Cinemática para Capitanes de Yate

Luis Mederos Martín
http://www.rodamedia.com

Capítulo 1

Introducción. Conceptos básicos.

En cinemática naval nos preocupamos de calcular el movimiento relativo de un barco B respecto a nuestro barco A cuando conocemos los rumbos y velocidades de ambos. En otras palabras, nos interesa saber cuál es el movimiento de B respecto a nosotros, llamado **movimiento aparente**, como resultado combinado de los **movimientos absolutos** (o sea, respecto al fondo del mar) de ambos barcos. Evidentemente es el movimiento aparente (o movimiento relativo) del barco B el que determinará si existe riesgo de colisión con él y, por tanto, si hemos de efectuar alguna maniobra de evasión.

Tres suposiciones básicas se admiten como válidas en los estudios de cinemática naval:

i) Los barcos se mueven siguiendo derrotas rectas y a velocidad uniforme. Despreciamos así cambios de rumbo o guiñadas y frenazos o acelerones debidos por ejemplo a las olas.

ii) Cuando un barco cambia el rumbo este cambio tiene lugar instantáneamente y ocurre sobre el centro de gravedad del barco. Es decir, despreciamos la existencia de la curva de evolución en el giro del barco.

iii) Los cambios de velocidad son instantáneos.

Admitiendo estos tres puntos, cualquier cálculo de cinemática se reduce a un problema de suma y resta de vectores, como no puede ser de otra manera porque la velocidad de un barco es una magnitud vectorial. En otras palabras, si queremos determinar completamente el movimiento de un barco necesitamos saber no sólo cuantos nudos está haciendo (el módulo de la velocidad) sino, también, cuál es su rumbo, o sea, la derrota que sigue y, sobre esa dirección representada en una carta por una línea recta, en que sentido se mueve (hacia un extremo de la recta o hacia el otro). El conjunto de las tres cosas (**módulo**, **dirección** y **sentido**) definen completamente a la magnitud vectorial que es la velocidad del barco.

El estudio de la cinemática naval requiere un mínimo conocimiento de las matemáticas de los vectores, concretamente del concepto de vector opuesto a uno dado y la suma y resta de vectores. Si tus conocimientos de vectores son limitados o los tienes un poco *oxidados*, entonces es el momento ahora de que los adquieras o los repases para que te pongas al día antes de continuar con este tema.

Supongamos, entonces, que nuestro barco A se mueve con velocidad absoluta (re-

specto al fondo) α (utilizaremos el convenio de representar los vectores por letras griegas para distinguirlos de las magnitudes que no son vectoriales como, por ejemplo, la mínima distancia ***d*** a la que un barco B pasará de nuestro barco A en una situación de vuelta encontrada). En nuestras inmediaciones se encuentra un barco B que se mueve con velocidad absoluta β. Por si todavía te queda alguna duda, piensa que α y β son las velocidades con las que el farero cerca de cuyo faro nos encontramos ve moverse a ambos barcos. La pregunta básica es entonces:

¿Cuál es la velocidad $V\beta\alpha$ con la que el barco B se mueve con respecto al barco A?.

O sea, ¿Con qué velocidad vemos nosotros moverse al barco B?. Es esta velocidad relativa de B respecto a A (repito que considerada vectorialmente) la que describe el movimiento aparente de B respecto a nosotros y es, por tanto, la que nos indicará, por ejemplo, si vamos a colisionar o no. ¿Cómo se calcula el vector $V\beta\alpha$?. Pues es muy sencillo utilizando un pequeño truco:

El movimiento relativo de un barco con respecto a otro no cambia si ambos se ven sometidos a un mismo movimiento común debido, por ejemplo, a la existencia de una corriente en la zona (así que las corrientes no se tienen en cuenta en el estudio del movimiento relativo, pero si hay que considerarlas en el estudio del movimiento absoluto). Supongamos, entonces, que en nuestra zona de navegación existe una corriente de intensidad horaria igual al módulo de nuestra velocidad y de rumbo el opuesto a nuestro rumbo. Esa corriente quedará representada entonces por el vector $-\alpha$. En esa hipotética situación, la velocidad absoluta de A sería cero (no nos moveríamos respecto al fondo del mar), mientras que la velocidad absoluta de B sería $\beta-\alpha$. Así que el vector $\beta-\alpha$ es la velocidad con la que vemos moverse a B desde A y es, por tanto, la respuesta a la pregunta de arriba:

La velocidad $V\beta\alpha$ con la que el barco B se mueve respecto a nuestro barco A es:

$$V\beta\alpha = \beta - \alpha \tag{1.1}$$

La dirección definida por el vector $V\beta\alpha$ se llama ***derrota relativa*** o ***indicatriz del movimiento***. Evidentemente, el módulo del vector $V\beta\alpha$ es la velocidad en nudos con la que el barco B se mueve con respecto a nosotros (alargando o acortando la distancia relativa que nos separa de él). En otras palabras, hemos reducido el problema de dos barcos moviéndose con respecto al fondo con velocidades α y β a otro problema en el que nuestro barco A no se mueve y el barco B se mueve respecto a nosotros con velocidad $V\beta\alpha$.

Como recordarás de tus estudios de vectores, o habrás repasado por la cuenta que te tiene, la suma y resta de vectores involucra siempre la construcción de un triángulo dos de cuyos lados se obtienen a partir de los vectores α y β iniciales y el tercero es la suma o diferencia de ambos (según como se haya construido el triángulo). Por esta razón, a tal triángulo se le da el nombre en cinemática naval de ***triángulo de velocidades***. Finalmente, cualquier problema de cinemática naval se reduce a obtener uno de los lados de este triángulo cuando conocemos los otros dos. Y para hacer boca, aquí va un cálculo típico de cinemática para Capitanes de Yate:

EJEMPLO 1: El rumbo de nuestro barco es 60º y nuestra velocidad 6 nudos. A

HRB = 12:40 observamos en el radar el eco de un buque B que nos demora por los 100º encontrándose a una distancia de 12 millas. Puestos al habla con B mediante el VHF, nos comunica que su rumbo es 345º y su velocidad 8 nudos. Queremos saber cuál es la velocidad relativa de B respecto a nosotros, si existe riesgo de colisión y a qué distancia mínima pasaremos de él en caso de mantener ambos barcos sus rumbos y velocidades actuales.

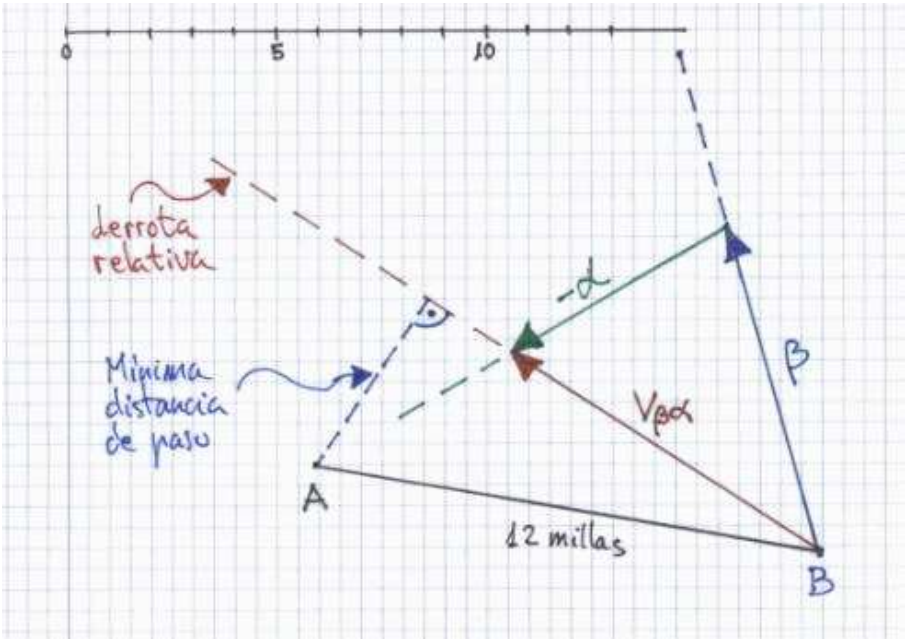

Figura 1.1: Construcción del triángulo de velocidades para la resolución del EJEMPLO 1.

Para resolver este problema utilizamos, con el fin de facilitar el dibujo, una hoja de papel cuadriculado (más adelante, cuando estemos más familiarizados con el manejo de vectores, aprenderemos a utilizar una *rosa de maniobra*). Cerca del centro de la hoja dibujamos el punto A que representa a nuestro barco. A la distancia y en la dirección adecuadas dibujamos el punto B que representa al barco B. Para ello habremos elegido, utilizando la cuadrícula del papel, la escala necesaria para medir distancias. Ahora, con origen en el punto B, dibujamos el vector β (velocidad del barco B) y con origen en el extremo de β dibujamos el vector $-\alpha$ (vector opuesto a la velocidad de nuestro barco). Si unimos ahora el origen de β (o sea, el punto B) con el extremo de $-\alpha$ habremos obtenido el vector $\beta+(-\alpha)=\beta-\alpha$, o sea el vector que habíamos llamado $V\beta\alpha$ y que no es otro que la velocidad relativa de B respecto a A. Utilizando el compás y la escala que hemos elegido medimos el módulo de $V\beta\alpha$ para saber a qué velocidad (nudos) se mueve el barco B respecto a nosotros. Con el transportador podemos medir el rumbo relativo de B respecto a nosotros (el ángulo desde el norte al vector $V\beta\alpha$). Utilizando una regla prolongamos el vector $V\beta\alpha$ y sabremos la derrota relativa (o indicatriz del movimiento). Si esta derrota pasa sobre el punto A es claro que estamos en rumbo de colisión con el barco B. De lo contrario, trazando una perpendicular a la derrota relativa que pase por nuestro barco podemos medir, utilizando de nuevo el compás y la escala, la mínima distancia a la que pasaremos del barco B

La figura nos muestra entonces que el barco B pasará, de mantener ambos barcos

velocidades y rumbos, por nuestra proa (pues nuestro rumbo es 60º) a una mínima distancia de 4.9 millas. Utilizando el compás y la escala obtenemos que la velocidad relativa de B con respecto a nosotros es de 8.6 nudos (ese es el módulo del vector $V\beta\alpha$) mientras que la distancia relativa a navegar hasta el paso de B a la mínima distancia es de 11.3 millas. Por tanto, el tiempo que transcurrirá desde el momento actual (HRB = 12:40) en que hemos observado el eco del buque B hasta que éste se encuentre a la mínima distancia de nosotros es de t = 11.3 / 8.6 = 1 hora 18.8 minutos. El barco B se encontrará por tanto a la mínima distancia de nosotros cuando sean HRB = 13 :58.8. Si el problema nos hubiese proporcionado nuestra situación a HRB = 12:40, cuando detectamos el eco de B, ahora podríamos hacer un simple cálculo de estima para saber cuál será nuestra situación en el momento de encontrarnos a la mínima distancia de B. Sería entonces un cálculo muy sencillo pues se trataría de calcular la situación final después de navegar a rumbo 60º y 6 nudos durante 1 hora y 18.8 minutos. En caso de estar sometidos a corriente, la tendríamos en cuenta, de la forma habitual, en este cálculo de estima. Fíjate que, sin embargo, una posible corriente en la zona no afecta al movimiento relativo de B respecto a A y, por tanto, no la tenemos en cuenta en la construcción gráfica de la figura anterior.

Capítulo 2

Estudio del movimiento relativo de otro buque.

En realidad es lo que hemos empezado a hacer en el apartado anterior y, más concretamente, en el ejemplo. Sin embargo, algunos otros casos particulares, que paso a describir brevemente, son interesantes en navegación.

2.1. Hallar el rumbo y velocidad de otro buque conociendo su movimiento relativo.

Este es el caso típico de cinemática utilizando la información que proporciona el radar. Por esta razón este caso se conoce frecuentemente como ***cinemática radar***. La situación es la siguiente: Navegando detectamos, en un instante dado, el eco de un buque B en una determinada posición respecto a nosotros (o sea, con el radar medimos la demora y distancia a la que se encuentra el eco). Pasado un cierto tiempo observamos el eco de B en otra situación respecto a nosotros. La pregunta que nos hacemos entonces es: ¿Cuál es la velocidad absoluta (rumbo y módulo) β del barco B?. Evidentemente, suponemos conocido nuestra velocidad α.

Dibujando los ecos de B, llamémosles B1 y B2, y uniéndolos por una recta determinamos inmediatamente la dirección y sentido de $V\beta\alpha$. Para saber su módulo no tenemos más que dividir la distancia entre B1 y B2 entre el tiempo transcurrido desde la observación del eco en B1 y la observación B2. Así que ya conocemos el vector $V\beta\alpha$. Conocemos también el lado $-\alpha$ del triángulo de velocidades (pues conocemos nuestra velocidad α), así que el lado restante es la solución del problema, la velocidad absoluta β del barco B.

EJEMPLO 2: Navegando al rumbo verdadero 30º y a 12 nudos detectamos en la pantalla del radar, a HRB = 01:00, el eco de un buque B que nos demora por los 350º a 9 millas. A HRB = 01:10 el eco se encuentra a 6.5 millas por los 357º. Hallar el rumbo y la velocidad del buque B, distancia mínima a la que pasará de nosotros y hora de reloj de bitácora a la que ésto sucederá.

Observa que empezamos, de nuevo, dibujando la información que tenemos: El punto A que representa a nuestro barco y los puntos B1 y B2 que son las dos situaciones conocidas del barco B, separadas entre si por 10 minutos. Como son situaciones medidas desde nuestro barco, la recta que une B1 con B2 nos dará directamente la indicatriz del movimiento o derrota relativa. El vector velocidad relativa de B respecto a A,

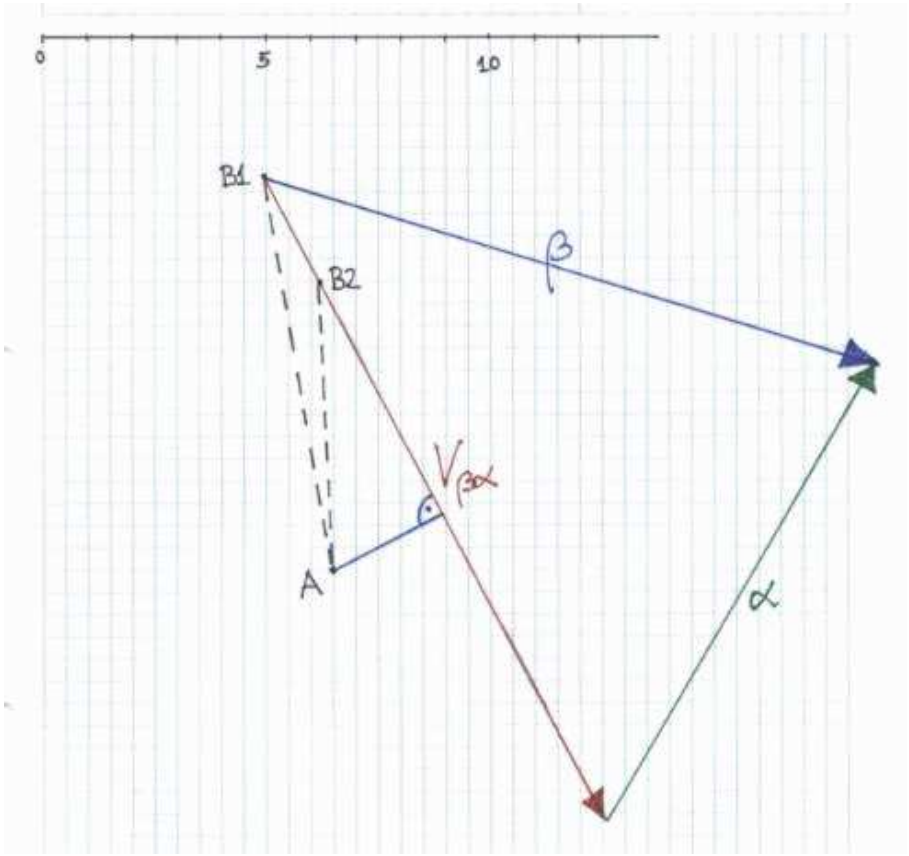

Figura 2.1: Construcción del triángulo de velocidades para la resolución del EJEMPLO 2.

$V\beta\alpha$, se construirá entonces con origen en B1 y en la dirección hacia B2. Para saber su módulo (su longitud) sólo hemos de tener en cuenta que B1 y B2 están separados por 2.75 millas (esto lo medimos directamente sobre la figura utilizando el compás y la escala) que han sido recorridas en 10 minutos. En una hora se habrán recorrido entonces 16.5 millas y ésta (16.5 nudos) ha de ser la longitud del vector $V\beta\alpha$.

Calculemos ahora la velocidad absoluta β del barco B. Para ello no tenemos más que utilizar la relación fundamental (1.1) que hemos deducido más arriba y, despejando, obtenemos:

$$\beta = V\beta\alpha + \alpha$$

Puesto que hemos aprendido a sumar vectores, el problema es ahora muy fácil: A continuación del $V\beta\alpha$ que acabamos de dibujar colocamos el vector α. La velocidad absoluta β del barco B será entonces el vector que va desde el origen de $V\beta\alpha$ (o sea, el punto B1) hasta el extremo de α. Utilizando el transportador, compás y la escala determinamos entonces los siguientes datos para el movimiento absoluto del buque B:

Rumbo de B = 107º
Velocidad (absoluta) de B = 14.3 nudos

Resuelta esta parte el resto del problema es igual al caso del ejemplo anterior. La mínima distancia a la que pasaremos de B será la perpendicular a la indicatriz que pasa por A. El resultado es 2.8 millas. La distancia relativa a navegar desde B1 hasta

la situación de mínima distancia es de 8.6 millas. Puesto que la velocidad relativa es de 16.5 nudos, tendrán que pasar t = 8.6 / 16.5 = 0.5212 horas = 31.3 minutos desde que el eco estaba en B1 (HRB = 01:00) hasta encontrarnos a la mínima distancia del buque B. Así que la mínima distancia entre ambos barcos tiene lugar a HRB = 01:31.3.

2.1.1. Cálculo del momento en que el buque B se encontrará a una distancia d de nosotros.

En este supuesto conocemos tanto nuestra velocidad α como la velocidad β del barco B así como la situación inicial de B respecto a nosotros. Queremos saber entonces cuanto tiempo ha de transcurrir desde la situación actual hasta que el barco B se encuentre a una distancia ***d*** de nosotros.

Empezaremos, evidentemente, por situar los puntos A y B y construir el triángulo de velocidades para obtener la velocidad relativa de B respecto a nosotros, $V\beta\alpha$, y, prolongando este vector, dibujar la indicatriz del movimiento:

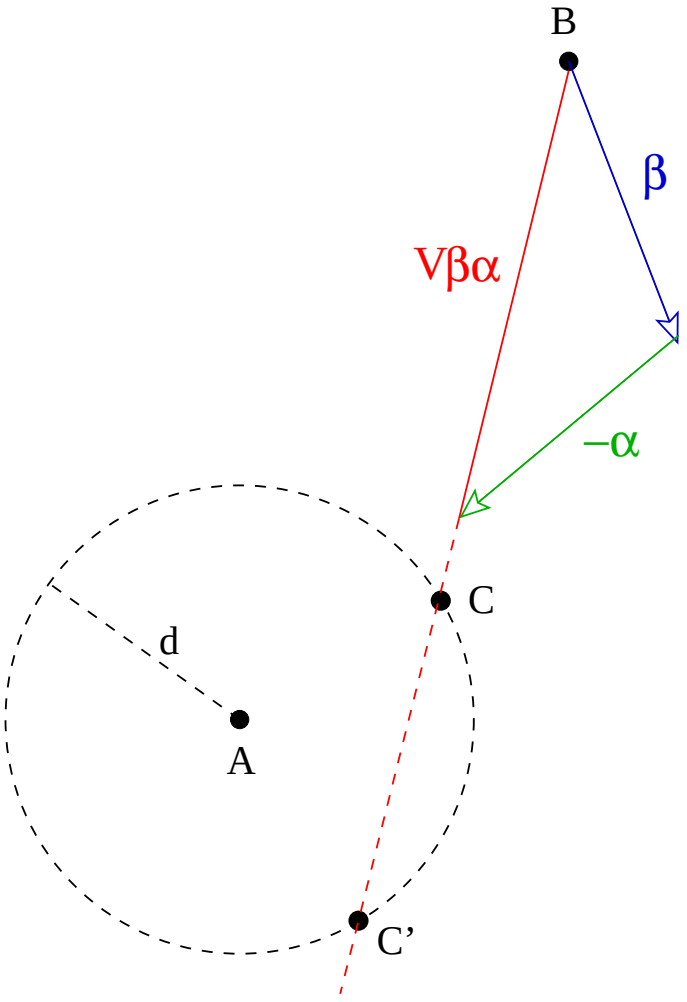

Figura 2.2: Momento en que el buque B se encontrará distancia ***d*** de nosotros.

Cualquiera de los puntos del círculo de radio ***d*** centrado en A se encuentra, obviamente, a la distancia deseada ***d*** de nosotros. Por tanto, la condición pedida se cumplirá cuando B se encuentre, en su movimiento relativo respecto a nosotros a lo largo de la

indicatriz y a velocidad $V\beta\alpha$, en el punto C o en el punto C'. Sobre el dibujo anterior medimos, utilizando la escala y el compás, el módulo de $V\beta\alpha$ y las distancias BC y BC' con lo que podemos calcular los tiempos t y t' que han de transcurrir desde el momento actual representado hasta que B se encuentre en C o en C', respectivamente.

De manera igualmente sencilla podemos calcular el momento en que el buque B se encontrará exactamente por nuestra proa (o popa, según pase la derrota relativa respecto a nosotros), o cuando tendremos a B por el través, o cuando la marcación B será una dada. Para ello no tenemos más que dibujar, partiendo de A, la dirección requerida y encontrar el punto C de corte de esa dirección con la indicatriz del movimiento que previamente habíamos dibujado como siempre. Por ejemplo, si nos planteamos hallar el momento en que B estará por nuestra proa, dibujaremos partiendo de A la dirección de nuestra proa, o sea, nuestro rumbo que vendrá indicado por nuestro vector velocidad α:

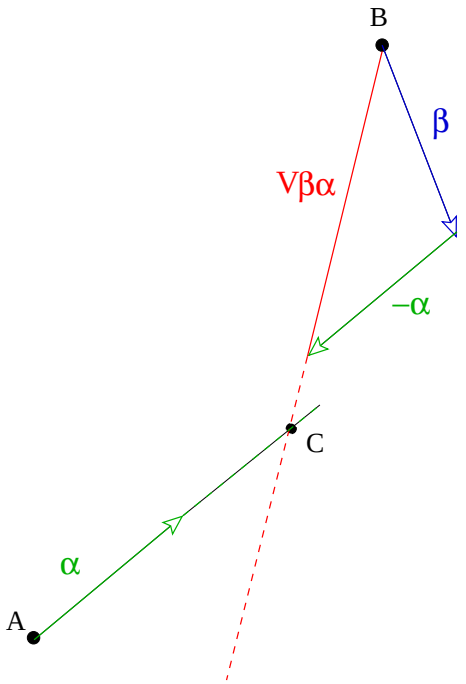

Figura 2.3: Momento en que el buque B nos pasa por la proa.

2.1.2. Dar alcance a un buque en el menor tiempo posible.

En este caso tenemos como datos la situación del buque B en un momento dado, su rumbo y velocidad β y el módulo de nuestra velocidad (o sea, sabemos cuántos nudos está dando nuestra máquina). El problema consiste en calcular nuestro rumbo para dar alcance al buque B en el menor tiempo posible.

Para dar alcance a B en el menor tiempo posible, sin variar nuestra velocidad de máquina, lo que hemos de hacer es poner rumbo de colisión con B, o sea, mantener la marcación de B constante. Eso significa, simplemente, que la derrota relativa pase exactamente por nosotros (punto A). Por tanto, para resolver el problema representaremos los puntos A y B y trazamos la derrota relativa uniendo los puntos B y A. Con esa derrota relativa mantenemos rumbo de colisión. Ahora, como siempre, con origen en B

trazamos el vector β. Desde el extremo de β trazaríamos el vector $-\alpha$ para construir el triángulo de velocidades, pero sólo conocemos la longitud de $-\alpha$ (nuestra velocidad de máquina), no su dirección. Trazamos, entonces, un círculo de centro el extremo de β y radio nuestra velocidad de máquina. Evidentemente la dirección de $-\alpha$ ha de ser tal que del triángulo de velocidades resultante salga una velocidad relativa $V\beta\alpha$ sobre la indicatriz del movimiento que habíamos dibujado (la que pasa por A):

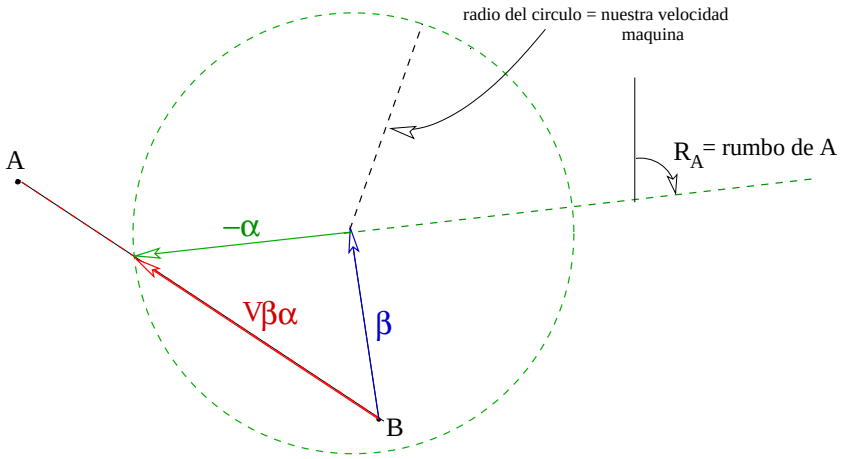

Figura 2.4: Dar alcance al buque B en el menor tiempo posible.

Una vez fijados el rumbo y velocidad del buque B y nuestra velocidad de máquina, el problema puede no tener solución o, incluso, dos posibles soluciones matemáticas, dependiendo de los cortes del círculo de radio igual a nuestra velocidad de máquina con la derrota relativa que pasa por nuestro barco A:

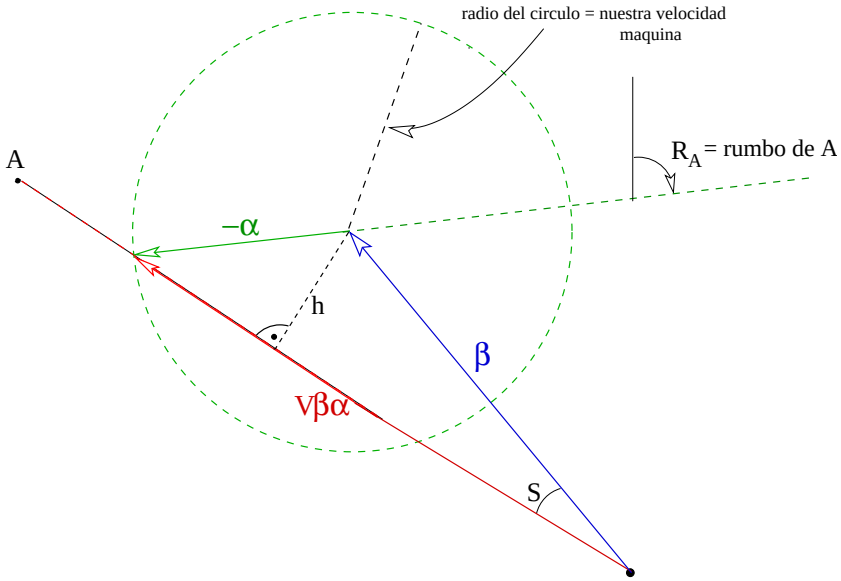

Figura 2.5: Dar alcance al buque B en el menor tiempo posible.

Evidentemente, en el caso de esta figura la solución deseada es la que da lugar a una mayor velocidad relativa de B respecto A, pues de esta forma alcanzaremos antes al buque B. Si analizas con cuidado la figura anterior llegarás fácilmente a las

conclusiones siguientes:

i) Si nuestra velocidad de máquina es mayor que la velocidad de máquina del buque a alcanzar (en nuestra terminología vectorial, si módulo de α > módulo de β), el problema tendrá siempre solución, independientemente del rumbo de B, pues el círculo dibujado en el extremo de β siempre cortará a la derrota relativa.

ii) Si ambas velocidades de máquina son iguales (módulo de α = módulo de β) el problema tendrá solución y podremos alcanzar al buque B solo si el ángulo S < 90º pues de lo contrario el círculo no corta a la indicatriz del movimiento.

iii) Si nuestra velocidad de máquina es menor que la velocidad de máquina de B (módulo de α < módulo de β) el problema tiene solución sólo si siendo S < 90º se cumple, además, que módulo de α > ***h***.

2.1.3. Dar alcance a un buque sin variar nuestro rumbo.

Este es el caso contrario al de antes: La velocidad y rumbo de B están, como antes, fijadas (así que el vector β está fijado), pero ahora es nuestro rumbo el que está fijo. Se trata entonces de calcular la velocidad de máquina que hemos de dar para alcanzar al buque B.

Para resolver el problema hemos de tener en cuenta de nuevo que la condición necesaria es que la velocidad de máquina que pongamos sea tal que la derrota relativa pase por A, o sea, que llevemos rumbo de colisión. Así que dibujamos A, B, la derrota relativa pasando por A y, con origen en B, el vector β. Por el extremo de B dibujamos una recta en la dirección del vector $-\alpha$ (sólo conocemos, de momento, su dirección, determinada por nuestro rumbo, y no su módulo). Nuestra velocidad de máquina quedará inmediatamente fijada por el corte de esta recta con la derrota relativa:

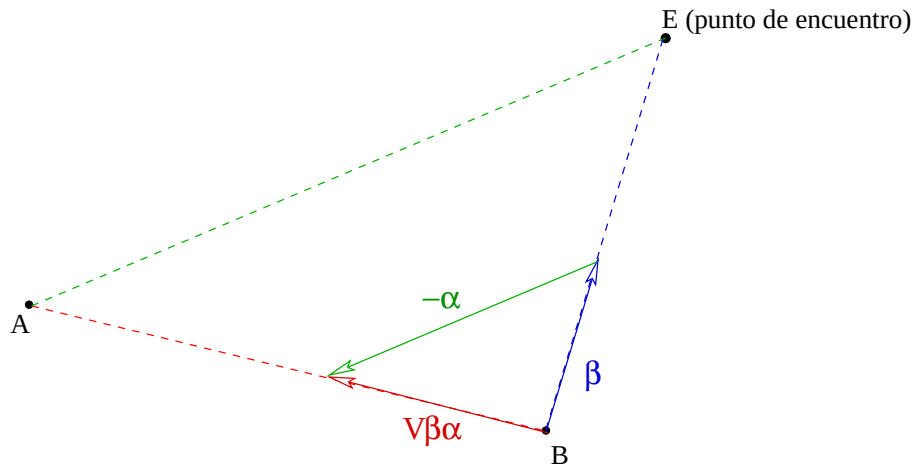

Figura 2.6: Dar alcance al buque B sin variar nuestro rumbo.

Es evidente, además, que prolongando el vector β y trazando por A una recta en la dirección de nuestro rumbo, ambas rectas se cortarán en el punto de encuentro de ambos barcos si no existe corriente en la zona. Si existe una corriente, el punto de encuentro se habrá desplazado en la dirección de la misma una distancia igual al producto de su intensidad horaria por el tiempo ***t*** que tarda en producirse el encuentro. Ese tiempo (que será igual a la distancia BA dividida por el módulo de la velocidad

relativa $V\beta\alpha$) no se ve afectado por la existencia de la corriente porque, como he comentado más arriba, la corriente afecta por igual a ambos barcos, así que es como si el dibujo entero se estuviese desplazando, sin deformarse, en la dirección de la corriente y a su misma velocidad. De este modo ***t*** es el mismo, haya o no corriente, pero la situación (con respecto al fondo del mar) de los barcos transcurrido ese tiempo ***t*** no es la misma si hay corriente que si no la hay, está claro, ¿no?. De todas formas, conocida nuestra situación en el momento inicial de detectar el eco de B, calculamos el tiempo ***t*** hasta el encuentro como acabo de explicar (olvidándonos de la corriente). Entonces podemos hacer un simple cálculo de estima para saber donde estará nuestro barco en el momento de encontrarse con el buque B. En esa estima tendremos en cuenta la corriente de la forma habitual.

2.1.4. Dar alcance a un buque en un tiempo determinado.

El barco B, que en un determinado momento se encuentra en una situación conocida respecto a nosotros, navega con velocidad dada β. El problema que nos planteamos ahora es ¿Cuál ha de ser nuestro rumbo y velocidad de máquina (es decir, el vector α) para dar alcance a B en un tiempo determinado ***t***.

De nuevo la derrota relativa es la línea que une los puntos B y A. Esa distancia relativa ha de recorrerse en el tiempo ***t***. Esa condición fija inmediatamente el módulo de la velocidad relativa (su dirección es, obviamente, la de la derrota relativa de B hacia A) sin más que dividir la distancia BA entre ***t***. Así que ya podemos dibujar, con origen en B, los vectores $V\beta\alpha$ y β. Cerrando el triángulo de velocidades encontramos el vector $-\alpha$ del que obtenemos, por medio del transportador, el compás y la escala, nuestro rumbo y velocidad de máquina.

Conocidos α y β podemos dibujarlos, cada uno centrado en el buque correspondiente, y prolongarlos para obtener el punto E de encuentro. Como es natural, se aplica en este caso exactamente la misma discusión del apartado anterior con respecto a si E es el punto de encuentro o no en caso de existir o no una corriente afectando al movimiento de ambos barcos. Esa corriente, de existir, no se tiene en cuenta, sin embargo, en el cálculo de nuestra velocidad de máquina y rumbo por los motivos ya discutidos y que, a estas alturas, deben estar muy claros.

2.1.5. Dar rumbo para pasar a una distancia determinada de otro buque.

El planteamiento del problema es el siguiente: El barco B navega con velocidad conocida β y se encuentra en una situación conocida respecto a nosotros. Nuestra velocidad de máquina (el módulo de α) es conocida. Queremos saber qué rumbo hemos de poner para pasar a una cierta distancia ***d*** del buque B.

Como debe estar ya claro, el movimiento relativo de ambos barcos lo estudiamos siempre desde el punto de vista de nuestro barco. O sea que A permanece en reposo y es B quien se mueve con velocidad $V\beta\alpha$ (por supuesto, esto es en lo que hace referencia a la situación relativa de un barco respecto del otro. La situación de cada barco respecto al fondo varía porque respecto a él ambos barcos se mueven). Así que el problema que nos planteamos en este apartado, pasar a una distancia dada del otro buque, lo resolveremos buscando las condiciones que se tienen que dar para que B pase, en su

movimiento relativo, a una distancia ***d*** de nosotros.

Dibujamos, como siempre, A y B. Con centro en A dibujamos un círculo de radio ***d*** y dibujamos la indicatriz del movimiento que será la recta que, partiendo de B, tangentea a este círculo. Tendremos dos posibilidades de dibujar esta recta que corresponderán a que B pase a una distancia ***d*** de nuestra proa o de nuestra popa:

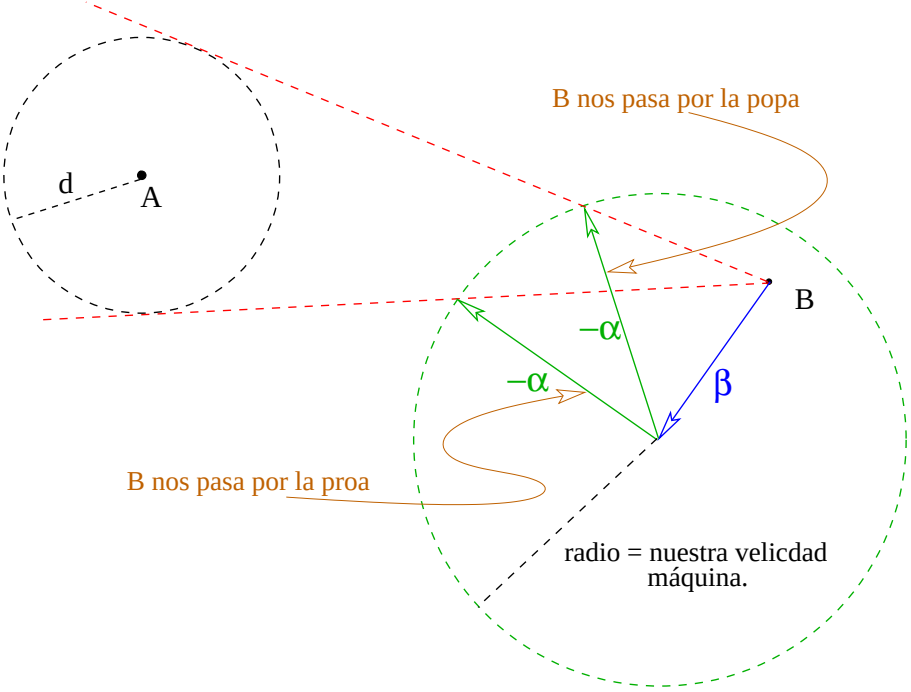

Figura 2.7: Dar rumbo a pasar a una distancia ***d*** del buque B.

Con origen en B dibujamos la velocidad β del buque B. Con centro en el extremo de b trazamos un círculo de radio igual a nuestra velocidad de máquina (que será el módulo de nuestra velocidad). Uniendo el extremo de β con los puntos de corte de este círculo y las derrotas relativas que habíamos trazado obtenemos las dos posibilidades para el vector $-\alpha$ de las que obtenemos con el transportador las dos soluciones para nuestro rumbo.

2.2. La rosa de maniobra.

Como hemos visto en el apartado anterior, todo lo que se necesita para realizar los cálculos de cinemática es papel cuadriculado, compás, regla y transportador. Con el fin de facilitar (y, por tanto, acelerar) los cálculos se publicaba por el Instituto Hidrográfico la rosa de maniobra, una hoja de papel con una rosa (de 0º a 360º) y diferentes escalas (para poder elegir la más conveniente según las distancias y velocidades a representar) dibujadas:

En realidad, con esta plantilla lo que conseguimos es ahorrarnos el uso del transportador y tener que fabricarnos la escala nosotros mismos, por lo demás todas las construcciones gráficas que hemos explicado son, evidentemente, las mismas. Dibujamos en cada caso nuestro barco A en el centro. Elegimos la escala más adecuada para representar las longitudes y velocidades involucradas en el problema. Para evitar confusiones, **marcamos claramente la escala que vamos a utilizar**. Para medir rum-

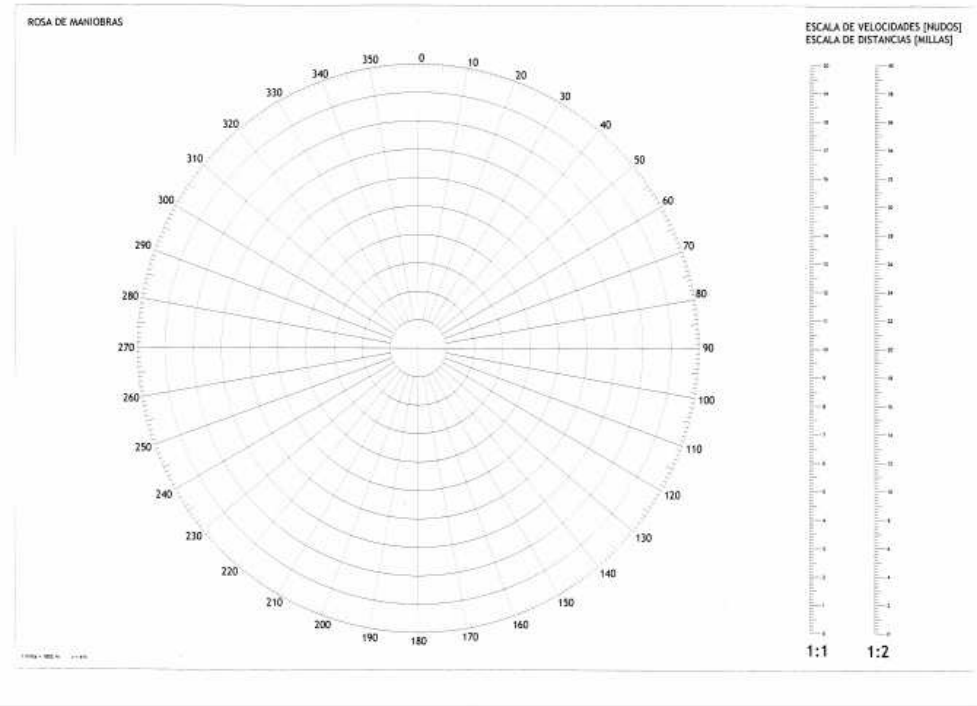

Figura 2.8: Rosa de maniobra.

bos (o cualquier ángulo) trazamos una paralela a la dirección en cuestión por el centro de la rosa y leemos directamente el ángulo en la escala de la rosa.

© **L. Mederos**. Ultima actualización: 5 de Enero de 2009.