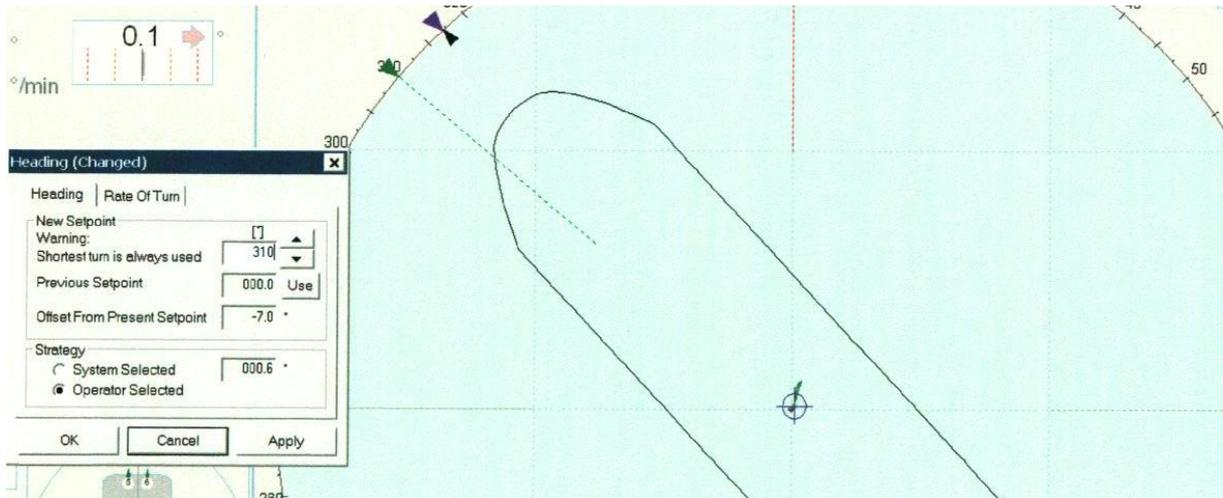


Fig.45: Ventana emergente al seleccionar CHANGE OF HEADING. (Captura del autor)

- También será posible seleccionar la **velocidad de caída**, en la pestaña ROT (Rate of Turn) donde marcaremos el número de grados por minuto de caída. (Fig. 46)

Estas últimas opciones también están disponibles en el sistema de Rolls Royce.

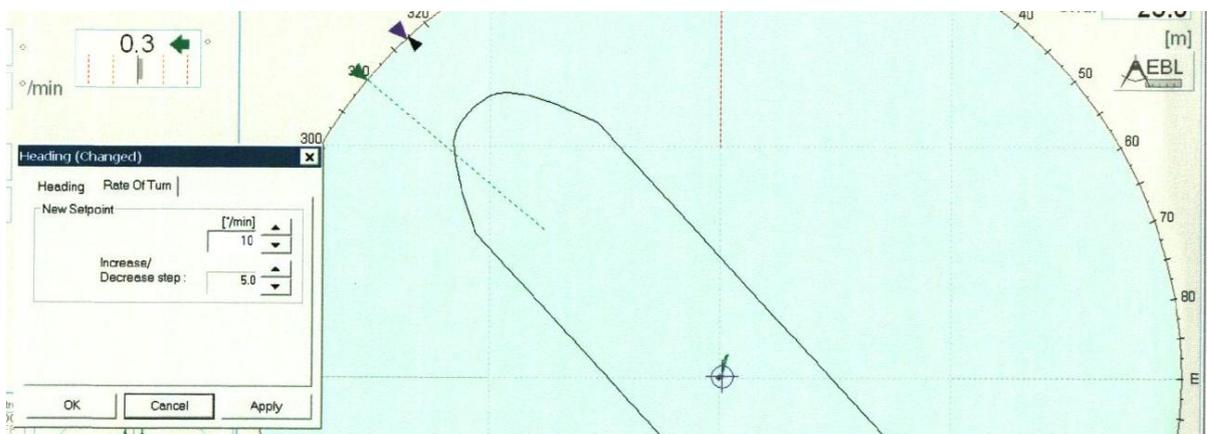


Fig.46: Detalle selección velocidad de caída de la proa (Captura del autor)

ANEXO II: Sistemas de Referencia y Sensores

Los sistemas de referencia en un buque equipado con Posicionamiento Dinámico son aquellas ayudas a la navegación, equipos e instrumentos que facilitaran de un modo más o menos preciso la posición del mismo en un punto del globo.

Se pueden diferenciar dos grandes grupos que serían: Globales o locales.

Entre los **globales** destacaremos los sistemas satelitales GPS estadounidense con su variante digital DGPS (Fig. 47) que elimina el error que es emitido intencionadamente, Glonass ruso (Fig. 48) o el europeo Galileo.

En desuso han quedado los sistemas de navegación hiperbólica DNS, Loran-C.



Figs.47 y 48: Pantallas receptoras de señales DGPS y GLONASS respectivamente (fotos del autor)

Entre los **locales** hay más variedad. Estos aparatos proporcionan una distancia y demora a un punto de un modo relativo y lo pueden hacer mediante microondas, laser o radiofrecuencia, siendo los más conocidos:

Cyscan funcionando mediante laser, enviando una señal a un cilindro o un prisma reflectante posicionado, por ejemplo, en el barandal de una plataforma. (Fig. 49)



Fig.49: Pantalla de recepción de señal Cyscan. (foto del autor)

Artemis y *Radius* (Fig. 50) que funcionan por microondas similares al funcionamiento de un radar el primero y de una ecosonda el segundo, emitiendo una señal que será rebotada, proporcionando una demora y distancia al aparato reflector.

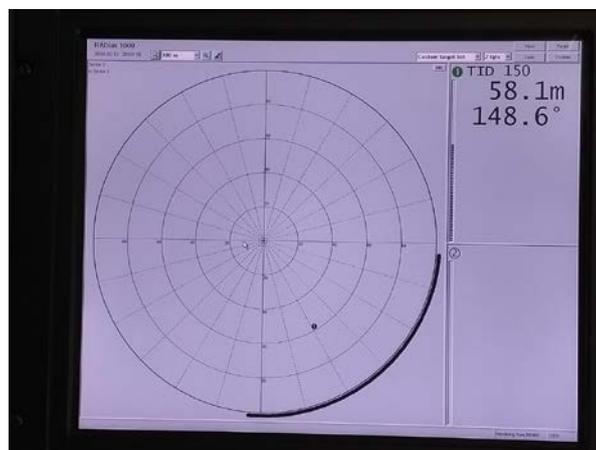


Fig.50: Pantalla de recepción de señal Radius. (foto del autor)

El más efectivo de ellos es el denominado *Taut Wire* (Hilo tenso) que consiste en un cable al que se le cuelga un peso que se arriara hasta el fondo marino. Un sistema mecánico hará que este cable permanezca constantemente en tensión. En la parte superior del aparato se encuentra el llamado Gimbal Head, que por pura matemática pitagórica calcula, conocida la distancia al fondo, los diferentes movimientos del buque. Este sistema pierde mucha precisión a partir de los 150m de profundidad al adquirir el cable una cierta catenaria.

También se emplean balizas submarinas denominadas beacons, que emiten señales sonoras que son recibidas por un receptor habitualmente instalado en la parte inferior del casco. También entregan medidas de distancia y demora. Este sistema, al ser acústico, se verá afectado en condiciones de poca profundidad o de mala mar por el propio sonido generado por los propulsores.

Los sensores son aquellos equipos que enviarán una señal directa al sistema de DP. Son tres:

Aguja giroscópica. Que nos indicaran la proa del barco. Se encontrarán en número adecuado a la categoría del DP. DP I, II o III. Sin este elemento no funciona ningún DP.

Sensores de viento. Anemómetros y veletas, bien mecánicos o de diferencia de presión, que indicaran tanto la velocidad como la dirección del viento. Habrá de prestar especial atención a sus mediciones, por ejemplo, en caso de la proximidad de un helicóptero.

Sensores de movimiento vertical. Aparecen con las siglas VRS (del inglés, Vertical Reference System) o MRU (del inglés, Motion Reference Unit), siendo ambas lo mismo. Este tipo de sensores nos indicaran el movimiento tanto de cabeceo, como de balance como el movimiento vertical del buque. Harán que no se considere como movimiento horizontal un posible balance. Como ejemplo explicativo, un balance de dos grados en un buque cuya antena de GPS se encuentre a 40m de altura, supondría un movimiento del mismo en el plano horizontal de aproximadamente 1,5m.



Anexo V: AVISO DE RESPONSABILIDAD

AVISO DE RESPONSABILIDAD:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.