



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO

JUNIO 2020

CORREDERAS

DOPPLER

GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Alumno: Aitor Ayoze González Estévez

Tutor: Antonio Ceferino Bermejo Diaz

Antonio Ceferino Bermejo Díaz, Doctor en Marina Civil, Capitán de la Marina Mercante y Profesor Titular de Universidad de la UD de Náutica y Transporte Marítimo, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna,

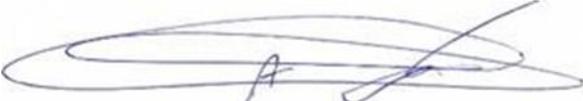
EXPONE QUE:

D. Aitor Ayoze González Estévez, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado titulado: **"CORREDERAS DOPPLER"** para la obtención del título de Graduado en Náutica y Transporte Marítimo por la Universidad de La Laguna.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne todos los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado. En Santa Cruz de Tenerife, a 17 de Junio de 2020.

Fdo



ANTONIO C. BERMEJO DIAZ
42052531-K

Índice de contenido:

Índice de imágenes.....	1
Resumen.....	2
Abstract.....	3
Objetivos.....	4
Metodología.....	5
Capítulo 1.....	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 Tipos de Correderas.....	8
1.2.A Barquilla.....	8
1.2.B Mecánica.....	8
1.2.C Electromecánica.....	9
1.2.D Pitómetro.....	9
1.2.E Impulsor.....	9
1.2.F Presión hidráulica.....	10
1.2.G CVL.....	10
1.2.H Electromagnética.....	10
1.2.I Doppler.....	10
1.2.J Satelital.....	10
Capítulo 2.....	11
2.1 Efecto Doppler.....	11
2.2 Corredera Doppler.....	14
2.2.A Funcionamiento.....	14
2.2.B Errores.....	17

2.2.C Consideraciones de instalación.....	20
2.2.D Mantenimiento.....	23
Capítulo 3.....	24
3.1 Legislación de la Corredera Doppler.....	24
Capítulo 4.....	29
4.1 Ventajas y desventajas.....	29
4.2 Marcas y modelos.....	30
Conclusiones.....	37
Conclusions.....	38
Bibliografía de contenido.....	39
Bibliografía de imágenes.....	43

Índice de imágenes

Ilustración 1.1.1: Método corredera de barquilla

Ilustración 1.2.1: Corredera mecánica o de patente

Ilustración 2.1.1: Cambio de la frecuencia en función del movimiento

Ilustración 2.1.2: Gráfico del efecto Doppler

Ilustración 2.1.3: Fórmula del efecto Doppler

Ilustración 2.2.1: Transmisión de la onda de la corredera Doppler

Ilustración 2.2.2: Configuración Janus

Ilustración 2.2.3: Ubicación recomendada transductor

Ilustración 4.2.1: Furuno DS-80

Ilustración 4.2.2: NAVIKNOT 450D

Ilustración 4.2.3: NAVIKNOT 600SD

Ilustración 4.2.2: SKIPPER DL1

Ilustración 4.2.3: SKIPPER DL2

Ilustración 4.2.4: SKIPPER DL21

Ilustración 4.2.5: SKIPPER DL850

Ilustración 4.2.6: JRC JLN-740

Ilustración 4.2.7: JRC JLN-741

Resumen

Antiguamente resultaba bastante difícil, si no imposible, determinar la velocidad a la que se navegaba en un barco, ya que intentar calcularla a ojo daría lugar a muchas imprecisiones y confusiones.

Cerca del siglo XVI se creó una forma para conocer la velocidad a la que navega una embarcación, la cual se conocería como “Corredera” y dio lugar a que el nudo fuera su unidad de medida.

Este método se ha ido actualizando hasta convertirse en el instrumento de abordo que la mayoría de los buques llevan hoy en día, siendo la corredera Doppler una de las más eficaces, la cual se basa en el efecto Doppler para calcular la velocidad y la distancia navegada.

Dicho tipo de corredera está sujeta a ciertas regulaciones que establecen sus estándares de rendimiento, al igual que los buques que están obligados a tenerla instalada, que serán los que tengan 300 o más toneladas de arqueo bruto y los buques de pasaje de cualquier tamaño.

Abstract

In the past was very difficult or impossible to know the speed of the vessel. If a crew member tried to calculate it with his eye, was too possible that he did some mistakes.

In XVI century was invented a method which allowed to know the speed that the vessel sailed. The name of this was log. This method did that the vessel speed was measure in knots.

The log has changed with the years and nowadays is an instrument which is installed onboard in most of vessels, being the Doppler log once of the most effectives. The Doppler log is based on the Doppler effect to calculate the navigated speed and distance by the vessel.

This kind of log has to comply some regulations in where are written some performance standars and, the vessels of 300 gross tonnage or higher and the passenger ships irrespective of size shall, must installed it onboard.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es llegar a entender cómo es posible calcular la velocidad a la que navega un buque que es proporcionada por un equipo Doppler y porqué es tan importante.

También se pretende conocer el principio de funcionamiento del efecto Doppler, en el cual se basan las correderas Doppler para medir la velocidad y la distancia navegada, así como se pretenden conocer las ventajas y desventajas que estas tienen.

Se hará una clasificación de los diferentes tipos de correderas que hay con una breve descripción del funcionamiento de cada una, exponiendo cuáles buques están obligados a tenerlas instaladas.

Se pretende, además, explicar qué consideraciones se deben tener en cuenta en su instalación, explicando también si poseen o no mantenimiento y, en caso de tenerlo, saber en qué consiste.

Por último, se tiene intención de conocer qué fabricantes las venden y cuántos modelos de ellas hacen.

Metodología

La metodología que ha sido empleada en este Trabajo de Fin de Grado ha consistido fundamentalmente en la detenida búsqueda y lectura de diferentes recursos de internet, habiéndose consultado enciclopedias electrónicas, diferentes libros y revistas electrónicos, así como también se han consultado diferentes páginas web oficiales de ciertos fabricantes o distintas páginas webs especializadas en ingeniería o recursos marítimos.

De todos esos recursos se ha elaborado también un listado específico aclarando de qué sitios de internet se ha obtenido la información, de los cuales se han añadido los enlaces directos a ellos para que puedan ser consultados en cualquier momento.

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la actualidad, es necesario para la mayoría de los buques conocer en todo momento la velocidad que llevan, ya sea para las entradas o salidas de puerto, para embarques y desembarques del práctico, cumplir las diversas reglas del RIPA (Reglamento internacional para prevenir los abordajes) y para conocer la distancia que llevan navegada, ya que sabiendo la velocidad y el tiempo, se halla la distancia, por lo que llevan instalado a bordo un instrumento capaz de calcular la velocidad a la que se navega; La Corredera.

Esta ha cambiado mucho respecto a sus orígenes hasta convertirse en el aparato que conocemos hoy en día, puesto que en el siglo XVI fue cuando se creó un método para determinar la velocidad a la que navegaba el barco a través de un instrumento llamado Corredera o corredera de barquilla.

Consistía en una placa de madera que tenía forma de arco y contaba con un peso en uno de los extremos para mantenerla verticalmente flotando en el agua. A esta placa se le ataba una cuerda fina y de gran extensión que contaba con varios nudos distribuidos a la misma distancia entre unos y otros.

Mientras el barco navegaba, un marinero lanzaba la placa de madera al agua junto con la cuerda, mientras que otro marinero usaba un reloj de arena para medir cuántos nudos de dicha cuerda se deslizaban en un periodo determinado de tiempo, midiéndose así la velocidad del barco en función de los nudos, de manera que, si se habían deslizado 15 nudos en lo que tardaba en vaciarse el reloj de arena, el barco navegaría a 15 nudos.

Al principio, esta relación entre los nudos y el tiempo varió, hasta que en el siglo XVIII una versión de este instrumento implantó los nudos a 1/120 de una milla cada 30 segundos.

Desde esa época, en el mundo náutico las distancias se miden en millas náuticas (Que equivalen a 1852 metros) y 1 nudo corresponde a recorrer una milla náutica en 1 hora.

Más exactamente, esto equivale a $1/60$ de un grado sexagesimal, llamado también minuto de arco (Si asumiéramos que la Tierra es una esfera perfecta, puesto que no lo es ya que está achatada por los polos y abultada en el ecuador), así que, si se viaja a un nudo de velocidad, llevaría aproximadamente 60 horas moverse un grado de longitud o latitud [1].

La medida en nudos, aparte de en la navegación marítima, también es usada para la navegación aérea y en la meteorología, en esta última para medir la velocidad del viento, que suele medirse también en nudos a través de la conocida escala Beaufort. [2].

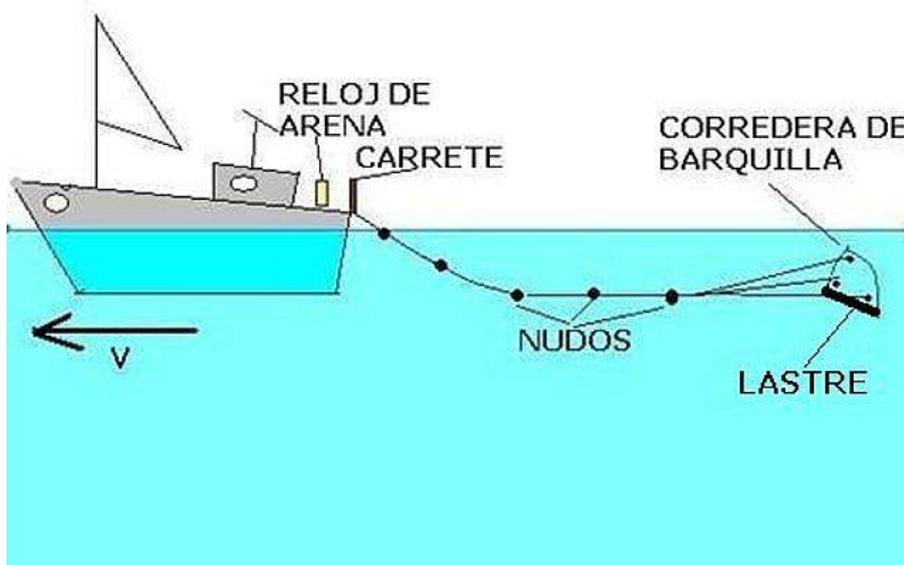


Ilustración 1.1.1: Método corredera de barquilla [3]

1.2 Tipos de Correderas

Este instrumento se ha ido desarrollando con el paso del tiempo hasta fabricarse varios tipos del mismo, desde la corredera de barquilla antes mencionada hasta las correderas actuales. A continuación, se describirá brevemente el funcionamiento de cada una de ellas:

- A. Corredera de barquilla:** Descrita en la introducción, es el método más rudimentario y que dio origen a lo que conocemos en la actualidad [1].
- B. Corredera Mecánica:** A medida que pasaban los años, los buques se hacían más veloces, quedando la corredera de barquilla atrás dado que era muy imprecisa a esas velocidades, por lo que se creó la corredera mecánica o de patente, que con ayuda de un cronómetro se extrapolaba la velocidad del buque en nudos. Esta corredera consistía en una hélice que iba sujeta a un cabo el cual estaba unido a un contador de revoluciones que indicaba las millas navegadas, ya que en su interior estaba formado por engranajes para transformar las revoluciones en distancia. Entre la hélice y el contador iba un volante cuyo objetivo era compensar las alteraciones momentáneas por medio de su inercia. Una vez fuera de puerto se debía arriar la hélice por la popa, quedando el contador sujeto a bordo [4].

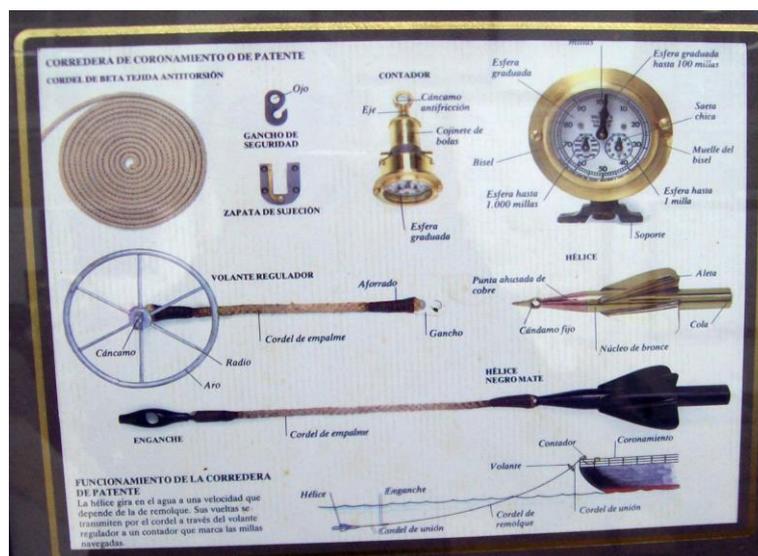


Ilustración 1.2.1: Corredera mecánica o de patente [5]

- C. Corredera electromecánica o eléctrica hidrostática:** Pertenece al grupo de las correderas a presión. Consiste en un tubo o sable que sobresale unos 30-50 centímetros por debajo de la quilla según el modelo y tiene dos orificios; Uno sometido a la presión dinámica del agua (Cuando el buque navega) y otro a la presión hidrostática según la profundidad. El receptor de presiones ubicado cerca de ambos orificios mide la diferencia entre las presiones recibidas por dichos conductos y actúa sobre una excéntrica que actúa también sobre una varilla que transmite la velocidad del buque instantánea y constantemente en nudos mediante un reóstato y un voltímetro [6].
- D. Corredera pitómetro:** También conocida como corredera de pozo, utiliza el principio de presión diferencial para hallar la velocidad. Funciona sumergiendo un tubo de Pitot en agua con una abertura en su base. Mientras el tubo está estacionario, la presión estática permanece constante, mientras que cuando empieza a moverse más allá del agua, crea una presión dinámica que varía según la velocidad. El efecto de la presión estática se elimina para obtener una medición precisa de la presión dinámica para calcular la velocidad. Esto se logra instalando un segundo tubo cerca del primero con una presión estática equivalente. El movimiento a través del agua no genera ninguna presión dinámica en el segundo tubo. Las diferencias entre las lecturas de la presión pura dinámica y estática indican la velocidad [7].
- E. Corredera tipo impulsor:** Utiliza la corriente del agua en la que el barco navega para propulsar el impulsor haciendo que rote, lo que genera impulsos eléctricos o señales mecánicas intermitentes que son procesadas por el circuito electrónico para mostrar la velocidad del barco y la distancia en un indicador. Este tipo de correderas presentan una sensibilidad mayor a bajas velocidades, sin embargo, sus partes mecánicas son más propensas a desperdiciarse debido al desgaste. Se han ido eliminado gradualmente excepto en las embarcaciones de calado pequeño.

- F. Corredera de presión hidráulica:** Esta utiliza la presión dinámica de la corriente del agua en la que el barco navega. Esta presión es transferida mediante un aparato de guía de flujo al diafragma de la cámara de transmisión de presión y convertida en una fuerza mecánica, la cual es más convertida por un dispositivo de medición compensado en la cantidad de velocidad. Debido a sus errores a baja velocidad, a la incapacidad de medir la velocidad a popa y a su compleja estructura mecánica, fueron gradualmente eliminadas.
- G. Corredera correlación acústica (CVL):** Se basa en el principio de la correlación acústica para medir el cambio de tiempo cuando la información del eco de la misma fuente de dispersión en el fondo marino llega a los dos receptores, así que en la información puede obtenerse la solución para determinar la velocidad del barco sobre el agua y la distancia. Esta corredera puede ser usada para medir la velocidad a popa y para sondear. También sirve para operar en profundidades mayores que cientos de metros [8].
- H. Corredera electromagnética:** Trabaja generando una pequeña corriente alterna en el transductor produciendo un campo electromagnético en el agua adyacente. A medida que el buque se desplaza por el agua, el voltaje proporcional a la velocidad es generado a 90° a la dirección del viaje. La señal del voltaje es detectada por el sensor y enviada a la unidad electrónica maestra, donde es amplificada y procesada digitalmente antes de pasarse al monitor de distancia y velocidad.
- I. Corredera Doppler:** Se dará una breve descripción ya que contará con un título exclusivamente para ella posteriormente. Se trata de una corredera acústica basada en el efecto Doppler en el cual las longitudes de onda de los objetos en movimiento parecen cambiar en relación con el observador. Este cambio puede ser convertido a velocidad dando un resultado muy preciso [9].
- J. Satelital:** En esta corredera se determina la velocidad del buque a través de la señal del satélite GPS, de manera que el receptor

GPS con el girocompás integrado y una antena calcula la velocidad, posición y el rumbo. La caída del buque es comparada luego en relación con la magnitud del buque y la dirección del movimiento en el agua. La información entregada por los satélites es procesada por el sistema, integrando la información de la velocidad con las velocidades longitudinal y transversal sobre el fondo del buque [7].

Capítulo 2

2.1 Efecto Doppler

Antes de comenzar a explicar el funcionamiento de una corredera Doppler, hay que saber qué es el efecto Doppler, el cual se define como el cambio de la frecuencia o longitud de onda de una onda para un observador que se mueve en relación con la fuente de la onda.

Para entenderlo mejor, se tomará como ejemplo el patrón de sonido (Frecuencia) de la sirena de una ambulancia y un observador:

Si la ambulancia y el observador están quietos, este siempre escuchará el mismo patrón de sonido de la sirena (Que puede oírlo más fuerte si la ambulancia está más cerca o más débil si está más lejos), mientras que, si dicha ambulancia se está acercando al observador, el patrón de sonido de la sirena que este escuchará será mayor que el de su frecuencia real.

Sin embargo, si la ambulancia se está alejando del observador, la frecuencia de sonido que oirá el observador será menor que la frecuencia real de la sirena.

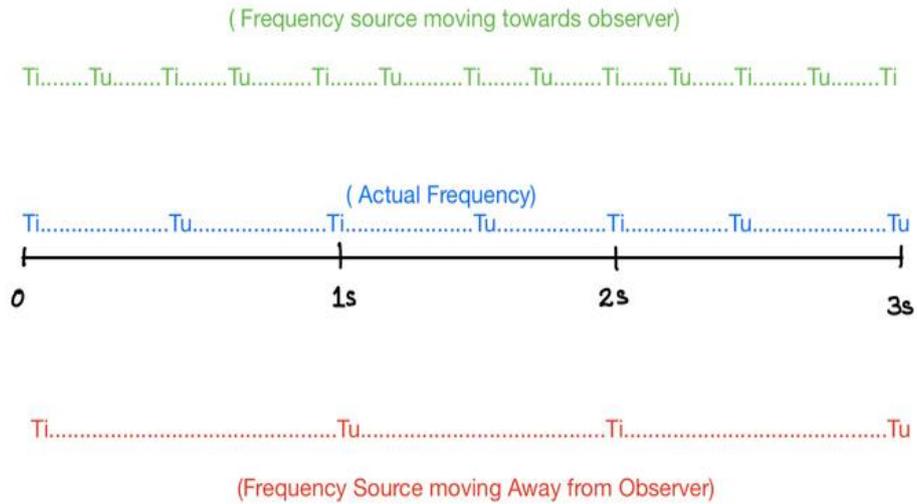


Ilustración 2.1.1: Cambio de la frecuencia en función del movimiento [10]

Se entiende entonces que, a medida que la ambulancia se acerca o se aleja del observador, un ciclo de sonido tomará un tiempo diferente en completarse.

Christian Doppler observó que el cambio de la frecuencia depende de la velocidad relativa de la fuente de frecuencia, lo que, técnicamente representado en una gráfica queda de la siguiente manera:

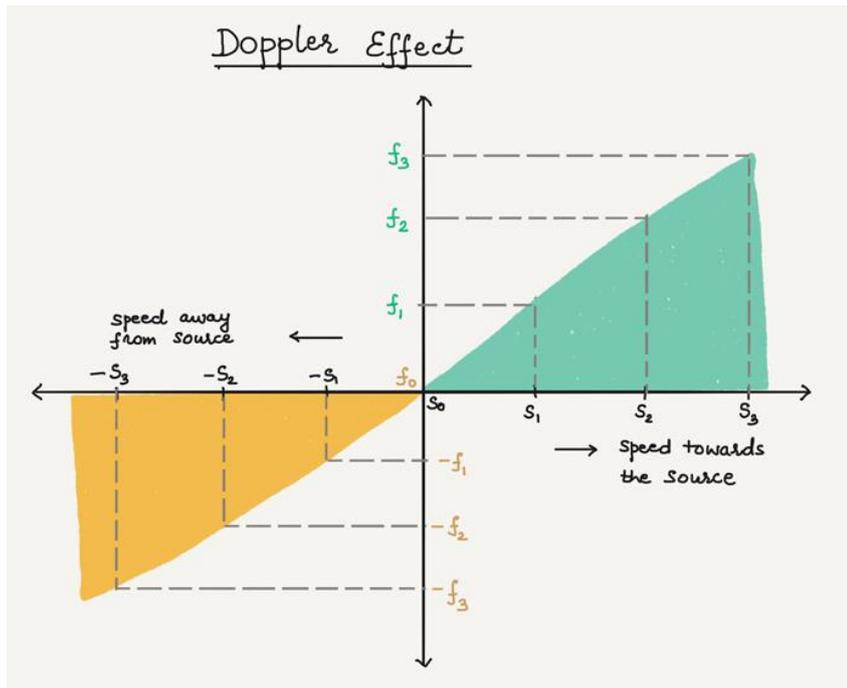


Ilustración 2.1.2: Gráfico del efecto Doppler [11]

Cuando el observador y la fuente de la frecuencia son estacionarias (S_0), la frecuencia recibida en el observador será la misma que la frecuencia real (f_0).

Cuando la fuente de la frecuencia se mueve hacia (O lejos de) el observador, la frecuencia recibida por él cambiará (a la velocidad S_1 la frecuencia es F_1 y así sucesivamente).

Christian Doppler dio la fórmula para calcular este cambio de frecuencia, la cual, junto al efecto Doppler, se ha utilizado para desarrollar muchos equipos, como la corredera Doppler.

$$f = \left(\frac{c \pm v_o}{c \pm v_s} \right) f_o$$

f = Apparent Frequency
 c = Speed of sound
 v_o = Speed of observer
 v_s = Speed of source
 f_o = Actual Frequency from source

Sign depends if the observer & source are moving away or towards from each other

Ilustración 2.1.3: Fórmula del efecto Doppler [12]

2.2 Corredera Doppler

La corredera Doppler es la que utiliza el efecto Doppler para determinar la velocidad a través del agua [13]. Son las más empleadas actualmente para la medición de la velocidad en embarcaciones ya que la integración de otros equipos electrónicos de situación como el radar, el equipo de situación por satélite, el Decca o Loran, permiten una navegación más segura y completa, pues los datos a tiempo real llegan de forma precisa y automática [2].

2.2.A Funcionamiento

Consiste en un haz angosto de energía ultrasónica (Generalmente entre 100 y 1000 KHz) orientado al fondo del mar en un ángulo Φ tal como muestra la siguiente ilustración:

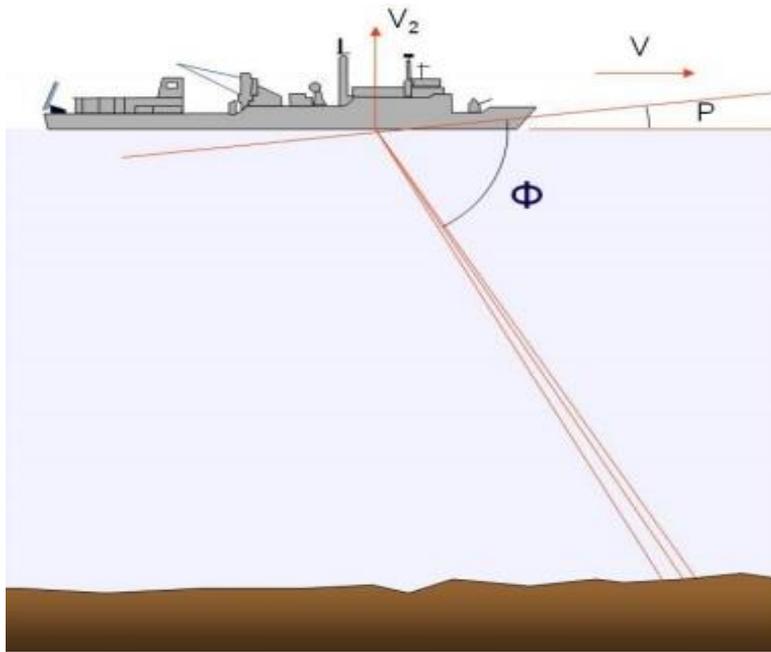


Ilustración 2.2.1: Transmisión de la onda de la corredera Doppler [14]

“V” es la velocidad de desplazamiento del buque y ΔF es la variación de la señal recibida (Diferencia de frecuencia) por los transductores (Señal Doppler):

$$\Delta F = \frac{2 \times V \times F_0 \times \cos(\Phi)}{C}$$

Donde F_0 es la frecuencia transmitida y C es la velocidad de sonido en el agua. La función de la corredera Doppler está medida por F_0 , C y Φ , que son parámetros conocidos, por lo que es posible calcular la velocidad verdadera (Respecto a la tierra) V que está directamente proporcional a la variación de la señal Doppler:

$$V = C \times \frac{\Delta f}{2 \times F_0 \times \cos(\Phi)}$$

Por ejemplo, para un transmisor que trabaja (F_0) sobre 300 KHz, una velocidad de sonido en el agua (C) de 1500 m/s, un ángulo Φ de 60° y una variación de frecuencia (ΔF) de 1 KHz, tendremos la siguiente velocidad:

$$V = \frac{1500\left(\frac{m}{s}\right) \times 1(KHz)}{2 \times 300(KHz) \times \cos(60^\circ)} = 5\left(\frac{m}{s}\right) = 9.72(Nudos)$$

Los ecos de la corredera Doppler reflejados del fondo suelen ser débiles (No solo por la pérdida de propagación del haz angosto, sino también por el ángulo inclinado de incidencia con el fondo) y hacen dispersar dicho haz dependiendo de la calidad del fondo, recibándose solo una pequeña proporción de la energía total transmitida [15].

La corredera Doppler mide la velocidad con respecto a la superficie que refleja la onda transmitida, sucediendo que, en aguas profundas, se refleja en la capa de agua que se vuelve más densa a medida que aumenta la profundidad. Esto no significa que en profundidades menores solo pueda medir la velocidad respecto al fondo, ya que las correderas Doppler modernas son lo suficientemente avanzadas para hacer que la onda transmitida se refleje desde una capa de agua de tres metros de profundidad bajo la quilla.

Algunas de ellas tienen la funcionalidad de elegir el modo de seguimiento, siendo estos:

- Seguimiento sobre el agua: Medirá la velocidad a través del agua.
- Seguimiento sobre el fondo: Medirá la velocidad sobre el fondo.
- Automático: Seleccionará uno de los dos modos anteriores automáticamente según la profundidad a la que se navegue.

Si el modo no se cambia al seguimiento sobre el fondo o al automático cuando la profundidad bajo la quilla sea inferior a tres metros, la corredera mostrará errores en la velocidad. La opción de cambiar entre modos no está disponible en todas las marcas y modelos de la corredera Doppler, por lo que en profundidades inferiores a 2-3 metros bajo la quilla mostrarán la velocidad del GPS, para la cual es necesaria una conexión GPS a la corredera Doppler.

2.2.B Errores

El buque navega en un entorno donde no hay situaciones ideales para medir con tanta precisión, por lo que se generan una serie de errores que se tienen en cuenta y se corrigen con la corredera. Estos errores son los siguientes:

1- Error debido al movimiento del buque:

Surge cuando el buque se mueve en varias direcciones (De proa a popa, de babor a estribor, guiñadas, etc.), ya que cambia el ángulo del haz (En el que se basa el procesador para hacer los cálculos). Este error se elimina recopilando y promediando los datos de más de un haz, con la configuración de los haces mediante la configuración Janus:



Ilustración 2.2.2: Configuración Janus [16]

Al tener esta configuración, cualquier error positivo en los datos de un haz se cancela por el error negativo de los datos de un segundo haz. Es gracias a esta disposición Janus que la corredera Doppler puede medir la velocidad lateral (En el plano transversal) del buque que el GPS no mide, ya que este da dos velocidades: Velocidad sobre el fondo y velocidad a través del agua.

Cuando el buque se aproxima al muelle interesa saber la velocidad a la que se está acercando (0.3 nudos o menos es la ideal) y que la corredera Doppler calcula gracias a la configuración Janus.

2- Error debido a los reflejos de las burbujas de aire:

Si hay reflejos falsos del haz que emite el transductor, la corredera Doppler mostrará lecturas erróneas, y una de las razones que puede causarlas podría ser que los haces se reflejen en las burbujas de aire generadas por el movimiento del buque. Este error se corrige ubicando cuidadosamente el transductor en un lugar donde la posibilidad de creación de dichas burbujas sea mínima.

3- Error debido al cambio en la velocidad del sonido en el agua:

La velocidad del sonido en el agua que se conoce es en unas condiciones ideales y a una temperatura en concreto, pero a medida que esta cambia, la velocidad del sonido en el agua cambia significativamente, lo que crearía un error en las lecturas de velocidad si no se corrige. Para hacerlo, se coloca un sensor de temperatura cerca del transductor que mide la temperatura del agua del mar. Esta corrección se aplica en la unidad de procesamiento de la corredera.

4- Otros errores técnicos:

Aparte de los ya mencionados, pueden existir otros, como que la frecuencia transmitida sea algo diferente de la tomada para el cálculo.

Cualquiera de estos errores se elimina en la prueba inicial de la corredera Doppler durante la prueba en el mar [13].

5- Coeficiente de corredera:

Este no es un error como tal, sino que por el buque moverse en el mar, la velocidad tomada con la corredera no es exactamente la real, pero sí muy aproximada. El coeficiente de corredera (K) es la relación existente entre la velocidad verdadera y la velocidad marcada por la corredera, calculándose de la siguiente forma:

$$K = \frac{\text{Velocidad (O distancia) verdadera}}{\text{Velocidad (O distancia) de corredera}}$$

En la práctica, al multiplicar lo que marca la corredera por el coeficiente K dará la velocidad o la distancia verdadera recorrida. Este coeficiente puede ser inferior o superior a 1, de manera que si su valor es 1 la corredera estará ajustada perfectamente.

Para calcular dicho coeficiente se navegará una distancia conocida a un rumbo determinado y tomando la medida de la corredera para después aplicar la fórmula, por ejemplo, si se recorren 3.5 millas y la corredera marca 2,5

millas, $K = \frac{3.5}{2,5} = 1,4$ [17].

6- Error en la orientación del transductor:

Los transductores deben tener un ángulo perfecto de 60° con respecto a la quilla, ya que, de lo contrario, la velocidad mostrada será errónea.

7- Error en la frecuencia del oscilador:

Esta debe ser precisa y constante, ya que cualquier desviación en ella hará que la velocidad mostrada sea errónea.

8- Error debido al lóbulo lateral:

Cuando la recepción del lóbulo lateral domina sobre la recepción del haz principal habrá un error en la velocidad indicada. Esto es más notorio en un fondo inclinado, ya que el lóbulo lateral se refleja en un ángulo más favorable y tendrá una longitud de trayectoria menor que el haz principal. Este error se puede eliminar con la configuración Janus, y para reducirlo, se reduce el haz de la onda acústica transmitida [18].

2.2.C Consideraciones de instalación

Este apartado sigue las recomendaciones del manual de instrucciones de la corredera 'Furuno DS-80'.

El monitor va conectado a la caja de terminales, y esta a su vez va conectada a la caja de distribución. Esta última va conectada a la caja de conexiones, que va conectada al transceptor y este al transductor.

1- Monitor:

Este puede instalarse sobre la mesa, elevado, empotrado o montarse a ras en una consola o panel. Una vez se halla seleccionado la ubicación, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Mantener el monitor fuera del alcance de la luz solar directa.
- La temperatura y humedad del lugar escogido para instalarlo deben ser moderadas y estables.
- Mantenerlo alejado de tubos de escape/ respiraderos, así como también de equipos generadores de campos electromagnéticos como motores y generadores.
- Para fines de mantenimiento, dejar suficiente espacio a los lados y en la parte posterior y dejar los cables flojos.
- El monitor afectará al compás magnético si se coloca muy cerca de él.

2- Transceptor:

- Dado que genera calor, se debe instalar en un lugar seco bien ventilado. Los ventiladores refrigeradores en lo alto de la unidad no deben ser obstruidos para permitir que el calor escape.
- Está diseñado para monturas en el mamparo, así permiten la disipación de calor. Si esta montura es imposible, montar el transceptor en el suelo dejando al menos 50 milímetros de separación entre ambos, así habrá disipación de calor.
- Reforzar el área de instalación si es necesario, ya que la unidad pesa 7.1 kilogramos.

- Dejar espacio sobre el transceptor para labores de mantenimiento e inspecciones.
- El compás magnético se verá afectado si se coloca el transceptor muy cerca de él.

3- Transductor:

El funcionamiento de la corredera Doppler depende directamente de la instalación del transductor. Su instalación debe ser hecha por un astillero siguiendo los dibujos de instalación incluidos en el manual.

- Colocarlo a unos 2,5 metros o más del transductor de la ecosonda.
- Separarlo lo más lejos posible de las fuentes de origen de burbujas de aire, por ejemplo, el lado del propulsor y tuberías de desecho.
- Instalarlo bastante cerca de la quilla para un flujo uniforme del agua. Generalmente, el mejor rendimiento se obtiene instalándolo en la proa, ya que el lado de popa es propenso a las burbujas de aire y a la cavitación de las hélices.
- Nunca aplicar pintura corriente en la cara del transductor. Cuando el buque esté en dique seco, limpiar el transductor de ostras y otros materiales extraños adheridos a él.

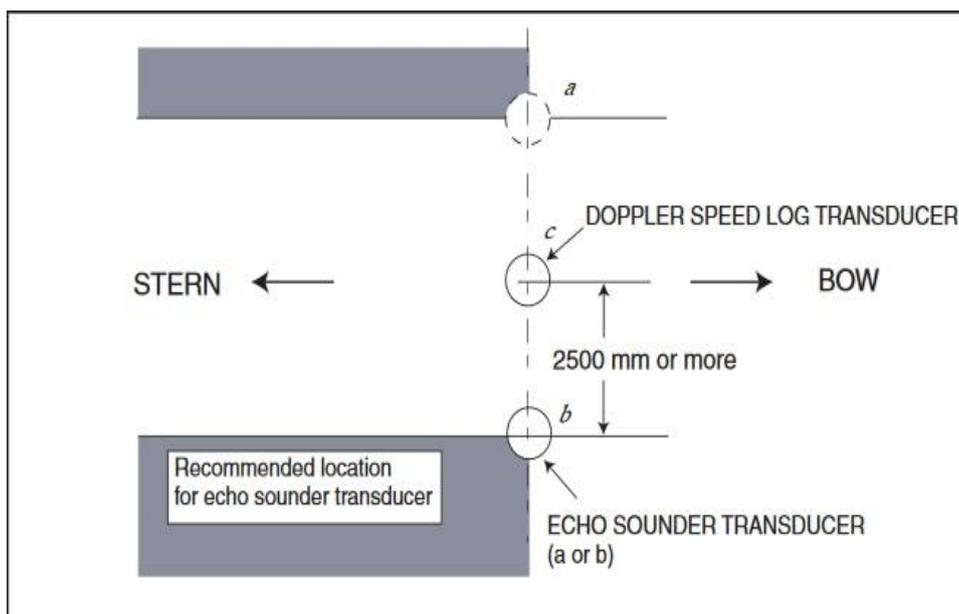


Ilustración 2.2.3: Ubicación recomendada transductor [19]

4- Caja de distribución:

Puede ser montada en la cubierta o en un mamparo. Para escoger un lugar de instalación, considerar que:

- Debe tener poca humedad y estar bien ventilado para mantener fresca la unidad.
- Su peso es de 12 kilogramos, así que, para montajes en el mamparo, asegurarse que el lugar de instalación es fuerte como para soportar su peso bajo las continuas vibraciones del buque.
- El compás magnético se verá afectado si esta se instala muy cerca de él.

5- Caja de terminales:

Forma una unión entre el monitor, el indicador digital, indicador de distancia y la caja de distribución. Se pueden colocar dos indicadores digitales/ indicadores de distancia instalando una caja de conexiones adicional a la caja de conexiones anterior. Si se instala muy cerca del compás magnético, este se verá afectado.

6- Indicador digital/ Indicador de distancia:

Se alojan en el mismo sitio que el monitor (Apartado 1- Monitor)

7- Caja de conexiones:

Forma una unión entre la caja de distribución y la unidad del transceptor, y está diseñado para ser montado en el mamparo. Para instalarlo se siguen las instrucciones suministradas en este manual.

- Mantener la caja de conexiones fuera de las emisiones de estática de la maquinaria eléctrica, como por ejemplo un generador, transmisor de radio, TV, etc.
- La caja es a prueba de salpicaduras, pero aun así no instalarla en lugares de alta humedad.
- No instalarla tampoco en lugares con mucha variación de temperatura, ya que la humedad podría penetrar en ella.

- Generalmente la caja es instalada encima de la línea de calado del buque, y el cable del transductor se pasa por dentro del conducto de acero, el cual se encarga de minimizar la captación de ruido. Si no se puede utilizar dicho conducto, instalar la caja lo más cerca posible del transductor.

Las instrucciones del montaje siguen el dibujo que se incluye en el manual.

8- Regulador de intensidad:

Es usado para controlar externamente la iluminación de la pantalla digital o analógica. Dependiendo de cómo sea esta, los valores de las resistencias son diferentes, al igual que los de la fuente de alimentación.

Para instalar cualquier modelo de corredera se debe seguir el manual de instrucciones suministrado con ella [20].

2.2.D Mantenimiento

Este apartado se basa en la información del manual del operador para la corredera Doppler 'Furuno DS-80'.

a) Mantenimiento preventivo:

Se deben comprobar regularmente los siguientes puntos para mantener el rendimiento del equipo:

- Comprobar que los conectores de todas las unidades del sistema están firmemente conectados y libres de óxido. Limpiarlos si están sucios o corroídos.
- Comprobar que todos los cables de tierra están firmemente conectados.
- El polvo y la tierra en el monitor (incluida la pantalla) pueden limpiarse con un trapo suave. No usar limpiadores químicos para limpiar el monitor puesto que pueden borrar marcas y dibujos.

b) Mantenimiento del transductor:

Diferentes tipos de vida marina (Como percebes, ostras, etc.) se adhieren a la cara del transductor, lo que reduce su sensibilidad. Eliminar cualquier tipo de vida marina de la cara del transductor periódicamente con un papel de lija delgado o con un trozo de madera.

c) Reemplazo de fusibles:

Los fusibles de las unidades del sistema protegen el circuito eléctrico de quemaduras ocasionadas por sobreintensidad. Si el quipo no puede activarse se debe comprobar el fusible en el cable de corriente del monitor. Antes de reemplazar un fusible se debe localizar la causa de la avería [21].

Capítulo 3

3.1 Legislación de la corredera Doppler

Según el SOLAS (Convenio internacional para la vida humana en el mar, 1974), capítulo V (Regulaciones), regla 19 (Requisitos de transporte para sistemas y equipos de navegación a bordo), apartado 1 (Solicitud y requisitos) establece que los buques construidos a partir del 1 de julio de 2002 deberán estar equipados con sistemas y equipos de navegación que cumplan los requisitos prescritos en los puntos 2.1 a 2.9, y los buques construidos antes del 1 de julio de 2002 deberán estar sujetos a los párrafos 1.2.2, 1.2.3 y 1.2.4, a menos que cumplan plenamente con esta regulación, continuarán equipados con equipos que cumplan los requisitos prescritos en las regulaciones V/11, V/12 y V/20 del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, vigente antes del 1 de julio de 2002.

Relativo a las correderas, esto quiere decir que:

A) Los buques construidos a partir del 1 de julio de 2002 deberán cumplir con los siguientes apartados:

Apartado 2 (Equipos y sistemas de navegación a bordo):

- Punto 2.3: Todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 300 toneladas y los buques de pasaje, independientemente de su tamaño, deberán cumplir con el párrafo 2.3.4 (Dispositivo de medición de velocidad y distancia u otro medio, para indicar la velocidad y distancia a través del agua).
- Punto 2.9: Todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 5000 toneladas deberán cumplir con el párrafo 2.9.2 (Un dispositivo de medición de velocidad y distancia, u otro medio, para indicar la velocidad y la distancia sobre el fondo en dirección hacia adelante y transversalmente (De babor a estribor y viceversa).

Apartado 3: Cuando se permiten “Otros medios” en virtud de este reglamento, dichos medios deben ser aprobados por la Administración de conformidad con el reglamento 18 (Aprobación, encuestas y estándares de desempeño de sistemas y equipos de navegación y registrador de datos de viaje).

Apartado 4: Los equipos y sistemas de navegación a los que se hace referencia en este reglamento deberán instalarse, probarse y mantenerse de manera tal que se minimice el mal funcionamiento.

Apartado 5: Los equipos y sistemas de navegación que ofrecen modos de operación alternativos deberán indicar el modo real [22].

B) Los buques construidos antes del 1 de julio de 2002 deben cumplir con:

Anexo 12 (Equipo de navegación – Buques existentes), sección C (Texto de los reglamentos 11, 12 y 20 de SOLAS V/74), reglamento 12 (Equipo de navegación a bordo) apartado I, que establece que cuando participen en viajes internacionales, los buques de arqueo bruto igual o superior a 500 toneladas construidos a partir del 1 de septiembre de 1984 deberán estar provistos de un dispositivo para indicar la velocidad y la distancia. Aparte de ello, en la sección A (Equipos para buques construidos antes del 1 de julio de 2002) especifica que deben llevar un dispositivo de medición de velocidad y distancia los buques

de arqueo bruto igual o superior a 500 toneladas en viajes internacionales (Como ya se había dicho) y los buques de arqueo bruto igual o superior 10000 toneladas lo deben llevar en todos los viajes y que mida la velocidad a través del agua [23].

Además, la resolución de la OMI (Organización marítima internacional) MSC.334(90) en la que se aprueban las enmiendas a las normas de desempeño para dispositivos para medir velocidad y distancia, recomienda a los gobiernos miembros que garanticen que los dispositivos para medir e indicar la velocidad y la distancia instalados en los barcos que se han construido en o después del 1 de julio de 2014 conforme a los estándares de rendimiento no sean inferiores a los establecidos en la resolución MSC.96 (72), a la que se le agregará en la sección 5 lo siguiente: 5.3 - Si se requiere que los barcos lleven registros de velocidad midiendo la velocidad a través del agua y velocidad sobre el fondo, estos registros de velocidad deben ser proporcionados por dos dispositivos separados [24].

La resolución MSC.96 (72) recomienda a los gobiernos miembros garantizar que los dispositivos para medir la velocidad y la distancia instalados a partir del 1 de julio de 2002 que cumplan con los estándares de rendimiento no sean inferiores a las establecidas en el anexo de esta resolución.

Por otra parte, los dispositivos para medir la velocidad y la distancia instalados a partir del 1 de enero de 1997 pero antes del 1 de julio de 2002 se ajusten al menos a los estándares de rendimiento establecidos en la resolución A.824 (19).

Anexo de la resolución MSC.96 (72):

1- Introducción:

Los dispositivos para medir e indicar la distancia están destinados a la navegación general y maniobras del buque. El requisito mínimo es proporcionar información sobre la distancia recorrida y la velocidad de avance del barco a través del agua o sobre el fondo. Información adicional de los movimientos del barco diferentes al eje de movimiento avance puede suministrarse.

El equipo debe cumplir completamente con sus estándares de rendimiento a velocidades de avance hasta su máxima velocidad. Los equipos que miden la velocidad y la distancia a través del agua deben cumplir con el estándar de rendimiento en aguas más profundas que tres metros bajo la quilla, y los que miden la velocidad y la distancia sobre el fondo deben cumplir con los estándares de rendimiento en aguas de profundidad superior a dos metros bajo la quilla.

2- Métodos de presentación:

La información de velocidad puede presentarse en una pantalla digital (El incremento de sus mediciones no debe exceder de 0.1 nudos) y en pantallas analógicas (Que deben ser graduadas al menos cada 0.5 nudos y estar marcadas con figuras al menos cada 5 nudos). Si pueden mostrar la velocidad del barco en un eje diferente al del movimiento de avance, la dirección del movimiento debe ser indicada inequívocamente.

La información de la distancia recorrida debe mostrarse digitalmente. La pantalla digital debe abarcar desde las 0 hasta no menos de 9999.9 millas náuticas y el incremento de las mediciones no debe exceder de 0.1 millas náuticas. También debe ser fácilmente legible por el día y por la noche.

Se deben proporcionar los medios para transmitir la velocidad y la información de la distancia recorrida a otros equipos instalados a bordo, donde dicha transmisión debe cumplir con los estándares relevantes de interfaz de la marina internacional. Además, cuando el equipo es usado para medir la velocidad de avance, la información puede ser transmitida luego usando conectores cerrados y, de ser así, debe ser en la forma de un contacto de cierre cada 0.005 millas náuticas navegadas.

Si el equipo puede operar midiendo la velocidad a través del agua o sobre el fondo, debe tener la opción de seleccionar cualquier modo y contar con su respectiva indicación de elección.

Si el equipo puede indicar la información de velocidades distintas a las direcciones proa-popa, estas pueden mostrarse como una opción seleccionable del monitor.

3- Precisión de la medida:

Los errores en la velocidad medida e indicada cuando el barco está navegando libre de los efectos de aguas poco profundas y de los efectos del viento, tipo de fondo marino, mareas y corriente, no deben exceder:

- Para un monitor digital: Del 2% de la velocidad del barco o 0.2 nudos, lo que sea mayor.
- Para un monitor analógico: Del 2.5% de la velocidad del barco o 0.25 nudos, lo que sea mayor.
- Para datos de transmisión de salida: Del 2% de la velocidad del barco o 0.2 nudos, lo que sea mayor.

Los errores en la distancia navegada indicada cuando el barco está navegando libre de los efectos de aguas poco profundas y de los efectos del viento, tipo de fondo marino, mareas y corriente, no deben exceder del 2% de la distancia navegada por el buque en 1 hora o 0.2 millas náuticas en cada hora, lo que sea mayor.

Si la precisión en la velocidad y distancia navegada indicada por los equipos puede verse afectada en funcionamiento por ciertas condiciones (Estado de la mar y sus efectos, temperatura del agua, salinidad, velocidad del sonido en el agua, profundidad del agua bajo la quilla, inclinación transversal e inclinación longitudinal), los detalles de estos posibles efectos estarán en los manuales de los equipos.

4- Inclinación y balanceo:

El rendimiento del equipo debe ser tal que cumpla con los requisitos de estos estándares cuando el barco se inclina hasta $\pm 10^\circ$ y se balancea hasta $\pm 5^\circ$.

5- Construcción e instalación:

El sistema debe estar diseñado de manera que el método de fijación de partes del equipo al barco o el posible daño que sufra cualquier parte del equipo que penetra en el casco no provoque entrada de agua al barco.

Dondequiera que cualquier parte del sistema esté diseñada para extenderse y retraerse en el casco del barco, el diseño debe garantizar que puede ser extendida, manejada con normalidad y retraída a todas las velocidades hasta la velocidad máxima del buque. Las posiciones de extensión y retracción deben estar claramente indicadas en la posición de visualización [25].

Si se requiere que los barcos lleven registros de velocidad midiendo la velocidad a través del agua y velocidad sobre el fondo, estos registros de velocidad deben ser proporcionados por dos dispositivos separados [24].

Capítulo 4

4.1 Ventajas y desventajas

En cuanto a las ventajas, se observa lo siguiente:

- Proporcionan una situación de estima de gran exactitud, ya que dan a conocer los desplazamientos sobre el fondo.
- Miden la velocidad con exactitudes del orden de la centésima de segundo.
- Es autónomo e independiente de emisiones procedentes del exterior.
- Es integrable con otros sistemas de posicionamiento [26].
- Puede medir movimientos hacia adelante y de babor a estribor, lo que resulta muy útil para atracar y maniobrar en superficies de agua reducidas [27].

En cuando a las desventajas:

- Errores debido a la velocidad de sonido en el agua.
- No es adecuada para fondos inferiores a 15 metros por reflexiones indeseables en las capas de agua contiguas al barco.

- Para fondos superiores a 400/ 500 metros, y debido a la atenuación de la señal, los desplazamientos se miden sobre la masa de agua, por lo que la estima estará afectada por la corriente [26].
- La precisión de las medidas puede reducirse o incluso perderse por el mal tiempo o por una mala ubicación del transductor [27].

4.2 Marcas y modelos

En este apartado se mostrarán algunas de las marcas y modelos de correderas Doppler:

A) Furuno:

- DS-80



Ilustración 4.2.1: Furuno DS-80 [28]

Velocidad y distancia en una gran pantalla LCD iluminada, alta precisión gracias al principio Doppler, salida de datos para ARPA, radar, ECDIS, AIS, VDR y otros dispositivos GMDSS, cumple con los estándares MSC.96(72), A.824(19) y otros relacionados y cumple con los requisitos de transporte SOLAS para buques de más de 300 toneladas de arqueo bruto [29].

Precios bajo demanda [30].

B) Sperry Marine:

- NAVIKNOT 450 D



Ilustración 4.2.8: NAVIKNOT 450D [31]

El sistema NAVIKNOT 450D funciona según el principio Doppler, proporcionando la velocidad longitudinal del buque (STW). Cumple con todos los requerimientos aplicables de IMO. Gran pantalla TFT con modo día/noche, contador de millas recorridas, interfaz con central de alarmas e instalable en consola o mamparo.

- NAVIKNOT 600 SD



Ilustración 4.2.9: NAVIKNOT 600SD [33]

Esta corredera trabaja según los principios satelitario/ Doppler o satelitario/Electromagnético, según el modelo. Proporciona la velocidad longitudinal y transversal del buque sobre el fondo (SOG) y la velocidad longitudinal sobre el agua (STW). Cuenta con una gran pantalla TFT con modo

día/ noche, interfaz con central de alarmas, contador de millas recorridas y es instalable en consola o mamparo [32].

En cuanto a su apariencia, realmente es igual que su hermana NAVIKNOT 450D, solo que en la ilustración 4.2.3 se ve instalada en un armazón sin el accesorio de soporte y en la figura 4.2.2 está instalada de forma enmarcada [34].

- SKIPPER DL1



Ilustración 4.2.10: SKIPPER DL1 [35]

Funciona según el principio Doppler, que proporciona la velocidad longitudinal del buque (STW) y la distancia relativa al agua de mar. También proporciona parámetros de navegación precisos, a medida que ocurren y presentados de una manera lógica y fácil de usar. Pantalla en formato matriz de 28x30 LED con oscurecimiento nocturno completo. Lectura de la temperatura de la mar y configuraciones completamente automáticas.

- SKIPPER DL2

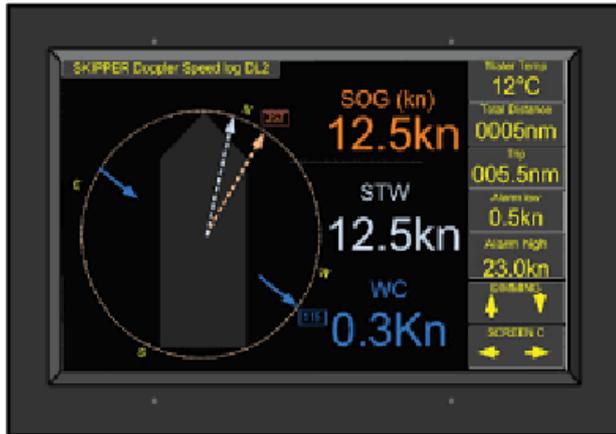


Ilustración 4.2.11: SKIPPER DL2 [36]

Opera bajo el principio Doppler, que proporciona velocidad de navegación longitudinal y transversal (STW y SOG) y distancia relativa al agua de mar. Ofrece parámetros de navegación precisos, a medida que ocurren y presentados de una manera lógica y fácil de usar. Pantalla táctil de 9”, lector de la temperatura del agua de mar y configuraciones completamente automáticas.

- SKIPPER DL21



Ilustración 4.2.12: SKIPPER DL21 [37]

Está diseñada para barcos de un arqueado bruto superior a 50000 toneladas. Cuenta con medición simultánea e independiente de velocidad a través del agua y sobre el fondo, cumpliendo así con la nueva resolución de la OMI MSC.334(90). Pantalla táctil de 9”, lector de la temperatura del agua de mar y configuraciones completamente automáticas.

- SKIPPER DL850



Ilustración 4.2.13: SKIPPER DL850 [38]

Funcionando según el efecto Doppler ofrece velocidad de crucero longitudinal y de proa/ popa sobre el fondo o a través del agua. Ofrece parámetros de navegación precisos, a medida que ocurren y presentados de una manera lógica y fácil de usar. Su pantalla LCD es a color con fondos para día y noche. Lectura de profundidad y de la temperatura del agua de mar [32].

- Versiones actualizadas:
 - NAVIKNOT 450DD
 - NAVIKNOT 550DD
 - NAVIKNOT 600SDD
 - NAVIKNOT 600SDT [34].

C) JRC:

- JLN-740



Ilustración 4.2.14: JRC JLN-740 [39]

Cumple con el estándar MSC.96(72). Tiene instalada por el fabricante una función de detección de burbujas que informa cuando la precisión de las medidas está siendo afectada por el contacto de las burbujas de aire. Pantalla táctil, interfaz avanzada, soporta mantenimiento remoto, precisión durante el atraque y manejo intuitivo [40].

- JLN-741



Ilustración 4.2.15: JRC JLN-741 [41]

Cumple con el estándar MSC.96(72). También lleva instalado por el fabricante una función de detección de burbujas que informa cuando la precisión de las medidas está siendo afectada por el contacto de las burbujas de aire. Pantalla de 4.5" con la información principal mostrada en caracteres grandes para una fácil lectura [42].

Conclusiones

Tras la elaboración de este trabajo, que recibe el nombre de “Correderas Doppler” he llegado a la conclusión de que las correderas Doppler son uno de los equipos más eficaces a la hora de medir velocidades y distancias, no solamente en el eje longitudinal, sino que también proporcionan una gran ayuda a la hora de efectuar operaciones de atraque, desatraque, fondeo y demás operaciones de aproximación, puesto que proporcionan también la velocidad y distancia transversal (De una banda a otra).

Por otra parte, estas pueden ser integradas a otros equipos de posicionamiento tales como el GPS, radar, etc.

Es cierto que tienen varios errores de mediciones, pero cada uno de ellos se puede solucionar, como por ejemplo, los errores dados por los movimientos del buque (Se soluciona con la configuración Janus), o el del cambio de la velocidad de sonido en el agua (Corrigiéndose mediante la instalación de un sensor de temperatura cerca del transductor) o los errores dados en aguas profundas, ya que las mediciones se hacen sobre la masa de agua, lo que afecta a la estima puesto que se verá influenciada por la corriente, aunque se puede hallar la velocidad o distancia real con el coeficiente de corredera.

En definitiva, la eficacia de sus medidas, las posibilidades de conocer las velocidades y distancias navegadas lateralmente y que prácticamente todos los errores que tienen se puedan solucionar con cierta facilidad, hacen que este tipo de correderas sean una de las mejores opciones para determinar las velocidades y distancias a la que se navega, navegando así con una mayor seguridad.

Conclusions

Once finished my Project which is called Doppler log, I think that this kind of logs are one of the best to calculate speeds and distances onboard, as in a longitudinal plane as in transverse plane (From port to starboard), helping in situations like berthing, unberthing, anchoring and other approaching situations.

By the other side, this kind of logs can be integrated into other positioning systems like GPS, radar, etc.

The Doppler logs have some mistakes in its measures but each one of them can be solved, for example: Errors due to ship's motion (Solved with Janus configuration) or by changes in velocity of sound in water (Solved after installing a temperature sensor near the transducer) or errors in measures in deep waters because they are measured in the water layers, producing inaccuracies in the estimated measures which are influenced by the current.

This last mistake is not very important because is possible calculate the true speed and distance applying the log rate.

To sum up, the accuracy of its measures, the possibilities of knowing transverse speed and distances and that almost all the mistakes have solutions or can be solved easily, do that the Doppler logs become one of the best options to calculate navigated speed and distances, giving a more safety voyage to the crew.

Bibliografía de contenido

[1] D. Hiskey. *¿Por qué se mide la velocidad de los barcos en nudos?*
Disponible en:

<https://es.gizmodo.com/por-que-se-mide-la-velocidad-de-los-barcos-en-nudos-1543713924> [Consultado el 03 de junio del 2020].

[2] EEND-MA-26. *El origen de los nudos náuticos y correderas*. Disponible en:
<https://nauticaformacion.es/nudos-nauticos-velocidad/> [Consultado el 03 de junio del 2020].

[4] C.R. Vidal. *Corredera de coronamiento o de patente*. Disponible en:

<http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2016/08/corredera-mecanica.html>

[Consultado el 04 de junio del 2020].

[6] E. Hernández. G. *LA DISTANCIA RECORRIDA POR EL BUQUE, LAS CORREDERAS Y SU COEFICIENTE*. Disponible en:

<https://naut.blogcindario.com/2008/11/00022-la-distancia-recorrida-por-el-buque-las-correderas-y-su-coeficiente.html> [Consultado el 12 de junio del 2020].

[7] Engineering360. *Speeds Log Information*. Disponible en:

https://www.globalspec.com/learnmore/specialized_industrial_products/transportation_products/speed_logs [Consultado el 08 de junio del 2020].

[8] China Classification Society. *N-07 SPEED LOG*. Disponible en:

<https://www.ccs.org.cn/ccswzen/font/fontAction!article.do?articleId=4028e3d65800369101583cb2a50c01a6> [Consultado el 06 de junio del 2020].

[9] J. Babicz ed. *WÄRTSILÄ ENCYCLOPEDIA OF SHIP TECHNOLOGY*. 2nd ed. Helsinki: Wärtsilä corporation; 2015 Disponible en:

https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/marine-documents/encyclopedia/wartsila-o-marine-encyclopedia.pdf?sfvrsn=9c98be45_2 [Consultado el 06 de junio del 2020].

[13] R. Jassal. *Here is All You Need to Know About Doppler Log*. Disponible en: <https://www.myseatime.com/blog/detail/here-is-all-you-need-to-know-about-doppler-log> [Consultado el 10 de junio del 2020].

[15] R. Déniz. D. *CORREDERAS*. Disponible en: <http://navegacion.tripod.com/webonmediacontents/20.3%20Corredera%202018.pdf> [Consultado el 11 de junio del 2020].

[17] Brainscape. *Corredera – Coeficiente de corredera*. Disponible en: <https://www.brainscape.com/flashcards/tema-10-teoria-de-navegacion-4251511/packs/6163727> [Consultado el 11 de junio del 2020].

[18] Oways. *Doppler log on ships*. Disponible en: <https://owaysonline.com/doppler-log-on-ships/> [Consultado el 11 de junio del 2020].

[20] FURUNO. *Installation manual DOPPLER SPEED LOG Model DS-80*. Disponible en: http://www.furuno.it/docs/INSTALLATION%20MANUALIME72470V_DS80.pdf [Consultado el 12 de junio del 2020].

[21] FURUNO. *OPERATOR'S MANUAL DOPPLER SPEED LOG Marine Speed and Distance Measuring Equipment (SDME) Model DS-80*. Disponible en: <http://marine-electricity.com/Downloads/SPEED%20Log/Doppler%20Speed%20Log-Operators%20Manual.pdf> [Consultado el 12 de junio del 2020].

[22] SOLAS. *Guidance on Chapter V – Safety of Navigation 2007 Revision*. Disponible en: <http://solasv.mcga.gov.uk/regulations/regulation19.htm> [Consultado el 13 de junio del 2020].

[23] SOLAS. *Guidance on Chapter V – Safety of Navigation 2007 Revision*. Disponible en: <http://solasv.mcga.gov.uk/Annexes/Annex12.htm> [Consultado el 13 de junio del 2020].

[24] IMO. RESOLUTION MSC.334(90) *ADOPTION OF AMENDMENTS TO PERFORMANCE STANDARDS FOR DEVICES TO MEASURE AND INDICATE SPEED AND DISTANCE (RESOLUTION MSC.96(72))*. Disponible en:

[http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.334\(90\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.334(90).pdf) [Consultado el 13 de junio del 2020].

[25] IMO. RESOLUTION MSC.96(72) *ADOPTION OF AMENDMENTS TO PERFORMANCE STANDARDS FOR DEVICES TO MEASURE AND INDICATE SPEED AND DISTANCE (RESOLUTION A.824(19))*. Disponible en:

<http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-%28MSC%29/Documents/MSC.96%2872%29.pdf> [Consultado el 13 de junio del 2020].

[26] J. Lumbreras. *SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE NAVEGACIÓN*. Disponible en:

<https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/ShowProperty?nodePath=/BEA%20Repository/Desktops/Portal/ArmadaEspañola/Pages/mardigitalbiblioteca/11ingenieriaelectronica/11ingenieriaelectronica-es/doc998sistelecnaveg//archivo> [Consultado el 14 de junio del 2020].

[27] V. Kumar. *What is Doppler Speed Log?* Disponible en:

<http://marinegyaan.com/what-is-doppler-speed-log/> [Consultado el 14 de junio del 2020].

[29] FURUNO. *Doppler Speed Log & Correntometri*. Disponible en:

<http://www.furuno.it/lang--it--art--DS-80--DS80.html#telec> [Consultado el 15 de junio del 2020].

[30] FURUNO. Doppler Speed Log. *LISTINO PREZZI*. 2020. Rev.01: 60-61. Disponible en:

<http://www.furuno.it/pdf/Listino%20Prezzi%202020%20-%20REV.01%20Annulla%20e%20sostituisce%20il%20precedente.pdf> [Consultado el 15 de junio del 2020].

[32] aeromarine. *CORREDERAS*. Disponible en:

https://www.aeromarine.es/?page_id=4819&lang=es [Consultado el 15 de junio del 2020].

[34new] Sperry Marine. *NAVIKNOT Ultimate Speed Log Flexibility*. Disponible en:

<https://www.sperrymarine.com/system/files/downloads/23a00395-fe77-d1a4-b542-cb18b8e74791/NAVIKNOT.pdf> [Consultado el 15 de junio del 2020].

[40] JRC ed. *JLN-740 High accuracy speed and distance log*. Houston. ALPHATRON MARINE. n.d.

[42] JRC. *JLN-741 Speed log*. Disponible en:

<https://www.jrc-world.com/en/product/jln-741-404/> [Consultado el 15 de junio del 2020].

Bibliografía de imágenes

[3] <https://fotos.miarroba.com/fotos/8/0/80f78272.jpg>

[5] <http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2016/08/corredera-mecanica.html>

[10]

<https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2018/02/Frequency-changes-doppler-shift-doppler-log.jpg>

[11]

<https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2018/02/Doppler-effect-graph.jpg>

[12]

<https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2018/02/Frequency-change-doppler-shift-doppler-log.jpg>

[14]

<http://navegacion.tripod.com/webonmediacontents/20.3%20Corredera%202018.pdf> página 15.

[16] <https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2018/02/Janus-configuration-Doppler-log.jpg>

[19]

http://www.furuno.it/docs/INSTALLATION%20MANUALIME72470V_DS80.pdf
página 4.

[28]

https://www.rcom.nl/wp-content/uploads/2014/09/Furuno_DS80_RGB_710x575-710x575.jpg

[31] https://www.aeromarine.es/wp-content/uploads/2019/01/naviknot_600.png

[33]

<https://www.sperrymarine.com/sites/default/files/styles/large/public/NAVIKNOT-CDU-housing-bracket.png?itok=SSeknKxd>

[35]

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQlcoS3uuc68oLPkTEKspUX0Fe7wYowt1AvombsbqkU4jXgFyua&s>

[36]

https://www.aeromarine.es/wp-content/uploads/2018/09/skipper_speed_log_dl2.png

[37]

https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQi8U4x_9va35_h0Ye5kl2G-D9P1xwAY6SSkajWKurbS3YLq6Qj&s

[38]

https://www.aeromarine.es/wp-content/uploads/2018/09/skipper_speed_log_eml224.png

[39] https://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/24144-13858439.jpg

[41]

https://www.alphatronmarine.com/images/products/jln-741n_1550590280_f51a9bc2.png?resolution=1280x720&quality=90&isLogo=1&background=FFFFFFFF