

Examen Cálculos Náuticos Capitán de Yate, Zaragoza 20 Mayo 2009

Autor: Pablo González de Villaumbrosia García 17.12.2009

El día 15 de mayo de 2009 nos encontramos navegando al 45° verdadero con velocidad de 16 nudos. En un momento dado observamos el eco de un buque B en el radar que nos da una demora al 105° y a 32 millas. Una hora más tarde sigue en la misma demora y a una distancia de 20 millas. En ese instante el buque B cambia de rumbo al 25° verdadero y sigue con la misma velocidad; nuestro buque mantiene su velocidad.

Se pide:

1º Rumbo de B y velocidad antes del cambio de rumbo.

2º Rumbo de nuestro buque A para situarnos a 8 millas por la proa de B y tiempo en llegar a ese punto.

Posteriormente y el mismo día 15 de mayo de 2009 nos encontramos en situación estimada latitud $18^\circ 00'$ N y longitud $40^\circ 00'$ E, al ser HRB 04h 30m tomamos altura instrumental de Antares $25^\circ 42,2'$ y acimut de aguja Za $220,5^\circ$ y simultáneamente demora de aguja al faro de San Jorge Da 334° . Situación del faro latitud $18^\circ 05'$ N longitud $39^\circ 55'$ E

Elevación del observador 7m, error de índice $1'$ (+)

Se pide:

3º Situación observada.

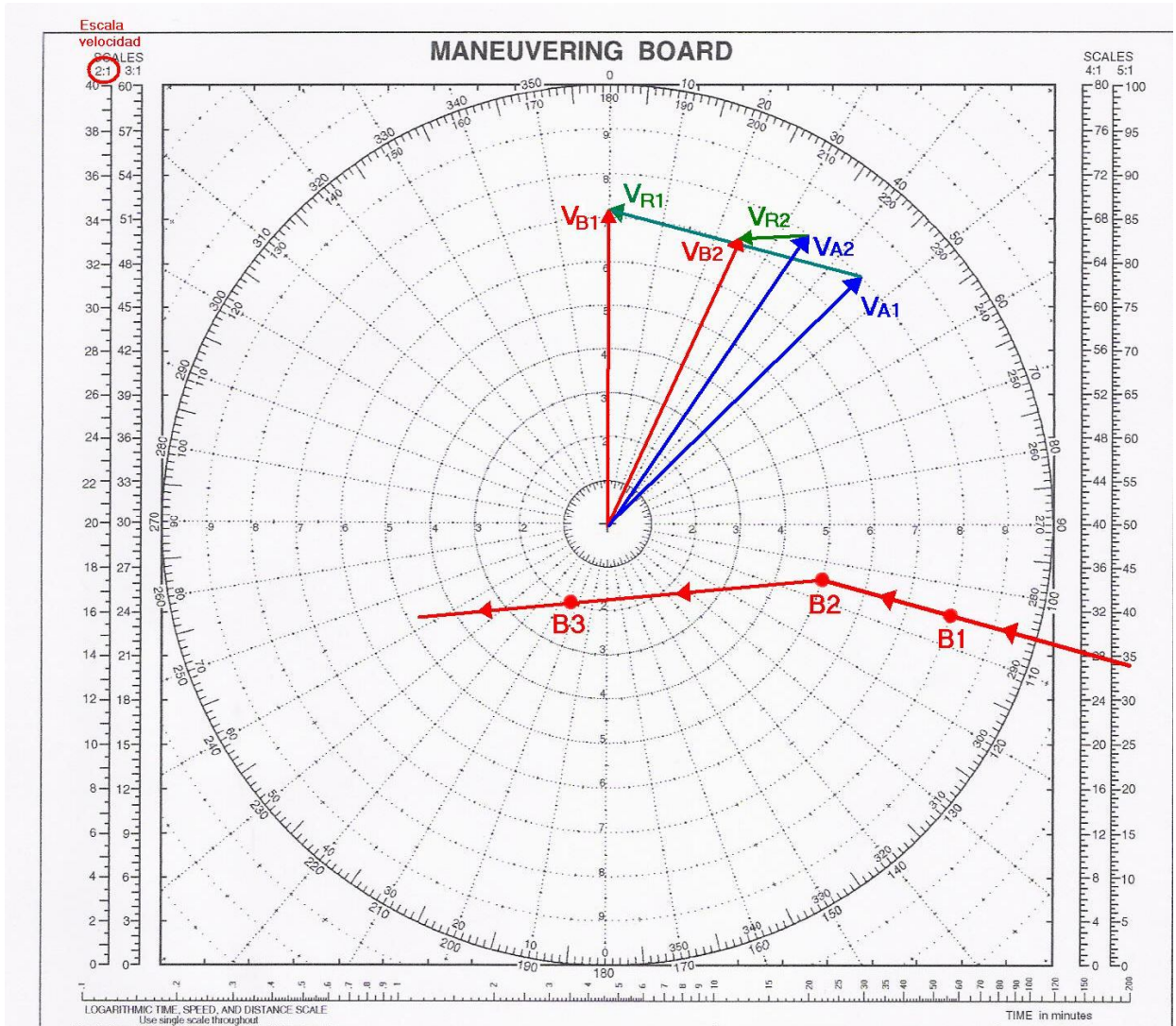
Después de navegar a varios rumbos y velocidades, al ser HRB 06h 15m, encontrándonos en situación estimada latitud $18^\circ 20'$ N y longitud $41^\circ 00'$ E, navegamos al rumbo 110° verdadero y a 16 nudos de velocidad y observamos altura instrumental de Diphda $30^\circ 24,5'$ y Za 138° . Continuamos navegando en las mismas condiciones y al ser HRB 06h 45m observamos altura instrumental de Hamal $32^\circ 49,0'$. Continuamos navegando en las mismas condiciones y al ser HRB 07h 00m observamos altura instrumental de un astro desconocido $41^\circ 13,5'$ y acimut verdadero $S12^\circ E$.

Se pide:

4º Situación final por Diphda, Hamal, y astro desconocido (con tipeo y reconocimiento de dicho astro).

Resolución:

1º Rumbo de B y velocidad antes del cambio de rumbo.



- Trazar indicatriz del movimiento del buque “B” respecto del buque “A”; B1-B2 en la figura es dicha indicatriz.
- Trazar vector de velocidad VA1 (longitud vector =16 nudos, rumbo 45°).
- Le velocidad relativa de “B” respecto de “A” es $(32 - 20) = 12$ nudos. Desde el extremo del vector VA1 trazar el vector VR1=12 y dirección paralelo a la indicatriz B1-B2.
- Desde el centro de la rosa de maniobras hasta el extremo de VR1 tendremos el vector VB1 del buque “B” .

Resultado:

- $RB = 0^\circ$
- $VB = 14,4$ nudos

2º Rumbo de nuestro buque A para situarnos a 8 millas por la proa de B y tiempo en llegar a ese punto.

- Trazar nuevo vector VB2 (longitud vector =14,4 nudos, rumbo 25°).
- Nuestro barco ha de situarse a 8 millas por la proa de "B". Ello significa que la indicatriz del movimiento ha de pasar por un punto B3 situado 8 millas en dirección opuesta al rumbo de "B"; B3 en la figura es dicho punto.
- La nueva indicatriz del movimiento es ahora B2-B3. Trazar desde el extremo de VB2 una paralela a dicha indicatriz. El punto de corte con el círculo de VA1 = 16 nudos define la nueva velocidad relativa de "B" respecto de "A" VR2 = 3,1 nudos, así como el nuevo rumbo de A, RA = 34°
- En la rosa de maniobras de mide la distancia B2-B2 = 23 millas; por lo tanto, el tiempo que tardará "B" en navegar B2 a B3 es:

$$\Delta t = \frac{23 \text{ millas}}{\text{VR2 nudos}} = \frac{23 \text{ millas}}{3,1 \text{ nudos}} \approx 7\text{h } 25 \text{ minutos}$$

Resultado:

- RA = 34°
- Tiempo = 7h 25 m

3º Situación observada.

Cálculo altura verdadera de Antares

ai = altura instrumental = 25° 42,2'

Ei = error de índice del sextante = +1'

ao = altura observada = ai + Ei = 25° 42,2' + 1' = 25° 43,2'

Cd = Corrección por depresión (para eo = 7 m) = - 4,7'

aa = altura aparente = ao +Cd = 25° 43,2' - 4,7' = 25° 38,5'

Cr = Corrección por refracción (para aa = 25° 38,5') = -2,1'

av = aa + Cr = 25° 38,5' - 2,1' = 25° 36,4'

av = altura verdadera estrella Antares = 25° 36,4'

Cálculo determinante Antares y corrección total

Le = 40° E → Huso nº 3

TU = 4 h 30m - 3h = 1h 30m día 15 Mayo de 2009

Datos Antares (estrella nº 76):

AS=ángulo sidéreo = 112° 29,7'

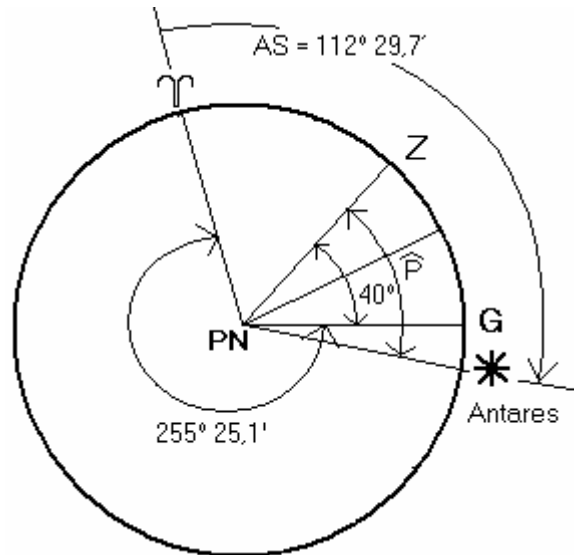
Dec = declinación = -26° 27,3'

Datos día 15 Mayo de 2009

TU hgy

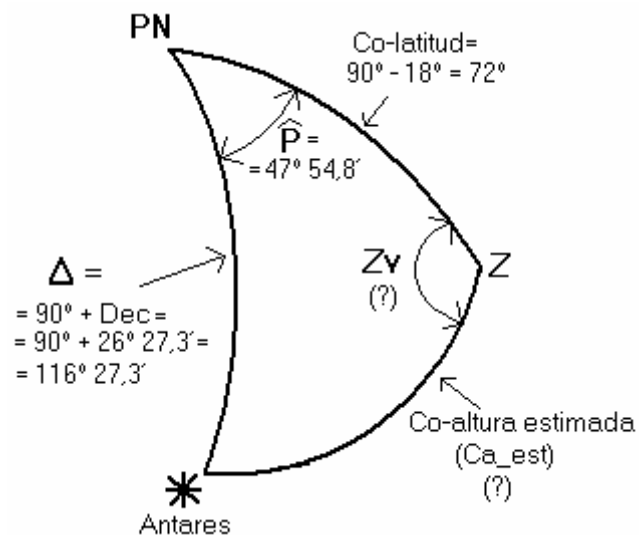
1 h 247° 53,9'
 2 h 262° 56,3'

Luego para TU = 1h 30m, $hG\gamma = 255^\circ 25,1'$



$P = \text{ángulo en el polo de la estrella Antares} = 40^\circ + (112^\circ 29,7' - 360^\circ + 255^\circ 25,1') = 47^\circ 54,8'$

Triángulo esférico de posición:



Del triángulo de posición sale:

$$\cotg 116^\circ 27,3' \times \sen 72^\circ = \cos 72^\circ \times \cos 47^\circ 54,8' + \sen 47^\circ 54,8' \times \cotg Z_v$$

$$\cos Ca_est = \cos 116^\circ 27,3' \times \cos 72^\circ + \sen 116^\circ 27,3' \times \sen 72^\circ \times \cos 47^\circ 54,8'$$

De donde:

$$Z_v = \text{azimut verdadero} = S47,49^\circ W = 227,49^\circ$$

$$Ca_{est} = Co\text{-altura estimada} = 64,34^\circ \rightarrow a_{est} = \text{altura estimada} = 90^\circ - 64,34^\circ = 25^\circ 39,6'$$

$$\text{Por lo tanto: } Ct = \text{Corrección total} = Zv - Za = 227,49^\circ - 220,5^\circ = +7^\circ$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = 25^\circ 36,4'$$

$$a_{est} = \text{altura estimada} = 25^\circ 39,6'$$

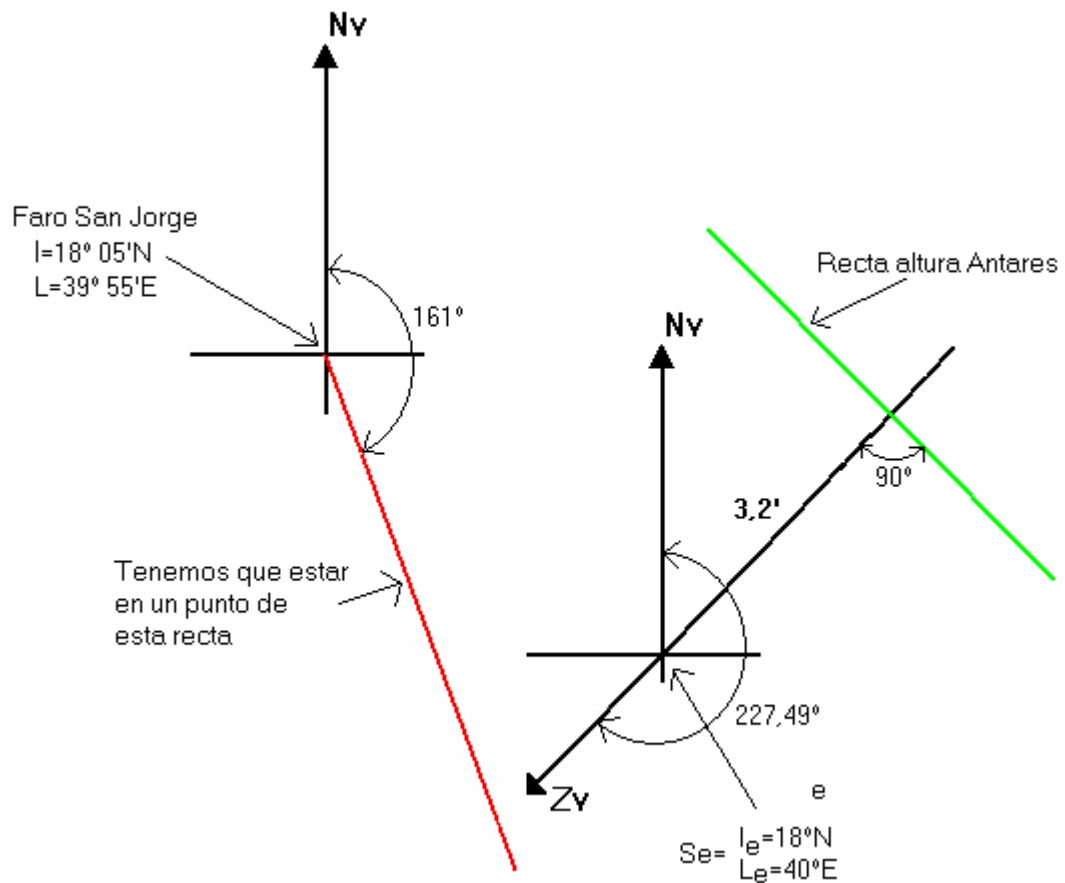
$$\Delta a = a_v - a_{est} = -3,2'$$

Determinante Antares:

$$Zv = 227,49^\circ$$

$$\Delta a = a_v - a_{est} = -3,2'$$

Situación observada:



Si desde la posición estimada vemos al Faro San Jorge con una demora de aguja de 334° ,

$$Dv = Da + Ct = 334^\circ + 7^\circ = 341^\circ$$

Dv desde el faro San Jorge a nuestro barco = $341^\circ - 180^\circ = 161^\circ$. Trazamos dicha recta de color rojo en la figura.

Después de dibujar las posiciones del Faro San Jorge, la situación estimada en la que nos encontramos y la recta de altura de Antares (línea verde en la figura anterior), vemos que las rectas de color rojo y verde no se cortan, ya que el problema posiblemente esté mal planteado.

4º Situación final por Diphda, Hamal, y astro desconocido (con tipeo y reconocimiento de dicho astro).

Cálculo altura verdadera estrella Diphda

$$a_i = \text{altura instrumental} = 30^\circ 24,5'$$

$$E_i = \text{error de índice del sextante} = +1'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + E_i = 30^\circ 24,5' + 1' = 30^\circ 25,5'$$

$$C_d = \text{Corrección por depresión (para } e_o = 7 \text{ m)} = -4,7'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d = 30^\circ 25,5' - 4,7' = 30^\circ 20,8'$$

$$C_r = \text{Corrección por refracción (para } a_a = 30^\circ 20,8') = -1,7'$$

$$a_v = a_a + C_r = 30^\circ 20,8' - 1,7' = 30^\circ 19,1'$$

$$a_v = \text{altura verdadera estrella Diphda} = 30^\circ 19,1'$$

Cálculo determinante Diphda y corrección total

$$L_e = 41^\circ \text{ E} \rightarrow \text{Huso n}^\circ 3$$

$$TU = 6 \text{ h } 15\text{m} - 3\text{h} = 3\text{h } 15\text{m} \text{ día } 15 \text{ Mayo de } 2009$$

Datos Diphda (estrella nº 6):

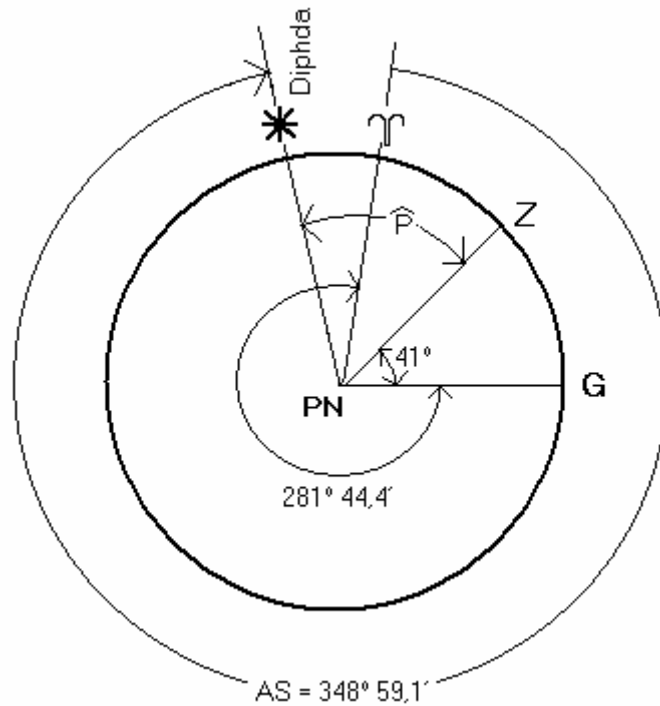
$$AS = \text{ángulo sidéreo} = 348^\circ 59,1'$$

$$Dec = \text{declinación} = -17^\circ 56'$$

Datos día 15 Mayo de 2009

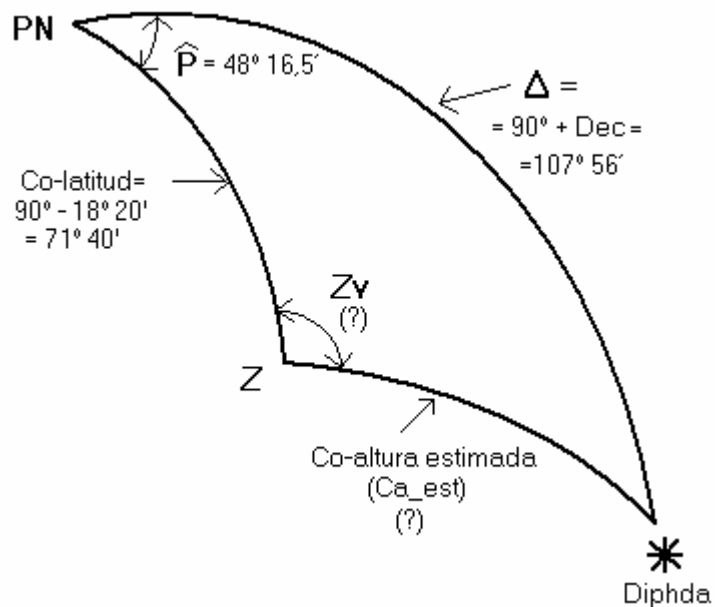
<u>TU</u>	<u>hGγ</u>
3 h	277° 58,8'
4 h	293° 1,2'

$$\text{Luego para } TU = 3\text{h } 15\text{m}, hG\gamma = 281^\circ 44,4'$$



$P = \text{ángulo en el polo de la estrella Diphda} =$
 $= 360^\circ - 348^\circ 59,1' + 360^\circ - 281^\circ 44,4' - 41^\circ = 48^\circ 16,5'$

Triángulo esférico de posición estrella Diphda:



Del triángulo de posición sale:

$$\cotg 107^\circ 56' \times \sen 71^\circ 40' = \cos 71^\circ 40' \times \cos 48^\circ 16,5' + \sen 48^\circ 16,5' \times \cotg Zv$$

$$\cos Ca_est = \cos 71^\circ 40' \times \cos 107^\circ 56' + \sen 71^\circ 40' \times \sen 107^\circ 56' \times \cos 48^\circ 16,5'$$

De donde:

$$Zv = \text{azimut verdadero} = 124,69^\circ$$

$$Ca_{est} = Co - \text{altura estimada} = 59,72^\circ \rightarrow a_{est} = \text{altura estimada} = 90^\circ - 59,72^\circ = 30^\circ 16,8'$$

Por lo tanto: $Ct = \text{Corrección total} = Zv - Za = 124,69^\circ - 138^\circ = -13,31^\circ \rightarrow$ No se utiliza

$$a_v = \text{altura verdadera} = 30^\circ 19,1'$$

$$a_{est} = \text{altura estimada} = 30^\circ 16,8'$$

$$\Delta a = a_v - a_{est} = +2,3'$$

Determinante Diphda:

$$Zv = 124,69^\circ$$

$$\Delta a = +2,3'$$

Cálculo situación estimada a HRB 6h 45m:

$$\Delta t = \text{tiempo navegado desde HRB 06:15 a HRB 06:45} = 0,5 \text{ h}$$

$$D = \text{distancia navegada} = Vb \times \Delta t = 16 \times 0,5 = 8 \text{ millas}$$

$$A = \text{apartamiento} = D \times \text{sen } Rv = 8 \times \text{sen } 110^\circ = 7,52'$$

$$\Delta l = D \times \text{cos } Rv = 8 \times \text{cos } 110^\circ = 2,74'S$$

$$lm = \text{latitud media} = 18^\circ 20'N - \frac{\Delta l}{2} = 18^\circ 18,63'N$$

$$\Delta L = \frac{A}{\text{cos } lm} = \frac{7,52'}{\text{cos } 18^\circ 18,63'} = 7,92'E$$

$$le = 18^\circ 20'N - \Delta l = 18^\circ 17,26'N$$

$$Le = 41^\circ E + \Delta L = 41^\circ 7,92'E$$

Cálculo altura verdadera estrella Hamal

$$a_i = \text{altura instrumental} = 32^\circ 49'$$

$$E_i = \text{error de índice del sextante} = +1'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + E_i = 32^\circ 49' + 1' = 32^\circ 50'$$

$$Cd = \text{Corrección por depresión (para } e_o = 7 \text{ m)} = -4,7'$$

$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + Cd = 32^\circ 50' - 4,7' = 32^\circ 45,3'$$

$$Cr = \text{Corrección por refracción (para } a_a = 32^\circ 45,3') = -1,6'$$

$$a_v = a_a + Cr = 32^\circ 45,3' - 1,6' = 32^\circ 43,7'$$

$$a_v = \text{altura verdadera estrella Diphda} = 32^\circ 43,7'$$

Cálculo determinante Hamal

$$Le = 41^\circ 7,92'E \rightarrow \text{Huso n}^\circ 3$$

$$TU = 6 \text{ h } 45\text{m} - 3\text{h} = 3\text{h } 45\text{m} \text{ día } 15 \text{ Mayo de } 2009$$

Datos Hamal (estrella n° 12):

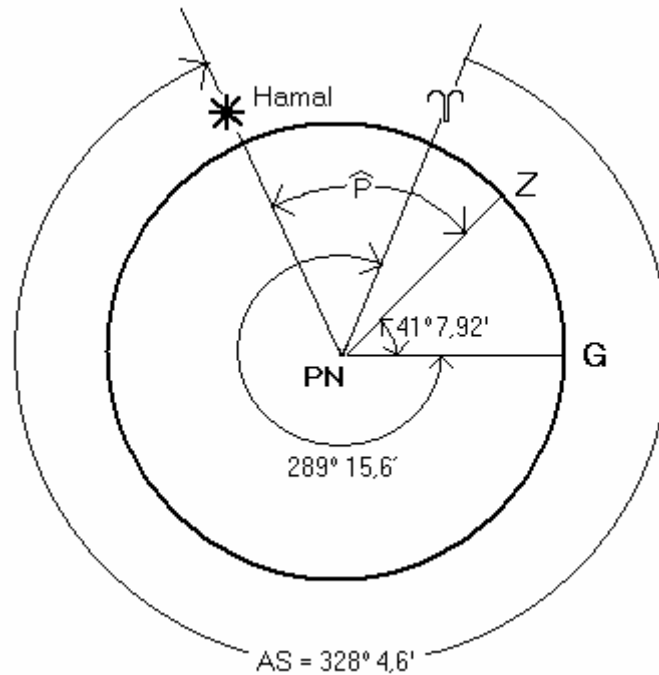
$$AS = \text{ángulo sidéreo} = 328^\circ 4,6'$$

$$Dec = \text{declinación} = +23^\circ 30,4'$$

Datos día 15 Mayo de 2009

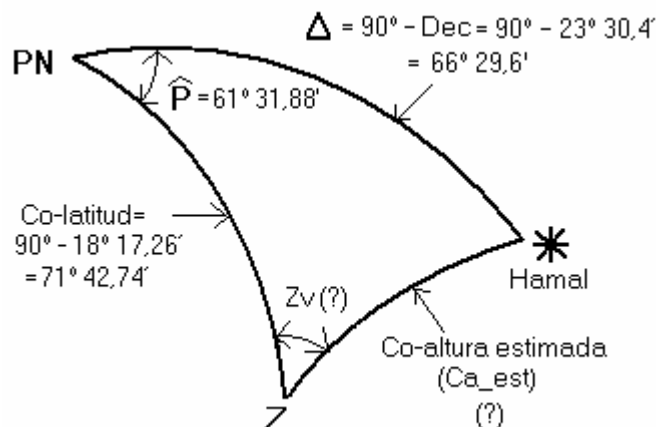
<u>TU</u>	<u>hgγ</u>
3 h	277° 58,8'
4 h	293° 1,2'

Luego para TU = 3h 45m, hg γ = 289° 15,6'



$P = \text{ángulo en el polo de la estrella Hamal} =$
 $= 360^\circ - 328^\circ 4,6' + 360^\circ - 289^\circ 15,6' - 41^\circ 7,92' = 61^\circ 31,88'$

Triángulo esférico de posición estrella Hamal:



Del triángulo de posición sale:

$$\cotg 66^\circ 29,6' \times \sen 71^\circ 42,74' = \cos 71^\circ 42,74' \times \cos 61^\circ 31,88' + \sen 61^\circ 31,88' \times \cotg Z_v$$

$$\cos Ca_est = \cos 71^\circ 42,74' \times \cos 66^\circ 29,6' + \sen 71^\circ 42,74' \times \sen 66^\circ 29,6' \times \cos 61^\circ 31,88'$$

De donde:

$$Z_v = \text{azimut verdadero} = 73,32^\circ$$

$$Ca_{\text{est}} = Co\text{-altura estimada} = 57,30^\circ \rightarrow a_{\text{est}} = \text{altura estimada} = 90^\circ - 57,30^\circ = 32^\circ 41,83'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = 32^\circ 43,7'$$

$$a_{\text{est}} = \text{altura estimada} = 32^\circ 41,83'$$

$$\Delta a = a_v - a_{\text{est}} = +1,87$$

Determinante Hamal:

$$Z_v = 73,32^\circ$$

$$\Delta a = +1,87$$

Cálculo situación estimada a HRB 7h 0m:

$$\Delta t = \text{tiempo navegado desde HRB 06:45 a HRB 07:00} = 0,25 \text{ h}$$

$$D = \text{distancia navegada} = V_b \times \Delta t = 16 \times 0,25 = 4 \text{ millas}$$

$$A = \text{apartamiento} = D \times \text{sen } R_v = 4 \times \text{sen } 110^\circ = 3,76'$$

$$\Delta l = D \times \text{cos } R_v = 4 \times \text{cos } 110^\circ = 1,37' \text{ S}$$

$$l_m = \text{latitud media} = 18^\circ 17,26' \text{ N} - \frac{\Delta l}{2} = 18^\circ 16,58' \text{ N}$$

$$\Delta L = \frac{A}{\cos l_m} = \frac{3,76'}{\cos 18^\circ 16,58'} = 3,96' \text{ E}$$

$$l_e = 18^\circ 17,26' \text{ N} - \Delta l = 18^\circ 15,89' \text{ N}$$

$$L_e = 41^\circ 7,92' \text{ E} + \Delta L = 41^\circ 11,88' \text{ E}$$

Cálculo altura verdadera astro desconocido

$$a_i = \text{altura instrumental} = 41^\circ 13,5'$$

$$E_i = \text{error de índice del sextante} = +1'$$

$$a_o = \text{altura observada} = a_i + E_i = 41^\circ 13,5' + 1' = 41^\circ 14,5'$$

$$C_d = \text{Corrección por depresión (para } e_o = 7 \text{ m)} = -4,7'$$

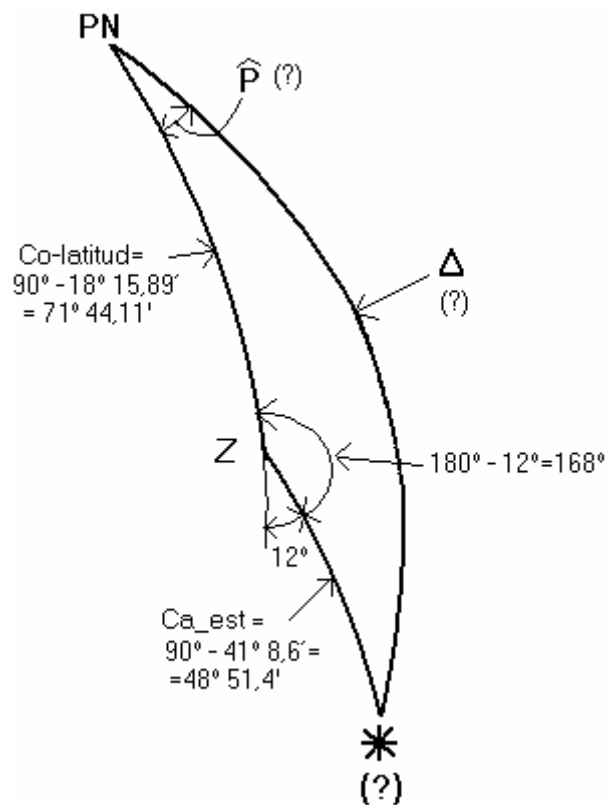
$$a_a = \text{altura aparente} = a_o + C_d = 41^\circ 14,5' - 4,7' = 41^\circ 9,8'$$

$$C_r = \text{Corrección por refracción (para } a_a = 41^\circ 9,8') = -1,2'$$

$$a_v = a_a + C_r = 41^\circ 9,8' - 1,2' = 41^\circ 8,6'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} * ? = 41^\circ 8,6'$$

Triángulo esférico de posición astro desconocido:



Aplicando las fórmulas de la cotangente y el coseno vistas anteriormente sale:

$$P = 10,3695^\circ$$

$$\Delta = 119,5571^\circ = 90^\circ + \text{Dec} \rightarrow \text{Dec} = -29^\circ 33,43'$$

Cálculo ángulo sidéreo (AS) astro desconocido:

HRB= 7h 0m

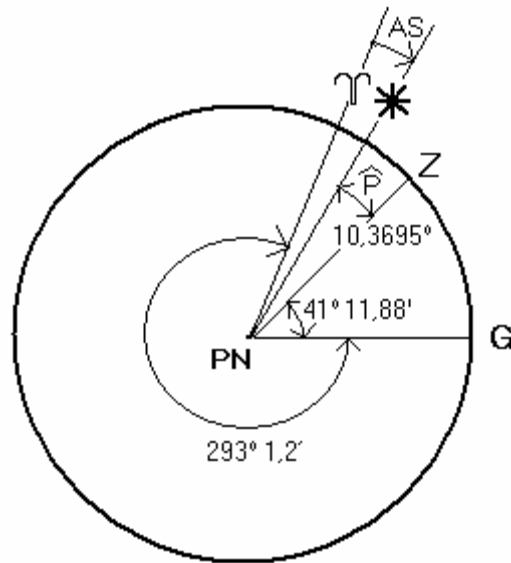
Le = 41° 11,88'E → Huso n° 3

TU = 7 h – 3h = 4h día 15 Mayo de 2009

En el AN, para el día 15 Mayo de 2009

$$\begin{array}{ll} \underline{\text{TU}} & \underline{\text{hgy}} \\ 4 \text{ h} & 293^\circ 1,2' \end{array}$$

Luego para TU = 4h 0m, hgy = 293° 1,2'



$$AS = 360^\circ - 293^\circ 1,2' - 41^\circ 11,88' - 10,3695^\circ = 15^\circ 24,75'$$

Con los datos de:

$$AS = 15^\circ 24,75'$$

$$\text{Dec} = -29^\circ 33,43'$$

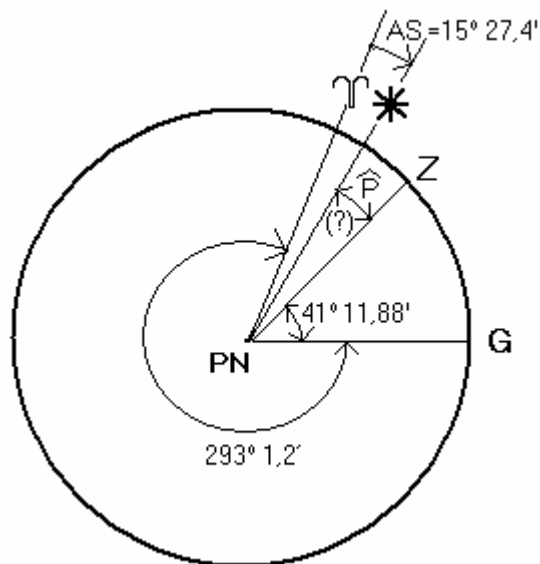
En el AN aparece la estrella n° 97 **Fomalhaut**

Cálculo determinante Fomalhaut:

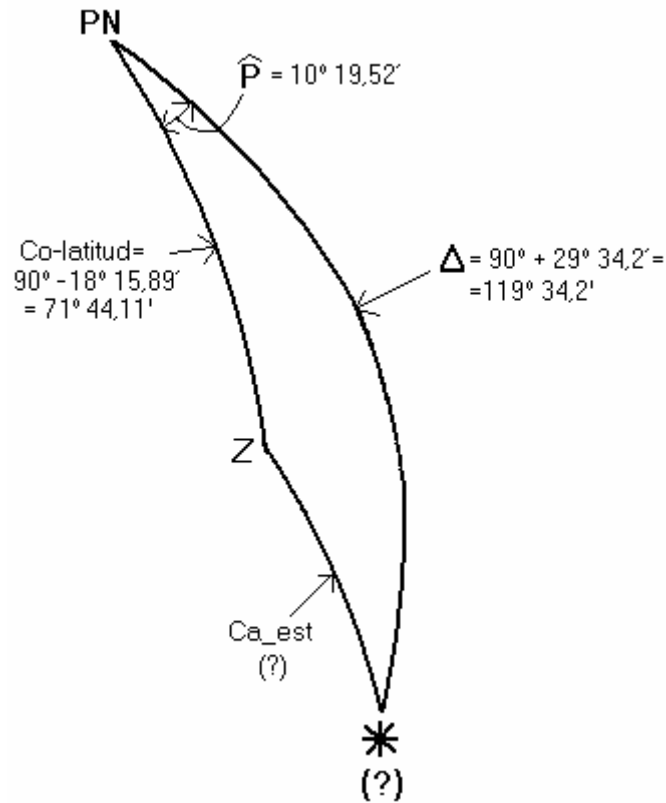
Datos Fomalhaut:

$$AS = 15^\circ 27,4'$$

$$\text{Dec} = -29^\circ 34,2'$$



$$P = 360^\circ - 293^\circ 1,2' - 41^\circ 11,88' - 15^\circ 27,4' = 10^\circ 19,52'$$



Aplicando la fórmula de la cotangente sale:

$$Ca_est = \text{Co-altura estimada} = 48,86^\circ \rightarrow a_{est} = \text{altura estimada} = 90^\circ - 48,86^\circ = 41^\circ 8,37'$$

$$a_v = \text{altura verdadera} = 41^\circ 8,6'$$

$$a_{est} = \text{altura estimada} = 41^\circ 8,37'$$

$$\Delta a = a_v - a_{est} = +0,23'$$

Determinante Fomalhaut:

$$Z_v = S12^\circ E$$

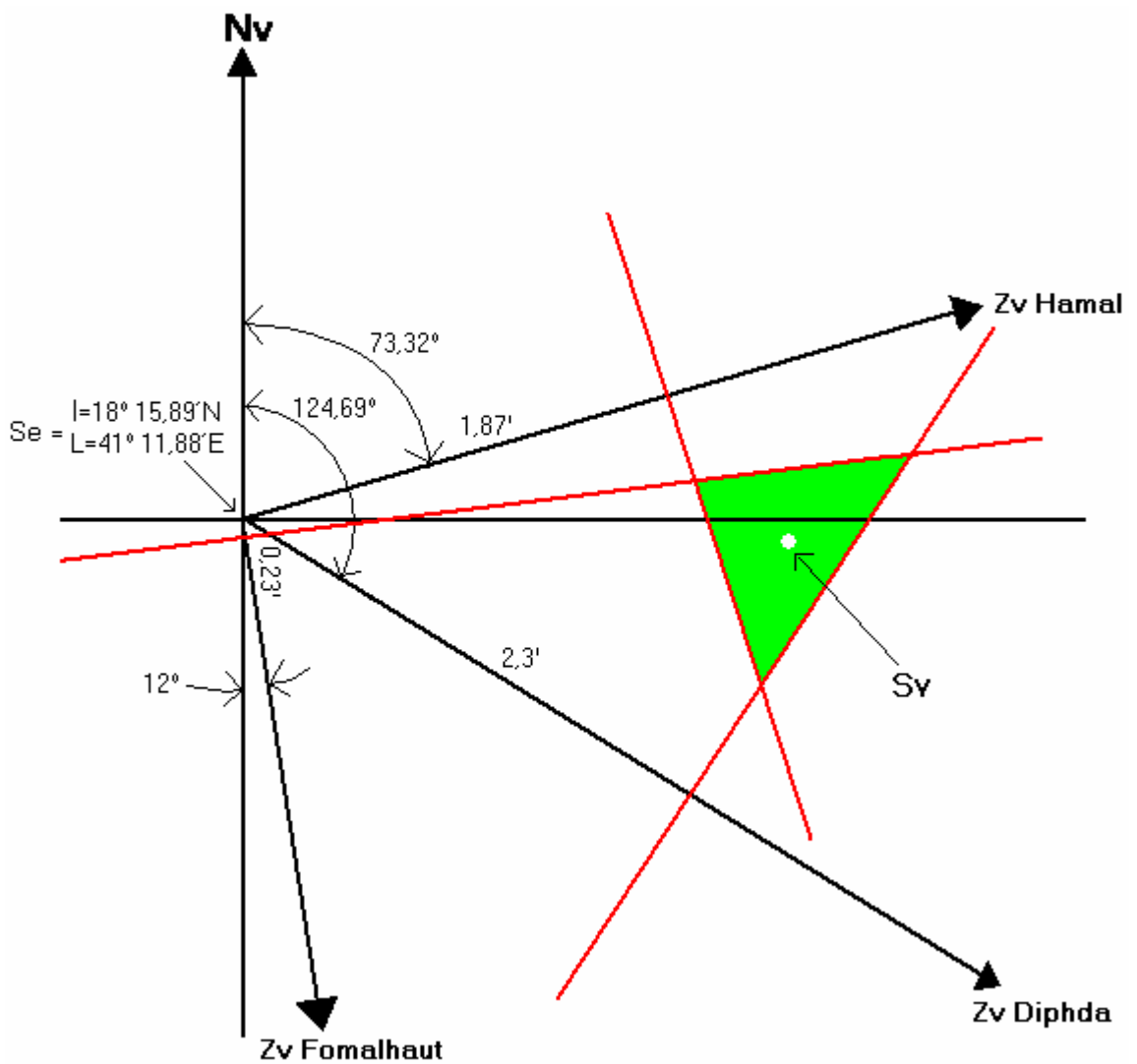
$$\Delta a = +0,23'$$

Cálculo situación verdadera:

- Situación estimada a HRB 7h 0m
 $l_e = 18^\circ 15,89' N$
 $L_e = 41^\circ 11,88' E$
- Determinante Diphda
 $Z_v = 124,69^\circ$
 $\Delta a = +2,3'$
- Determinante Hamal
 $Z_v = 73,32^\circ$
 $\Delta a = +1,87'$
- Determinante Fomalhaut

$$Z_v = S12^\circ E$$

$$\Delta a = +0,23'$$



La situación verdadera es el centro de gravedad del triángulo formado por las 3 rectas de altura (indicadas en color rojo en la figura). Gráficamente se encuentra:

$$l_v = 18^\circ 15,89' N - 0,3' S = 18^\circ 15,6' N$$

$$L_v = 41^\circ 11,88' E + 3,1' E = 41^\circ 15' E$$

Resultado:

$$l_v = 18^\circ 15,6' N$$

$$L_v = 41^\circ 15' E$$