"NAVEGACIÓN DE ESTIMA ANÁLITICA"

Re.: Pub. SHOA N° 3030 "Manual de Navegación", Capítulo 05 "Posición estimada"

A.- DEFINICIONES Y ASPECTOS PRELIMINARES

El primer objetivo al planificar una navegación, consiste en transformar las coordenadas de un lugar de salida y las de llegada, en el rumbo y la distancia que se deberá hacer efectivo.

La navegación de Estima, también llamada Navegación considerando la tierra Plana, permite resolver ambos problemas, cuando la distancia entre el lugar de salida y el de llegada es menor de 600 millas náuticas.

Según sea la derrota que siga un buque para trasladarse de un punto a otro, la navegación puede ser:

1.- **LOXODRÓMICA** o línea de rumbo:

Es una curva helicoidal trazada en la esfera terrestre y que corta a los meridianos bajo un mismo ángulo. En la Carta Mercátor se representa como una línea recta y en la Gnomónica como una curva con la concavidad hacia el polo elevado. Al seguir una loxodrómica el buque gobierna a un mismo rumbo.

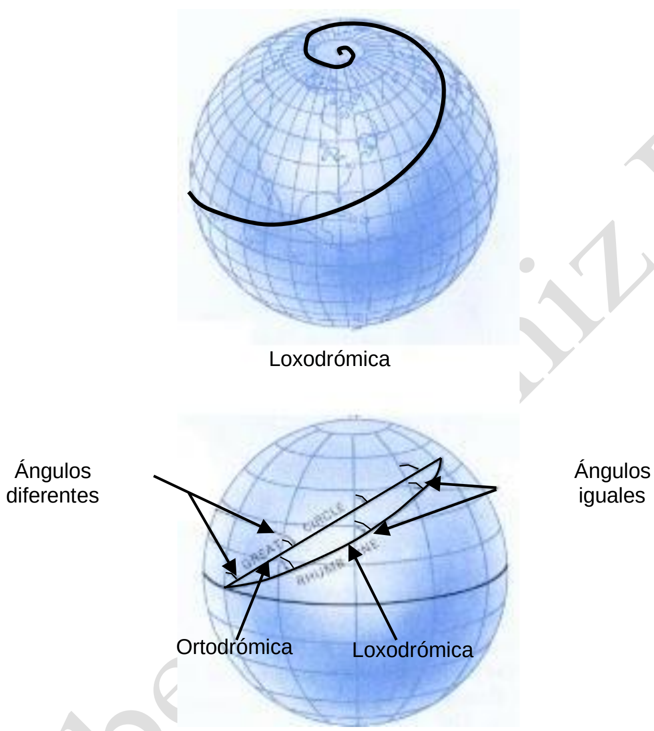


Fig. N° 1 "Comparación de ortodrómica con loxodrómica".

2.- **ORTODRÓMICA**.

Es el arco de círculo máximo que une dos puntos, siendo la distancia más cercana entre ellos. Excepto en el caso de que ambos puntos se hallen en el Ecuador, la ortodrómica corta los meridianos según ángulos diversos. En la carta Gnomónica se representa como una línea recta y en la Mercátor por una curva con su concavidad hacia el Ecuador.

Así sabemos que los meridianos en una carta de proyección Mercátor" están dibujados paralelamente entre si (ver capítulo "Sistemas de proyección y cartas"). Luego si unimos por una recta dos puntos situados en una de esas cartas, la línea que los une formará ángulos iguales con los meridianos y como este ángulo resulta que también es el rumbo, se tendrá la ventaja al navegar siguiendo una línea que la dirección de la proa será la misma durante toda la travesía. La línea de rumbo así trazada se le llamará **loxodrómica**.

Pero la realidad es que, los meridianos convergen hacia los polos; luego al mantener el valor del ángulo de rumbo en la tierra, la loxodrómica irá avanzando en espiral alrededor ésta hacia el Polo sin seguir el círculo máximo excepto aquellas cuyos rumbos sean 000º - 090º - 180º - 270º, pero nunca llegarían a coincidir con el Polo y como la distancia más corta entre dos puntos de la esfera terrestre es el arco de círculo máximo que pasa por ellos, resulta que la loxodrómica no es la distancia más corta.

Esto en distancias pequeñas, no es un inconveniente y, como hasta el momento, el compás es el único medio de llevar el rumbo, la loxodrómica es el más cómodo método de navegación. Si navega el buque por el círculo máximo que une el punto de salida por el de llegada, diremos que el buque navega por **ortodrómica** y en ese caso el buque hace su recorrido por el camino más corto, pero la dirección de su proa formará ángulos desiguales con los meridianos; lo que obligará a realizar continuos cambios de rumbos.

Los conceptos, fundamentación y navegación ortodrómica será tratado posteriormente en la asignatura de Navegación Astronómica.

La magnitud de la curva entre A y B se llama "**Distancia Loxodrómica**" y se expresa en millas. La navegación por loxodrómica puede llevarse "**gráficamente**" en las cartas de proyección Mercátor; o bien por el cálculo mediante las "**Fórmulas de Estima**".

Debe recordarse que para fines de navegación, la superficie de la tierra se considera plana hasta **600 millas**, siempre que no se sobrepase latitudes mayores de 60º.

B.- METODO ANALÍTICO DE ESTIMA

La estima puede ser llevada también, por el método analítico, usando las **fórmulas de estima.**

La posición de un buque en la mar la determina las coordenadas del punto y la situación estimada se deducen, como hemos dicho, tomando otro punto como apoyo. Si a este punto de apoyo le aplicamos la "**diferencia en latitud y longitud**", determinadas por las fórmulas de estima, tendremos la situación estimada de la nave.

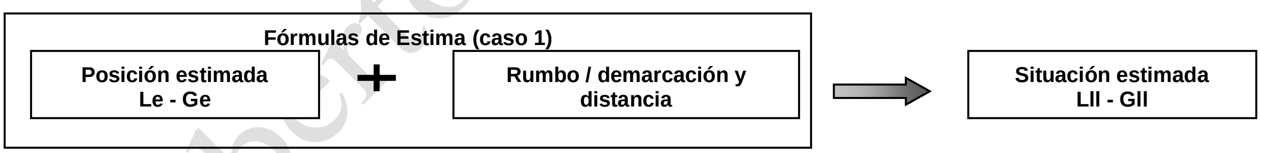


Fig. N° 3 (“Fórmulas de estima Ps + Rv/Dem y dist. = Pll”)

Del mismo modo conociendo las coordenadas de salida y de llegada, se puede calcular el rumbo y distancia a navegar.

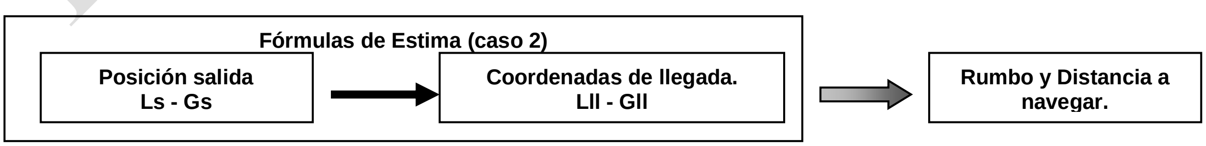


Fig. N° 4 (“Fórmulas de estima Ps – Pll = Rv/Dem y dist.”)

1.- Caso Uno “Cálculo del punto de llegada”

Conociendo las coordenadas del punto de salida, y los diferentes rumbos y distancia navegadas, podremos conocer la situación estimada, mediante el siguiente método:

a.- **Determinación de diferencia de latitud. (g)**

Se considera el buque al centro de un círculo plano, llamado **horizonte**. Si este buque navega una **DISTANCIA (D)** en millas náuticas a un Rumbo cualquiera, cambia su latitud en una cantidad que es igual al **<u>Coseno del Rumbo</u>** multiplicada por **la distancia navegada** el resultado es la diferencia de latitud entre el pto. de salida y el de llegada.

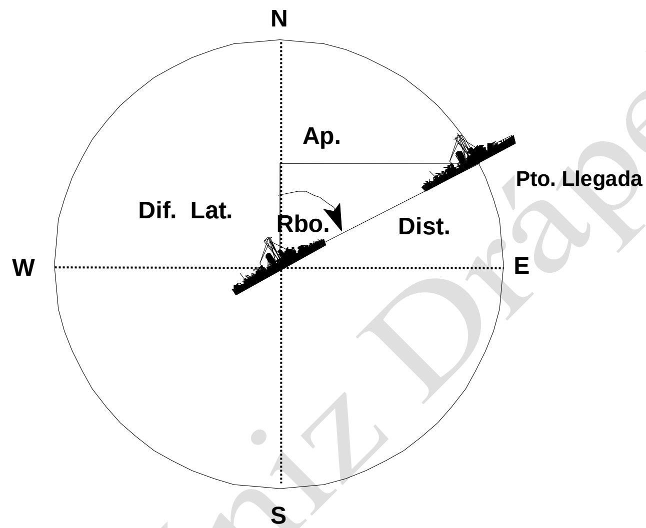


Fig. Nº 5 (“Gráfico conceptual de las fórmulas de estima.”)

l = D x Cos(Rumbo)

Si Dif. Lat > 0 signo "NORTE" Si Dif. Lat < 0 signo " SUR"

Ej. N° 1: Calcular Latitud de llegada considerando:

Lat.Sal.	**Distancia**	**Rumbo**	**Dif. Latitud**	**Lat. Llegada**
30º S	450	060º	225' N	26º 15'S
30º S	450	120º	225' S	33º 45'S
30º S	450	240º	225' S	33º 45'S
30º S	450	300º	225' N	26º 15'S

b.- **Determinación del Apartamiento (Ap)**

Al navegar una determinada distancia a lo largo de un paralelo de latitud, esta es igual al **<u>Seno del Rumbo</u>**. Esa distancia es la que separa al Meridiano de salida del de llegada.

Ap = D x Sen(Rumbo)

Si Apartamiento > 0 signo "ESTE" Pto. de llegada = al "E"
Si Apartamiento < 0 signo "WESTE" Pto. de llegada = al "W

Ej. N° 2: Calcular el apartamiento considerando:

Distancia	Rumbo	Apartamiento
120	060º	103.9' E
120	120º	103.9 E
120	240º	103.9 W
120	300º	103.9 W

Recordar que Ap es diferente a g.

c.- **Diferencia de Longitud (g).**

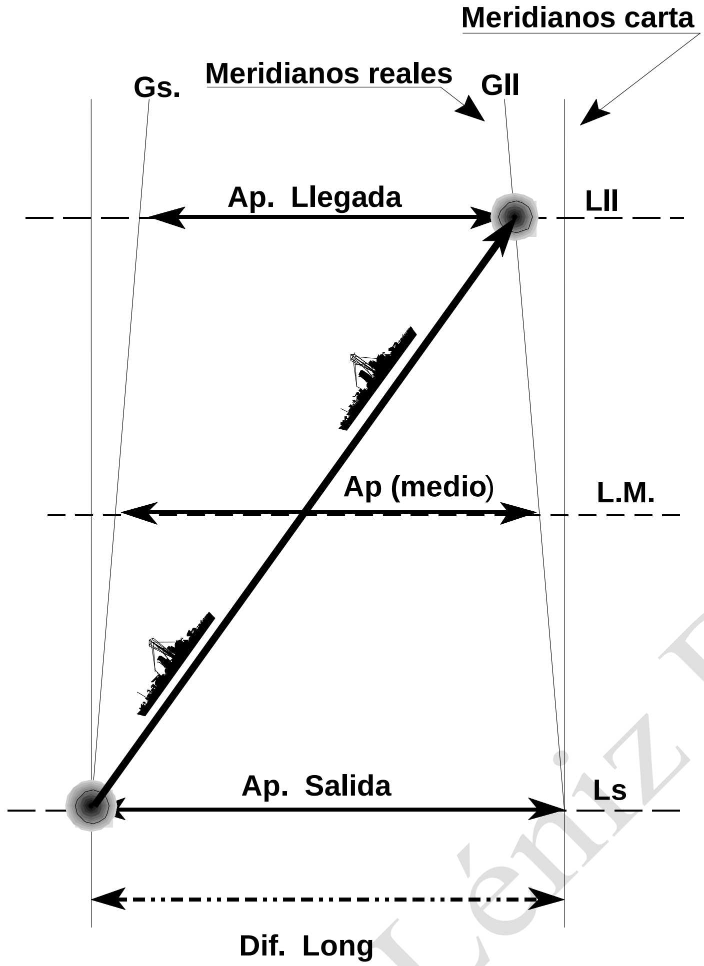
“g” se puede obtener:

1.- Conociendo las longitudes de salida y llegada, materia tratada en el capítulo “Coordenadas geográficas”. (g = Gll – Gs)

2.- **DIVIDIENDO EL APARTAMIENTO POR EL COSENO DE LA LATITUD SOBRE EL CUAL SE HACE EFECTIVO EL APARTAMIENTO.** Sin embargo, cabe preguntar ¿a lo largo de qué paralelo de latitud se mide la distancia entre el meridiano de salida y el de llegada? La respuesta la tendremos con la Latitud Media.

d.- **Latitud Media**

Cuando un buque debe navegar un rumbo distinto a 090º/270º, se obtienen dos apartamentos distintos. Primero entre el meridiano pto. salida y el de llegada medido en el paralelo de **salida**. Segundo entre el meridiano pto. salida y el de llegada medido en el paralelo de **llegada**.



RECORDAR QUE

Ap = g x Cos(Lat)

Sin embargo la diferencia de longitud se mantiene constante entre ambos meridianos.

La distancia efectiva entre dos lugares entre meridianos será empleando el valor de la **LATITUD MEDIA (LM)**. No se comete error apreciable en distancias menores de 600 millas náuticas, se considera como tal, al término medio de ambas latitudes

Fig. Nº 6 ("Gráfico de Latitud Media.")

LM =	$\frac{Ls + Lll}{2}$
Ap =	**g x Cos (LM)**
g =	$\frac{Ap}{Cos\ (LM)}$

2.- **Caso Dos "Calcular la distancia y la dirección entre dos puntos conocidos"**

a.- **Distancia (D).**

Para calcular la **distancia** se debe conocer las coordenadas geográficas de ambos puntos. Por lo tanto se podrá calcular "**g**" y con ella "**ap**". Por otro lado se conocerá fácilmente "**l**". Con estos datos se obtendrá la hipotenusa del triángulo de la Figura N° 4, cuyos catetos son la "**l**" y "**Ap**".

Por lo tanto, la distancia se puede obtener mediante la fórmula de Pitágoras:

$$\boxed{D^2 = l^2 + Ap^2}$$

b.- **Dirección entre dos puntos geográficos.**

Conociendo:

- La distancia entre el meridiano de llegada y el de salida, medido a lo largo de un paralelo de latitud **(Ap)**.
- La distancia entre el paralelo de llegada y el de salida (**l = Ll – Ls) en minutos.**
- La distancia entre el lugar de salida y llegada **(D)**.

El rumbo se puede obtener en términos de 000º a 360º aplicando la siguiente fórmula:

$$\textbf{Rumbo} = 2 \times \text{Arctag}\left(\frac{Ap}{l + D} \right)$$

NOTA:

1) Para emplear esta fórmula se debe respetar los signos:
   Apartamiento Weste = **(-).**
   Latitud Sur = **(-).**
2) En caso que se obtenga un resultado negativo sumar 360º.

Síntesis

Caso Uno

"Determinar Pto de llegada conociendo Ls, Gs, Rv y Dv."

1.-	l = D x Cos (Rv)	("l" en minutos o millas).
2.-	Ll = Ls + l	("Ls" y "l" en grados y minutos).
3.-	Ap = D x Sen (Rv)	("Ap" y "D" en millas).
4.-	LM = (Ls + Ll) / 2	("Ls" y "Ll" en grados y minutos).
5.-	g = Ap / Cos (LM)	("g" en minutos y "Ap" en millas).
6.-	Gll = Gs + g	("Gs" y "g" en grados y minutos).

Caso Dos

"Determinar Dirección y Distancia entre dos puntos conocidos".

1.-	l = Ll – Ls	("l" en minutos o millas con su signo).
2.-	LM = (Ls + Ll) / 2	("LM" en grados y décimas de grado).
3.-	g = Gll – Gs	("g" en minutos con su signo).
4.-	Ap = g x Cos (LM)	("Ap" en millas con su signo).
5.-	D = $\sqrt{l^2 + Ap^2}$	("D" en millas).
6.-	Rv = 2 x arctg (Ap /(l + D))	("Rv" en grados). (Si es (-) sume 360°).

Ej. N° 3: Un buque en L = 18º 29' S y G = 070º 20' W, navega 39 M.N. al Rumbo 250º ¿Cuáles son las coordenadas del punto de llegada?

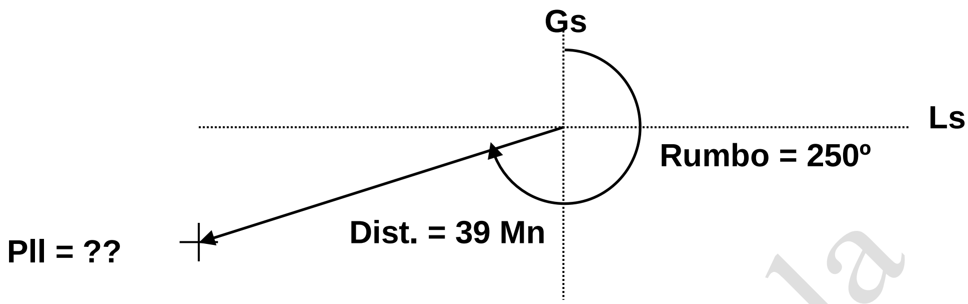


Fig. Nº 7 (“Gráfico de ejercicio de Navegación por estima”.)

a) Cálculo **LATITUD DE LLEGADA**
l = D x Cos (Rumbo) = 39 x Cos (250º) = -13,338 = 13',3 S
Lll = Ls + l = 18º 29' S + 13.3= **18º42.3'S**

b) Cálculo de **LATITUD MEDIA**
LM = (Lll + Ls) / 2 = (18º 29' S + 18º 42.3' S) / 2 = **18º 35.65'S**

c) Cálculo de **LONGITUD DE LLEGADA**
Ap = D x Sen (Rumbo) = 39 * Sen (250) = -36.648' = 36.6'W
Ap = g * Cos (LM)
g = Ap / Cos (LM) = -36.6 / Cos (-18+35.65/60) = -38.61 = 38.6W

Gl = Gs + g = 070º 20' W + 38.6' = **070º 58.6' W**

Resultados: L: 18º 42.3' S y G= 070º 58.6' W

En caso que exista una corriente de dirección e intensidad conocidas, esta se considera como un rumbo más. La distancia adicional así navegada, es igual a la intensidad de la corriente multiplicada por el intervalo total navegado.

Ej. N° 4:
Calcular la distancia y el rumbo que se deben hacer efectivos para ir de:

Huasco	**L = 28º 28' S**	**Juan Fernández**	**L = 35º 33' S**
	G = 071º 14' W		**G = 078º 50' W**

a) Cálculo de **DIFERENCIA DE LATITUD**
l = Lll – Ls = - 28º 28' S – (- 35º 33' S) = - 07º 05'= (7 x 60) + 5.7 = 425.7' S

b) Cálculo de **LATITUD MEDIA**
LM = (Lll + Ls) / 2 = (28º 28' S + 35º 33' S)/2 = 32º 00.5 'S

c) Cálculo de **DIFERENCIA DE LONGITUD**
g = (Gll – Gs) = (071º 14' W - 078º 50'W) = 456' W

d) Cálculo de **APARTAMIENTO**

Ap = g x Cos (LM) = -456 x Cos (32º 00.5 S')= 386.7' W

e) Cálculo de **DISTANCIA**
$D^2 = (425^2 + 386.7^2)$ = 574.6 M.N.

f) Cálculo del **RUMBO**
RUMBO = 2 x ArcTan (Ap / (l + D))
= 2 x ArcTan (-386.7 / (-425 + 574.6)) = -137°,7 = 360° + (-137°,7)
RUMBO = 222.3º

Resultados: Distancia = 574,6 millas; Rv= 223,3°

4.- Corrientes en la estima

La corrección a la estima de la navegación producto del efecto de la corriente en el buque se puede calcular gráficamente, que se verá mas adelante, o en forma analítica. Para ello existen dos posibilidades:

a.- Cuando se desea conocer el punto estimado, existiendo corriente, se corrige ésta como rumbo y en su propia dirección.

b.- Cuando se desea ir a un punto determinado, existiendo corrientes, se corrige ésta como rumbo pero en sentido contrario.

Lo anterior empleando las fórmulas de estima ya explicadas.

Ej. N° 5 Un buque zarpa de L = 33º 01' S y G = 71º 40' W y navega 15 horas al 320º y a 11 nudos, existiendo una corriente al 348º de 3 nudos. Se pide el Pe.

D = V x T = 11 x 15 = 165 Millas.
l1 = D x Cos (RV) = 165 x Cos (320) = 126’.4 N

D = V x T = 3 x 15 = 45 Millas.
l2 = D x Cos (Dirección corriente) = 45 x Cos (348) = 44’.0 N.

Suma de l (l1 + l2) = 170.4 Minutos. = **2º 50.4' N**

Cálculo de Le	**Cálculo de LM**
Ls = 33º 01' S	Ls = 33º 01’ S
l = 2º 50.4' N	Le = 30º 10’.6 S
Le = 30º 10.6 S	**LM = 31º 35.8' S**

Cálculo de g
Ap1 = D. x Sen (Corriente) = 165 x Sen (320) = - 106.06 (W)

Ap2= D. x Sen (Corriente) = 45 x Sen(348º) = - **9.36 (W)**

Suma de Ap (Ap1 + Ap2) = - 115.42 (W) = 1º 55.4’ W >> g = 115,42 / Cos(LM)
g = 135’.5 W = 2º 15’,5 W

Cálculo de Ge
Gs = 71º 40.0’ W
g = 2º 15.5’ W
Ge = 73º 55.5' W

Resultados: Le: **30º 10.6’ S y G: 073º 55.5' W**

Ej. N° 6 Datos: Un buque desea zarpar a las 04:00 hrs., del 5 de mayo de L = 33º 02' S y G = 71º 48' W a 15 nudos para L = 37º 13' S y G = 75º 52'W, se sabe que una corriente tira al 350º a razón de 3 nudos.

Ir a un punto determinado con corriente. En este caso se conocen las coordenadas de salida, las de llegada, velocidad que dará el buque y la corriente.

Para tener una idea de lo que afectará la corriente es preciso calcular primeramente la loxodrómica entre ambos puntos; una vez calculada la distancia, se podrá deducir el tiempo de trayecto y con éste lo que abatirá la corriente y en consecuencia lo que habrá que alterar la dirección de la proa para contrarrestarla y mantener la nave en la loxodrómica.

Se pide

- Dirección de la proa y distancia a navegar.
- Hora de recalada.

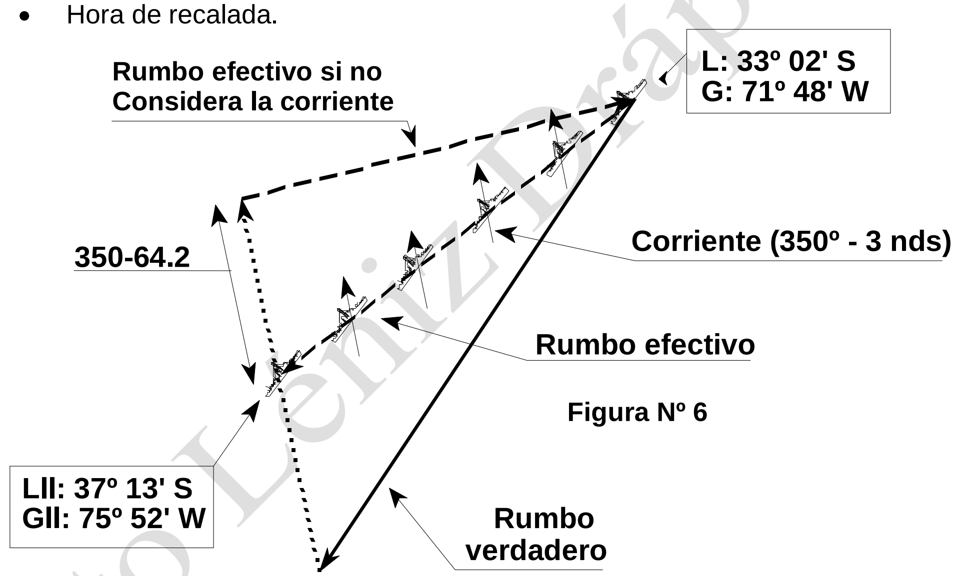


Fig. Nº 9 (“Gráfico de ejercicio de Corrientes”.)

1.- **Calcular la loxodrómica (Entre punto de salida y llegada).**

Cálculo de l	**Cálculo de g**	**Cálculo de LM**
Ls = 33º 02' S	Gs = 71º 48' W	Ls = 33º 02' S
Lll = 37º 13' S	Gll = 75º 52' W	Lll = 37º 13' S
l = 04º 11 S	g = 04º 04' W	LM = 35º 07.5' S
l = 251' S	**g = 244' W**	

Ap = g x Cos (LM) = - 244 x Cos (35 + 7.5 / 60) = - 199.567

D = $\sqrt{l^2 + Ap^2}$

D = $\sqrt{251^2 + 199.7^2}$ = >> **Distancia = 320.67 Millas.**

Rumbo = **2 x Arctan (Ap / (l + D))**

= **2 x Arctan (-199.6 / (-251 + 320.7))** = 218,5°

2.- **Calculo de la duración aproximada del viaje y lo que afecta la corriente.**

Con los datos anteriores:

T = D/V = 320.67 / 15 = 21.4 horas
Luego 3 x 21.4 = 64.2 millas de corriente al 350º (350º - 180º)= 170º
Para contrarrestarla

Cambio de signo 170º - 64.2 millas

3.- **Cálculo de la dirección de la proa para contrarrestar la corriente y distancia a navegar.**

l_1 = D x Cos (RV) = 320 x Cos (218.5) = 250.4 S Minutos.
l_2 = D x Cos (Corr.) = 64.2 x Cos (170º) = 63.2 S Minutos.

Suma de l = 313.6’ S Minutos = 5º 13.6’ S

LM = 35º 07.5 S (de la primera parte)

Cálculo de Ap.
Ap_1 = g x Cos (LM) = - 244 x Cos (-(35+7.5/60)) = -199.56 Millas
Ap_2 = Dist x Sen (Dirección)= 64.2 x Sen (170) = 11.15 Millas
Ap_1 = - 188.41 millas.

Con l = 251' S y Ap = -188.8 (W)

$Dc= \sqrt{l^2 + Ap_1{}^2} = \sqrt{313,6^2 + 188,41^2}$

Dc= 365,84 millas

Rumbo = 2 x Arctan (Ap / (l+ D)) = 2 x Arctan (-188.41 / (-313.6 + 365,84) = 211º
DISTANCIA = 365.84 MILLAS

4.- **Duración efectiva del viaje, rumbo a gobernar y hora aproximada de recalada**.

T = D / V = **365.84** / 15 = 24.4 Horas.

Hora de Salida	= 5 de mayo a las	04:00 hrs.
Duración	= 1 día	00:24 hrs.
Hora de Llegada	= 6 de mayo a las	04:**24 hrs.**

Algunos marinos estiman este método es muy largo, prefieren el gráfico.

Respuesta: Dirección de la Proa = 211º; Distancia Navegada = 365.84 millas; Hora Recalada = 6 de mayo a las 04:24hrs.

C.- **TABLA DE ESTIMA**

Se ha expresado que el navegante necesita tener algún medio que le permita obtener con rapidez y seguridad los "apartamientos" y "diferencias en latitud" de cada uno de los rumbos y distancias verdaderas navegadas.

Todos los datos que se necesitan para calcular una estima deben estar rigurosamente registrados en el Bitácora, luego de él se obtendrán las coordenadas de salida, los rumbos, distancias, abatimientos, desvíos, error girocompás, variación magnética, etc.

Para determinar el punto de llegada se emplea el siguiente "Cuadro de Estima":

Rv	Dist.	**l** (l = Dist x Cos (Rv))		**Ap** (Ap = Dist x Sen (Rv))	
		N	S	E	W
	Suma =				
		l =		**Ap =**	
		Lat (1) =		g = Ap / cos(LM) =	
		Lat (2) =		Lon(1) =	
		LM =		**Lon(2) =**	

Fig. Nº 10 (“Cuadro de estima”.)

l = diferencia de las sumas de las columnas N y S con el signo del mayor

Ap = Diferencia de la suma de las columnas E y W con el signo del mayor.

- Se saca del bitácora cada rumbo del compás o giro, se reducen a rumbos verdaderos y se determinan las distancias verdaderos navegadas en cada rumbo, anotándose en las respectivas columnas.
- Con el "Rv" y "D" calcular la “l" y el "Ap" empleando las fórmulas de estima.
- Cada "l" y "Ap" calculado se irá colocando en el casillero respectivo del cuadro de estima. La "l” puede ser N ó S de acuerdo al rumbo, de la misma manera, el "Ap" irá al casillero E ó W según que rumbo se navegue.
- Una vez determinadas las "l" N y S y los "Ap" E y W se suma cada columna independientemente y se determina la diferencia algebraica entre la del N y S dándole el signo de la mayor. Lo mismo se hace con respecto al "Ap".
- Una vez determinada la "l" contraída hasta el momento que se considera, podemos combinarla con la Latitud de salida para deducir la Latitud estimada (L2)

- Conocida la Latitud estamos en condiciones de poder convertir el "Ap" en "g", mediante la fórmula Ap= g x cos (LM); en donde LM es la media aritmética entre la Latitud de salida y la estimada.
- Determinada la "g" se combina con la longitud de salida y se tendrá la longitud estimada.

CASOS ESPECIALES

1º Cuando se navega en un meridiano, o sea, rumbo 000° o 180°, todo lo que se navega es "Ap", no hay por lo tanto “g”.

2º Cuando se navega en un paralelo, o sea rumbo 090° o 270° donde todo lo que se navega es "Ap", no hay por lo tanto, “l”.

3° Cuando el buque es afectado por corriente, se asume como un rumbo más en la dirección del abatimiento y la distancia navegada corresponderá a la velocidad de la corriente por el tiempo que afecto a la navegación.

Ej. N° 7 La BT "Punta Ángeles” de Isla Juan Fernández L = 33° 37' S., G = 78° 50' W., navega a 15 nudos y a los siguientes rumbos verdaderos y distancias:

- Rv = 070° D = 100 millas.
- Rv = 360° D = 60 millas.
- Rv = 270º D = 30 millas.
- Rv = 160 D = 90 millas.
- Corriente tira al 222° a 4 nudos.

Se pide el Pe.

Cálculos previos

1.- Distancia navegada: 100 + 60 + 30 + 90 = Dv = 280 millas.
2.- Tiempo que afectó la corriente: T = D / V = 280 / 15 = 18.7 horas.
3.- Distancia navegada producto de la corriente: D = V x T = 4 x 18.7 = 74.8 Millas.

4.- Cuadro de estima.

Rumbo	Distancia	l		Ap.	
		N	S	E	W
070º	100	34,2	---	94,0	---
360º	60	60,0	---	---	---

270º	30	---	---	---	30
160	90	---	84,6	30,8	---
222º	***75***	***---***	***55,7***	***---***	***50,2***
		94,2	140,3	124,8	80,2
		l	46,1 S	Ap	44,6 E
		Lat (1)	33º 37’,0 S	g	53.8 E
		Lat (2)	**34º 23’.1 S**	Lon (1)	78º 50’.0 W
		LM	34º 00’.0 S	**Lon(2)**	**77 56'.2 W**

Respuesta: **Le = 34° 23’.1 S y Ge = 77° 56’.2 W**

II.- LOXODRÓMICAS MAYORES DE 600 MILLAS

En los párrafos anteriores vimos en detalle la solución de todos los problemas que se presentan en el mar con respecto a la loxodrómicas menor de 600 millas, donde se emplean las fórmulas de estima. De estas fórmulas, dos son exactas en todas circunstancias, en cambio **Ap = g x Cos (LM)** aceptado que el "Ap" entre dos lugares, es igual al correspondiente entre sus meridianos en la "LM", no es exacta cuando la distancia navegada es mayor de 600 millas.

Las fórmulas da un error probable de 1% cuando la diferencia en latitud es pequeña; se agranda con el aumento de ésta en especial en latitudes sobre 60°, y no debe emplearse cuando los lugares están en diferentes hemisferios muy separados en latitud.

Por otra parte, el principio en que se apoya la construcción de las cartas Mercátor permite calcular las loxodrómicas mayores de 600 millas sin que intervenga el "Ap".

En la siguiente figura tenemos representada una carta Mercátor, donde AB es la loxodrómica que une dos puntos de la carta. El Ángulo CAB es el rumbo.

Si en el triángulo ABC, los lados AC y CB están en las mismas unidades.

AC = Diferencia de latitudes aumentadas (la) entre A y C. "la" puede ser medida directamente en la escala de latitud, o bien puede emplearse la fórmula que se indica:

Largo. meridiano = 7915.704468 Log (TAN (45 + L / 2))

Fórmula considerando la tierra redonda

CB = Diferencia de longitud (g) entre C y B. "g" puede ser medida en la escala de longitud dando una cantidad que son minuto de ecuador;
Siendo:

Log = logaritmo es base 10
L = Latitud.

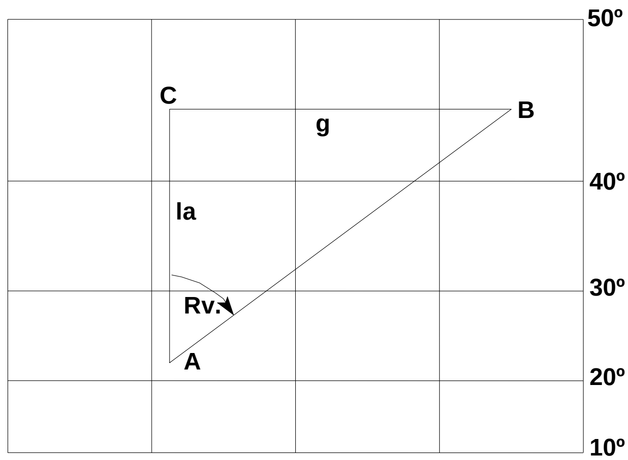


Fig. Nº 7 (Loxodrómica mayor de 600 millas”)

Del triángulo ABC obtenemos:

$$Tg\ Rv = \frac{g}{la} \text{ es decir}$$

$$\boxed{g = la \times Tg\ (Rumbo)}$$

Esta fórmula que se conoce con el nombre "**ecuación de la loxodrómica**", se usa para calcular el rumbo cuando la "distancia es mayor de 600 millas"

Una vez calculado el rumbo se aplica la fórmula de estima para obtener la Distancia.

$$D = l \times \sec Rv \text{ ó bien } = \frac{l}{Cos\ (Rv)}$$

$$\boxed{D = l \times Sec\ (Rumbo)}$$

Ej. Nº 8. Calcular la loxodrómica (mayor de 600 millas) entre Valparaíso e Isla de Pascua.

Valparaíso L	= 33º 02’ S	G = 71º 40’ W
I. Pascua L	= 27º 09’ S	G = 109º 26’ W

Cálculo del Rv y D Loxodrómica.

Ls = 33º 02’,0 S	LA (Salida) = 2101.9 S	G = 71º 40’,0 W
LII = 27º 09’,0 S	LA (Llegada) = 1693.6 S	GII = 109º 26’,0 W
l = 05º 53’,0 N	la = 408.3 N	g = 37º 46',0 W
l = 353', 0 N		g = 2266', 0 W

Tg (Rumbo) = $\frac{g}{la} = \frac{2266}{408.3}$	D = l sec Rv = 353 x 1/cos (280.2)
Rv = N 79º 47.1' W = 280.2º	**D= 1993.4 millas**

Respuestas: Rumbo =280.2º y Distancia 1993.4 millas

Calcular el punto estimado en distancias mayores de 600 millas

En las fórmulas:

$$Tg (Rv) = \frac{g}{la} \qquad D = l \times Sec\ Rv$$

Se ve que, en la segunda se conocen dos elementos, el Rv y D, luego se puede calcular la "diferencia de latitud" (l), la que combinada con la latitud de salida nos dará la estimada.

Conocida la latitud estimada podemos determinar la "diferencia de latitudes aumentadas" entre ellas y aplicar la "ecuación de la loxodrómica" para calcular la "diferencia en longitud" (g) que aplicada a la longitud de salida nos dará la estimada.

Ej. **Nº 9.** La BP “Australis” zarpó del puerto de Coquimbo en L = 29 55' S, G = 71 21' W. y navegó al Rv = 340 y una distancia de 950 millas. Se pide el Pe.

Cálculo Le

l = D Cos Rv
l = 892',7
l = 14° 52’,7 N
Ls = 29° 55’,7 S
<u>Le = 15° 02’,3 S</u>

LA (salida) = 1.883.41 S
LA (estimada) = 912.84 S
la = 970.57 N

Cálculo Ge

g = la x tg Rv = 970.57 x Tg (340º) = 353',3 W = 05 53.3 W.
g = 05º 53,3 W
Gs = 71° 21,0 W
<u>Ge = 77° 14',3 W</u>

Resultado: Le = 15º 02',3 S Ge = 77º 14.'3 W

Cuando el rumbo es cercano a 090º o 270º no debe usarse la ecuación de la loxodrómica, debido a que la función de la tangente varía muy rápidamente y un pequeño error en el Rumbo produce un gran error en el cálculo de "g". En estos casos debe emplearse la Latitud Media.

EJERCICIOS PROPUESTOS

1.- Calcular el punto de llegada si Ls = 14° 11.5’ N y Gs = 48° 30’ W, siendo Rv = 293° y D = 510 millas.

2.- Calcular la dirección y distancia entre los P1: L1 = 33° 16’ S y G1 = 71° 43’ W.
P2: L2 = 25° 10’ S y G2 = 72° 03’ W.

3.- Su buque se encuentra el L = 13° 14’ S y G = 43°12’ W, tiene un contacto al 233° y a 20 millas.
Calcular la posición del contacto

4.- Su buque se encuentra en L = 20° 40’ S y G = 77°14’ W, Efectúa las siguientes caídas Rv = 140° - 10 millas; Rv = 010° - 30 millas; Rv = 240° - 100 millas. Calcular la posición estimada del buque.

5.- Un faro se encuentra en L = 05° 10’ N y G = 10°40’W, Ud demarca al faro al 070° y se encuentra a una distancia de 30 millas. ¿Cuál es su posición?

6.- Su posición a las 08:00 horas C: 510.2 del 20 de noviembre de 2002 es L = 40° 40’S G = 77°30’W navegando con Rv = 140°.

A las 12:30 C = 550.7 cae al 265° v.
A las 18:30 C = 613.2 cae al 042° v.
A las 02:40 C = 691.3 cae al 180° v.

Coeficiente de la corredera = 1.07
Corriente tira al 345° -1,8 nudos

Calcular la posición del buque a las 08:00 C: 732.3 del 21 de noviembre de 2002.

7.- Del problema anterior, determinar la distancia y dirección entre las 20 de noviembre a las 08:00 y los 08:00 del día siguiente.

8.- Su buque navega a 21,5 nudos, Rv = 040°: Su posición a las 12:00 horas es L = 23° 24’S y G = 67°10’E

A las 15:00 horas cae al 345°.
A las 20:34 horas cae al 105°.
A las 03:45 horas cae al 233°.
Corriente tira al 067° a 1,4 nudos.

Calcular la posición estimada a las 06:00 horas.

9.- El Faro “R” se encuentra en L = 52° 20’S y G = 68° 21’W.
El Faro “L” se encuentra en L = 50° 45’S y G = 71° 56’W.
Calcular la dirección y distancia de “R” a “L”.

10.- Comparar la posición gráfica de las 15:47 hrs. del ejercicio N° 1 de la Página VI – 3, con la posición obtenida analíticamente mediante las fórmulas de estima.

11.- Su buque se encuentra el L = 00° 13’ N y G = 179°15’ W. Calcular el punto estimado si navega al Rv = 233° y una distancia de 233 millas.