Ejercicio Cálculos Náuticos Capitán de Yate tipo Barcelona para Almanaque Náutico 2010
Autor: Pablo González de Villaumbrosia García 25.03.2010

El día 5 de junio de 2010, después de haber salido del puerto de Brest (Bretaña francesa) la noche del día anterior, nos encontramos a unas 50 millas al SW de la isla de Ouessant. A las UTC = 3h 47min, en latitud = 47° 55’ N y longitud = 6° 5' W, ponemos rumbo ortodrómico a un punto de coordenadas de latitud = 46° 20’N y longitud = 53° 4' W (a unas 20 millas al sur de Cape Race, en la isla de New Foundland, Labrador).

Elevación del observador (eo) = 2,4 metros. Error de índice (ei) = − 2,1'.

A las UTC = 09h 31min, en situación estimada le = 48° 12,8' N y Le = 7° 44,4' W, observamos la altura instrumental del Sol limbo superior, ai = 46º 34,6’. Continuamos navegando al rumbo verdadero (Rv) = 285°, a una velocidad media de 12 nudos hasta la hora UTC del paso del Sol por el meridiano superior, momento en el que observamos la altura instrumental del Sol limbo inferior aim = 63° 41,2'.

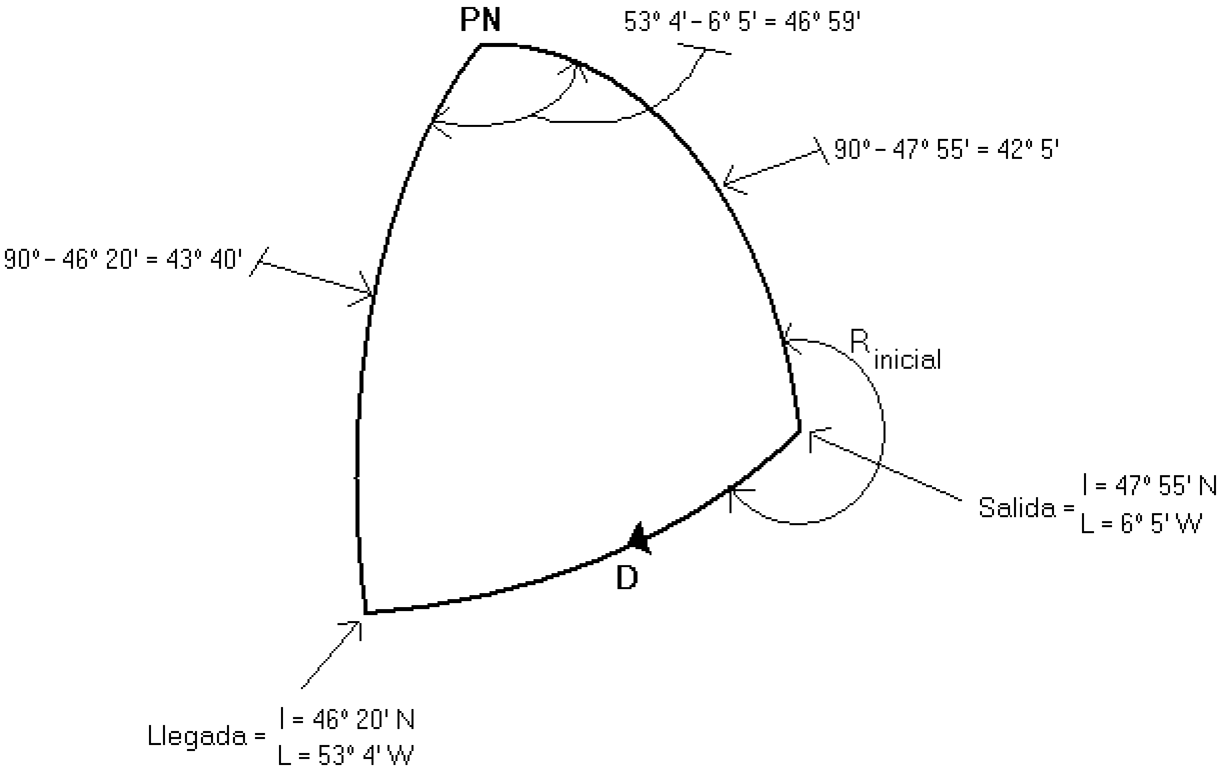
Siguiendo nuestra travesía hacia Cape Race, a las UTC = 21h 21m, en situación estimada le = 48° 56,2'N y Le = 11° 15,9' W, observamos simultáneamente altura instrumental de la estrella Spica, ai* = 30° 0,4' y altura instrumental de un astro desconocido ai*? = 22° 51,1' y Zv*? = 287°.

Más tarde, con una velocidad de máquina de 12 nudos y con un rumbo verdadero Rv = 285°, mediante nuestro radar, hacemos el seguimiento del eco de un buque B. A las UTC = 23h 00, tomamos demora verdadera del eco al 340° y distancia 9 millas. A las UTC = 23h l2m tomamos demora verdadera del eco al 340° y distancia 7 millas.
A las UTC = 23h 24m, teniendo al eco a 5 millas, decidimos variar nuestro rumbo en cumplimiento de las reglas 15 ("situación de cruce") y 16 ("maniobra del buque que cede el paso") del Reglamento internacional para prevenir los abordajes en la mar, maniobrando para dejarlo a 2 millas por nuestro babor, con la intención de no cortarle la proa.
Se pide:

1° Rumbo ortodrómico inicial a UTC 03:47 del día 5/06/2010
2º Distancia ortodrómica para llegar al punto situado a unas 20 millas al sur de Cape Race (New Foundland).
3º Determinante del Sol a UTC 09:31 del día 05/06/2010.
4° UTC de paso del sol por el meridiano superior del lugar el 05/06/2010
5º Posición a la hora de paso del sol por el meridiano superior del lugar a 05/06/2010
6° Determinante de la estrella Spica.
7º Reconocimiento del astro desconocido.
8º Determinante del astro desconocido.
9° Situación verdadera a UTC 21:21 del día 05/06/2010
10º Nuevo Rumbo de A, a UTC 23:24, para dejar el eco B a 2 millas por babor de A y UTC en el momento de situarse a la mínima distancia (CPA) de paso.

Resolución:

1º Rumbo ortodrómico inicial a UTC 03:47 del día 10/06/2010



La situación es la reflejada en el triángulo esférico de la figura anterior. Aplicando la fórmula de la cotangente:
cotg 43º 40’ x sen 42º 5 = cos 42º 5’ x cos 46º 59’ + sen 46º 59’ x cotg (360º − Rinicial)
360º − Rinicial = 75º → Rinicial = 285º = N75ºW

Respuesta 1ª pregunta:
Rinicial = 285º = N75ºW

2º Distancia ortodrómica para llegar al punto situado a unas 20 millas al sur de Cape Race

En la figura anterior, aplicando la fórmula del coseno:
cos D = cos 43º 40’ x cos 42º 5’ + sen 43º 40’ x sen 42º 5’ x cos 46º 59’ → D =31,5088º =
= 1890,53 millas

Respuesta 2ª pregunta:
Distancia ortodrómica =1890,53 millas

3ª Determinante del Sol a UTC 09:31 del día 05/06/2010.

Cálculo altura verdadera del Sol
En tablas AN (Almanaque Náutico) del día 5/6/2020 → SD ☼ = Semidiámetro del Sol =15,8’
Corrección por diámetro del Sol = 2 x SD = 2 x 15,8’ =31,6’

ai☼ limbo superior = 46º 34,6’
ao☼ limbo superior = ai + ei = 46º 34,6’ − 2,1’= 46º 32,5’
ao☼ limbo inferior = ao☼ limbo superior – 2 x SD = 46º 32,5’ – 31,6’ = 46º 0,9’

aa = altura aparente = ao☼ limbo inferior + Cd
Cd = corrección por depresión (para eo = 2,4m) = −2,8’
aa = 46º 0,9’ −2,8’= 45º 58,1’
Csd+refr+par = corrección por semidiámetro-refracción y paralaje = +15,2’ − 0,2’= +15’
av = altura verdadera = aa + Csd+refr+par = 45º 58,1’ + 15’ = 46º 13,1’

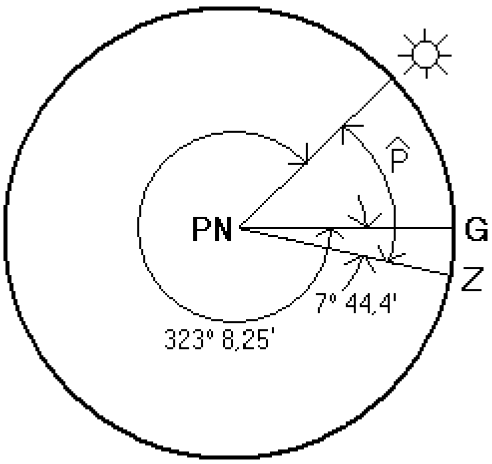
Cálculo altura estimada del Sol
TU = tiempo universal = 9h 31m

En tablas Almanaque Náutico (AN) del día 5 de Junio de 2010

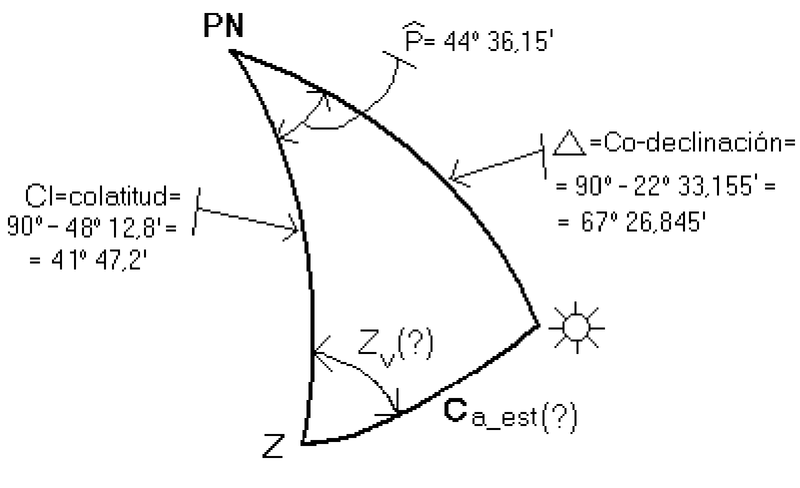
TU	hG☼	Dec☼
9h	315º 23,3’	+22º 33,0’
10h	330º 23,2’	+22º 33,3’

Interpolando para TU = 9h 31m sale:

hG☼ = 323º 8,25’
Dec = +22º 33,155’



Del círculo horario de la figura:
P = ángulo horario en el Polo = 360º − 323º 8,25’ + 7º 44,4’ = 44º 36,15’



Resolviendo el triángulo esférico de posición de la figura anterior:

cotg 67º 26,845’ x sen 41º 47,2’ = cos 41º 47,2’ x cos 44º 16,15’ + sen 44º 36,15’ x cotg Zv
Zv = 109,9º = S70,1º E

cos Ca_est = cos 41º 47,2’ x cos 67º 26,845’ + sen 41º 47,2’ x sen 67º 26,845’ x cos 44º 36,15’
Ca_est =co-altura estimada = 43,6030º → ae = altura estimada = 90º – 43,6030º = 46º 23,8’

Coeficiente Pagel por la mañana

$$Q = \text{coeficiente de Pagel} = \frac{1}{\text{tang } \Delta \text{ x sen } P} - \frac{\text{cotg } Cl}{\text{tang } P} = 0{,}5432$$

Respuesta 3ª pregunta:
Zv = 109,9º = S70,1ºE
$\Delta a = av - ae$ = 46º 13,1’ – 46º 23,8’ = −10,7’

<u>4º UTC de paso del sol por el meridiano superior del lugar el 05/06/2010</u>

Cálculo tiempo exacto navegado y distancia navegada
En primer lugar calcularemos la diferencia de longitud entre la ongitud estimada Le y la Longitud observada Ld del punto determinante.
le = 48° 12,8' N
Le =7° 44,4' W
Zv = S70,1ºE
Δa = −10,7’

$$\Delta L = \text{diferencia longitud entre Le y Ld} = \frac{10{,}7' \text{ x cos } (90º - 70{,}1º)}{\cos (48º\ 12{,}8')} = 15{,}1\text{‘W}$$

he = P + 15,1’ = 44º 36,15’ + 15,1’ = 44º 51,25’

$$\Delta t = \text{tiempo exacto navegado} = \frac{he}{15º + \dfrac{\text{Vb x sen Rv}}{60 \text{ x cos lm}}} = \frac{44º\ 51{,}25’}{15º + \dfrac{12 \text{ x sen } 285º}{60 \text{ x cos } (48º\ 12{,}8')}} =$$

= 3h 2m 57,16s = 3,04921h

D = distancia navegada = Vb x Δt =12 x 3,04921 = 36,59 millas

TU pº ☼ mS/L = TU origen + tiempo navegado = 9h 31m + 3h 2m 57,16s =
≈ 12h 33m 57s

Respuesta 4ª pregunta:
UTC = 12h 33m 57s

<u>5º Posición a la hora de paso del sol por el meridiano superior del lugar a 05/06/2010</u>

Traslado del punto determinante
Rv = 285º = N75ºW
D = distancia navegada = 36,59 millas

Zv = S70,1º E

$\Delta a = -10{,}7'$ → Al ser negativa podemos considerar Zv = N70,1º W y $\Delta a = +10{,}7'$

le = 48° 12,8' N

Le = 7° 44,4' W

		Δl		A	
Ref	**D**	**N**	**S**	**E**	**W**
N75ºW	36,59’	9,47’	—	—	35,34’
N70,1ºW	10,7’	3,64’	—	—	10,06’
		13,11’			45,4’

Δl = 13,11’N

A = 45,4’W

$lm = \text{latitud media} = le + \dfrac{\Delta l}{2} = 48º\ 12{,}8'N + \dfrac{13{,}11'}{2} = 48º\ 19{,}355'$

$\Delta L = \dfrac{A}{\cos lm} = \dfrac{45{,}4'}{\cos 48º\ 19{,}355'} = 68{,}28'W = 1º\ 8{,}28'W$

Situación observada del punto determinante trasladado la distancia navegada:

lo = 48º 12,8’N + 13,11’N = 48º 25,91’N

Lo = 7º 44,4’W + 1º 8,28’W = 8º 52,68’W

Cálculo altura verdadera Sol al mediodía

ai☼ limbo inferior = 63° 41,2'

ao = altura observada = ai + ei = 63° 41,2' − 2,1’ = 63° 39,1'

aa = altura aparente = ao + Cd

Cd = corrección por depresión (para eo = 2,4m) = −2,8’

aa = 63° 39,1' −2,8’= 63° 36,3’

$Csd+refr+par$ = corrección por semidiámetro-refracción y paralaje = +15,6’ − 0,2’= +15,4’

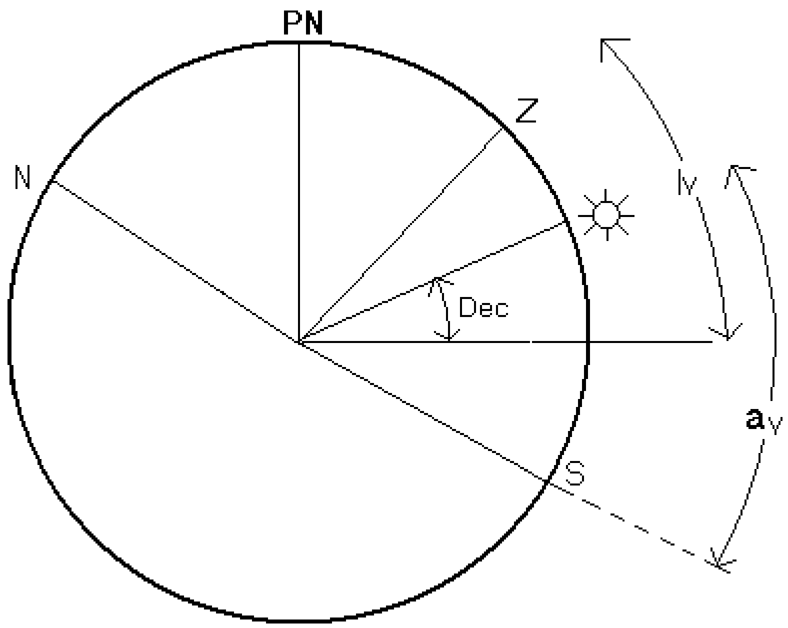
av = altura verdadera = aa + $Csd+refr+par$ = 63º 36,3’ + 15,4’ = 63º 51,7’

Cálculo latitud verdadera

En tablas AN para el día 5 de Junio de 2010

TU	Dec☼
12h	+22º 33,9’
13h	+22º 34,1’

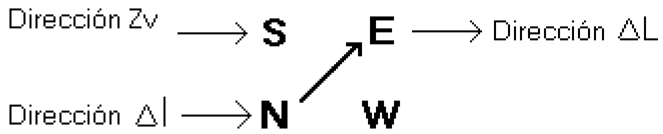
Para TU = 12h 32m 56s → Dec = +22º 34’



$90^o = lv + av - Dec$

$lv = 90^o - av + Dec = 90^o - 63^o\ 51{,}7' + 22^o\ 34' = 48^o\ 42{,}3'N$

$\Delta l = lv - lo = 48^o\ 42{,}3'N - 48^o\ 25{,}91'N = +16{,}39'\ N$



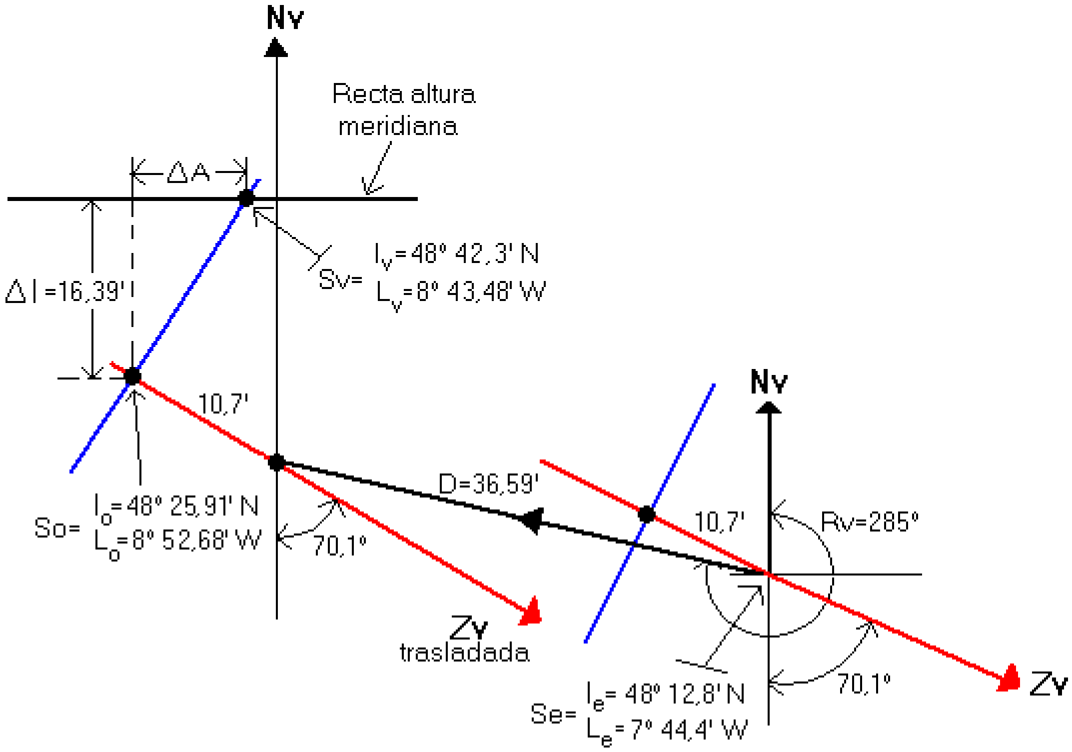
$\Delta L = Q \times \Delta l = 0{,}5432 \times 16{,}39' = 8{,}9'E$

Respuesta 5ª pregunta:

$lv = 48^o\ 42{,}3'N$

$Lv = Lo + \Delta L = 8^o\ 52{,}38'W - 8{,}9'E = 8^o\ 43{,}48'W$

TU = 12h 33m 57s



Comprobación coeficiente Pagel

tang 70,1º $= \dfrac{\Delta l}{\Delta A} \rightarrow \Delta A$ = apartamiento $= \dfrac{16{,}39'}{\text{tang } 70{,}1^{o}}$ = 5,93'W

$\Delta L = \dfrac{\Delta A}{\cos lo} = \dfrac{5{,}93'}{\cos 48^{o}\ 25{,}91'}$ = 8,94'W

Q = coeficiente de Pagel $= \dfrac{\Delta L}{\Delta l} = \dfrac{8{,}94'}{16{,}39'}$ = 0,545 que coincide aproximadamente con el coeficiente de Pagel calculado por la mañana.

<u>6° Determinante de la estrella Spica.</u>

Calculo altura verdadera estrella Spica

ai *Spica = 30° 0,4'

ao = altura observada = ai + ei = 30° 0,4' – 2,1' = 29º 58,3'

aa = altura aparente = ao + Cd

Cd = corrección por depresión (para eo = 2,4m) = −2,8'

aa = 29º 58,3' − 2,8'= 29º 55,5'

Crefrac.= corrección por refracción = −1,7'

av *Spica = altura verdadera *Spica = aa + Crefrac = 29º 55,5 '− 1,4' = 29º 53,8'

Calculo determinante estrella Spica

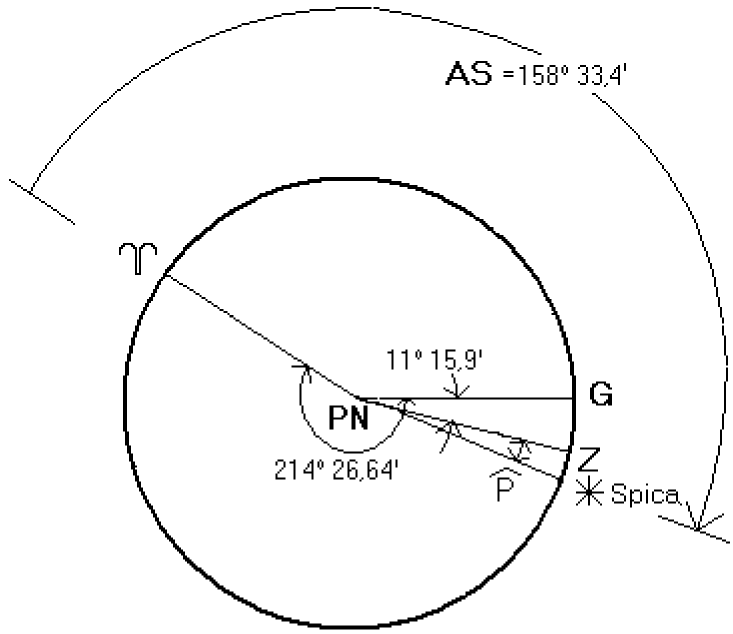
TU = 21h 20m
le = 48° 56,2' N
Le = 11° 15,9' W
ai* Spica = 30° 0,4'

En tablas Almanaque Náutico (AN) del día 5 de Junio de 2010

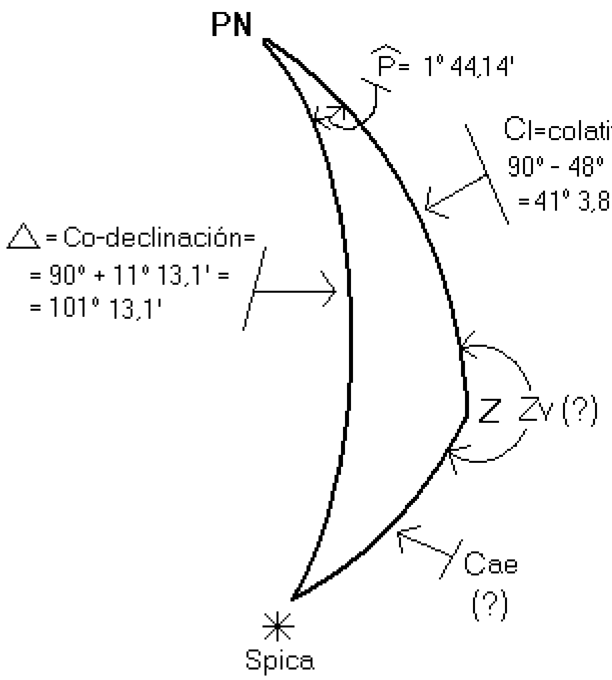
TU	**hGγ**
21h	209º 10,8’
22h	224º 13,2’

Interpolanto para TU = 21h 21m
hGγ = 214º 26,64’

Datos estrella Spica (nº 65) en AN 2010
AS = 158º 33,4’
Dec = −11º 13,1’



P = ángulo en el polo = 214º 26,64’+ 158º 33,4’ − 360º − 11º 15,9’ = 1º 44,14’
Δ = co-declinación = 90º + 11º 13,1’ = 101º 13,1’



Del triángulo esférico de la figura sale:

cotg 101º 13,1’ x sen 41º 3,8’ = cos 41º 3,8’ x cos 1º 44,14’ + sen 1º 44,14’ x cotg (360º − Zv)

Zv = 360º −178,04º = 181,96º

cos Cae = cos 41º 3,8’ x cos 101º 13,1’ + sen 41º 3,8’ x sen 101º 13,1’ x cos 1º 44,14’

Cae = co-altura estimada = 90º − ae = 60,1745º → ae = 29º 49,53’

Respuesta 6ª pregunta:
Determinante estrella Spica:

Zv = 181,96º

Δa = av – ae = 29º 53,8’– 29º 49,53’= +4,27’

7º Reconocimiento del astro desconocido

Calculo altura verdadera astro desconocido

ai*? = 22° 51,1'

ao = altura observada = ai + ei = 22° 51,1' – 2,1’ = 22° 49'

aa = altura aparente = ao + Cd

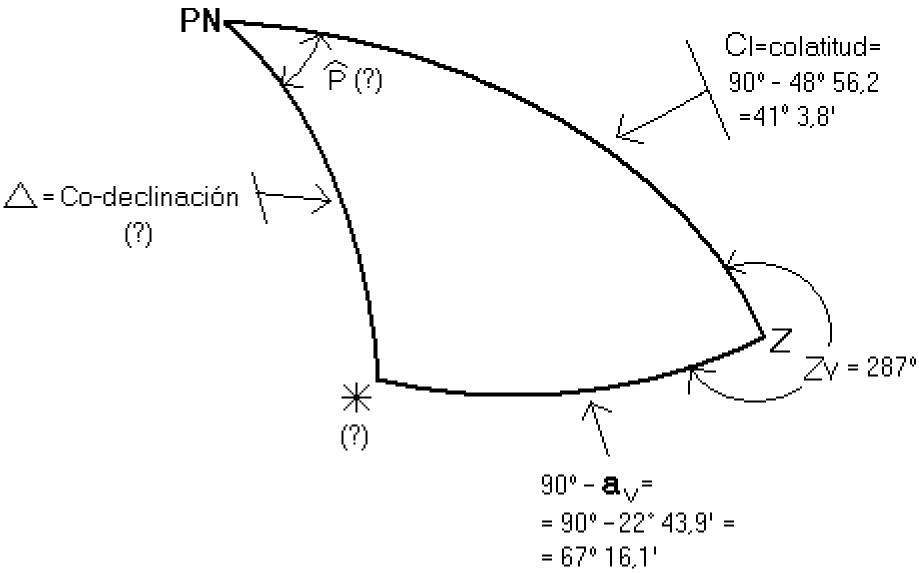
Cd = corrección por depresión (para eo = 2,4m) = −2,8’

aa = 22° 49' −2,8’= 22° 46,2'

Crefrac.= corrección por refracción = −2,3’

av*? = altura verdadera *?= aa + Crefrac = 22° 46,2' − 2,3’= 22° 43,9'

Calculo AS y Dec astro desconocido



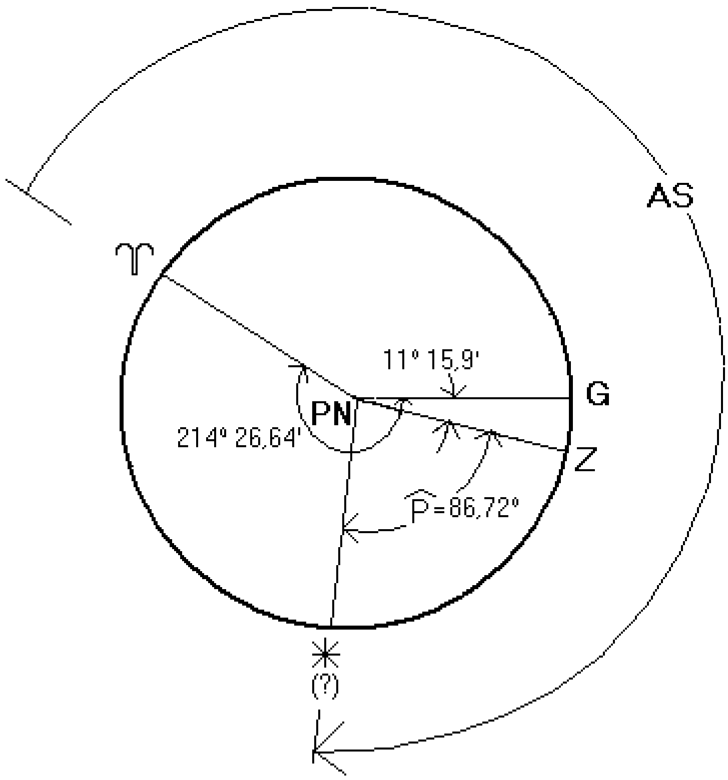
Del triángulo esférico de posición de la figura anterior:

cotg 67º 16,1’ x sen 41º 3,8’ = cos 41º 3,8’ x cos (360º – 287º) + sen (360º – 287º) x cotg P

P = 86,72º

cos Δ = cos 41º 3,8’ x cos 67º 16,1’ + sen 41º 3,8’ x sen 67º 16,1’ x cos (360º – 287º)

$\Delta = 90^{o} - Dec = 62{,}0637^{o} \rightarrow Dec = 27{,}9363^{o} = 27^{o}\ 56{,}18'$



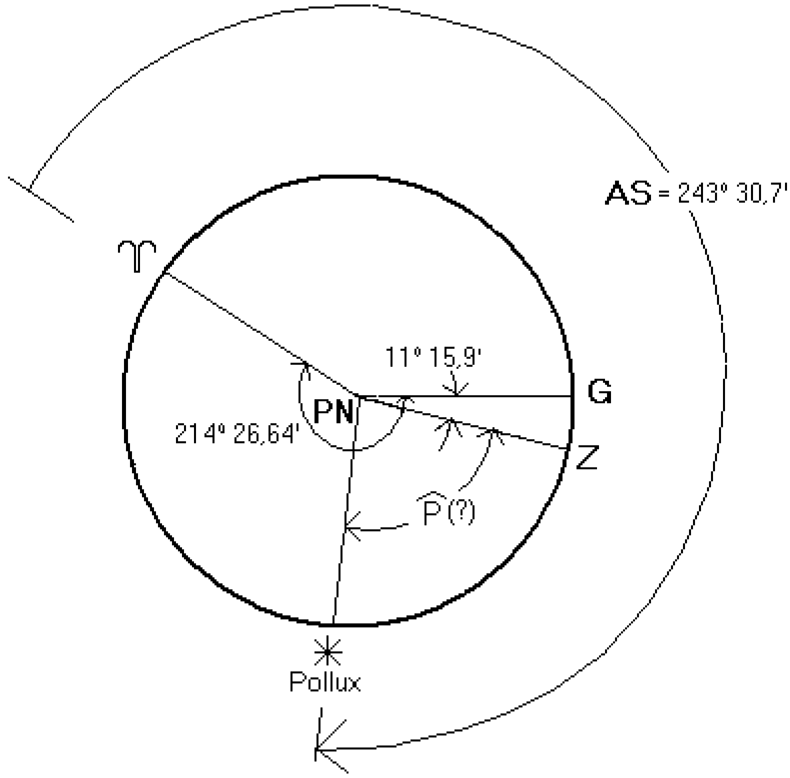
Del círculo horario de la figura anterior:
AS = ángulo sidéreo *? = 360º – 214º 26,64’ + 11º 15,9’ + 86,72º = 243º 32,46’

Con los datos de:
AS = 243º 32,46’
Dec = 27º 56,18’’
En el AN aparece la estrella nº39 Pollux

Respuesta 7ª pregunta
Astro desconocido = estrella nº 39 Pollux

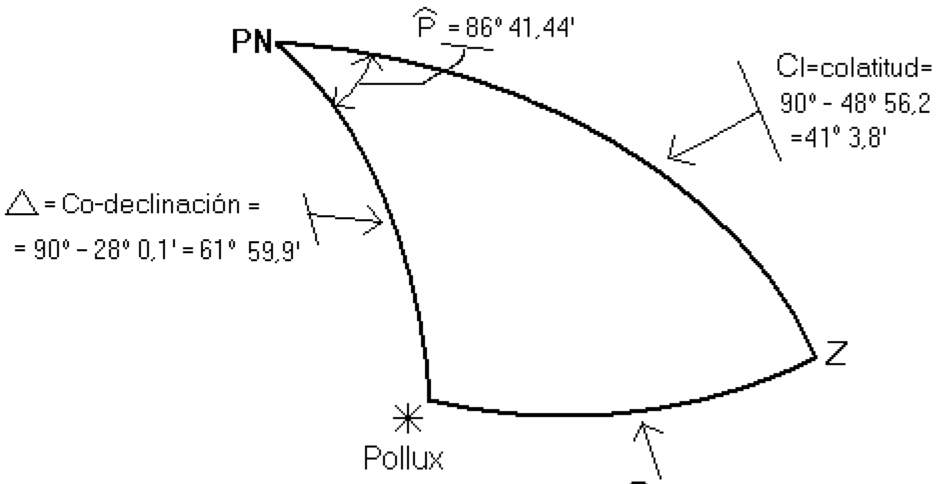
<u>8º Determinante del astro desconocido</u>

Datos de Pollux:
AS = 243º 30,7’
Dec = +28º 0,1’



Del círculo horario de la figura anterior:

P = ángulo horario en el Polo = 214º 26,64’ – (360º – 243º 30,7’) – 11º 15,9’ = 86º 41,44’



Del triángulo esférico de posición de la figura anterior:

cos Ca_est = cos 41º 3,8’ x cos 61º 59,9’ + sen 41º 3,8’ x sen 61º 59,9’ x cos 86º 41,44’

Ca_est = 90º – ae = 67,2026º → ae = 22º 47,85’

Δa = av – ae = 22° 43,9' – 22º 47,85’ = – 3,95’

Respuesta 8ª pregunta:

Determinante estrella Pollux:

Zv = 287º

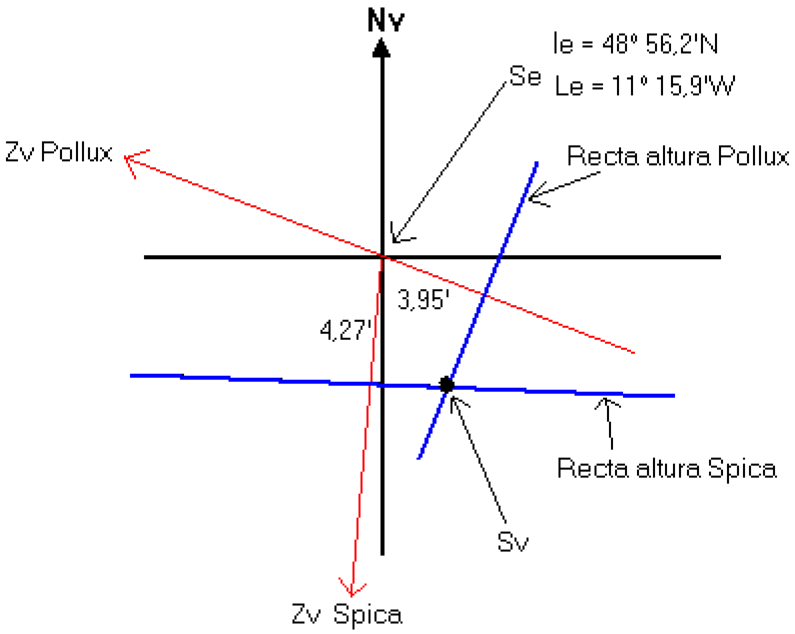
Δa = – 3,95’

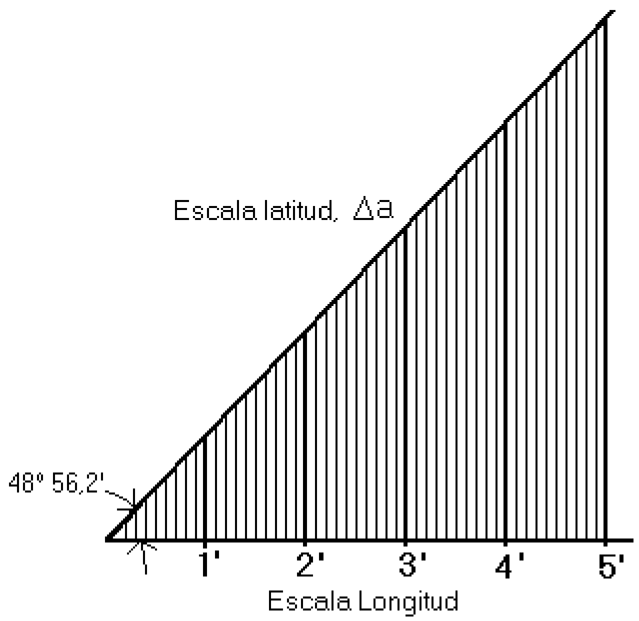
9° Situación verdadera a UTC 21:21 del día 05/06/2010
Datos:
le = 48° 56,2'N
Le = 11° 15,9' W

Determinante estrella Spica:
Zv = 181,96º
Δa = + 4,27’

Determinante estrella Pollux:
Zv = 287º
Δa = – 3,95’

Trazamos las Zv de Spica y Pollux, así como sus rectas de altura (perpendiculares a las Zv a una distancia de +4,27’ y –3,95’ respectivamente)





La situación verdadera vendrá dada por el cruce entre las dos rectas de altura.

Gráficamente se encuentra que:
lv = 48° 56,2'N – 4,4’S = 48º 51,8’N
Lv = 11° 15,9' W – 4,3’E = 11º 11,6’W

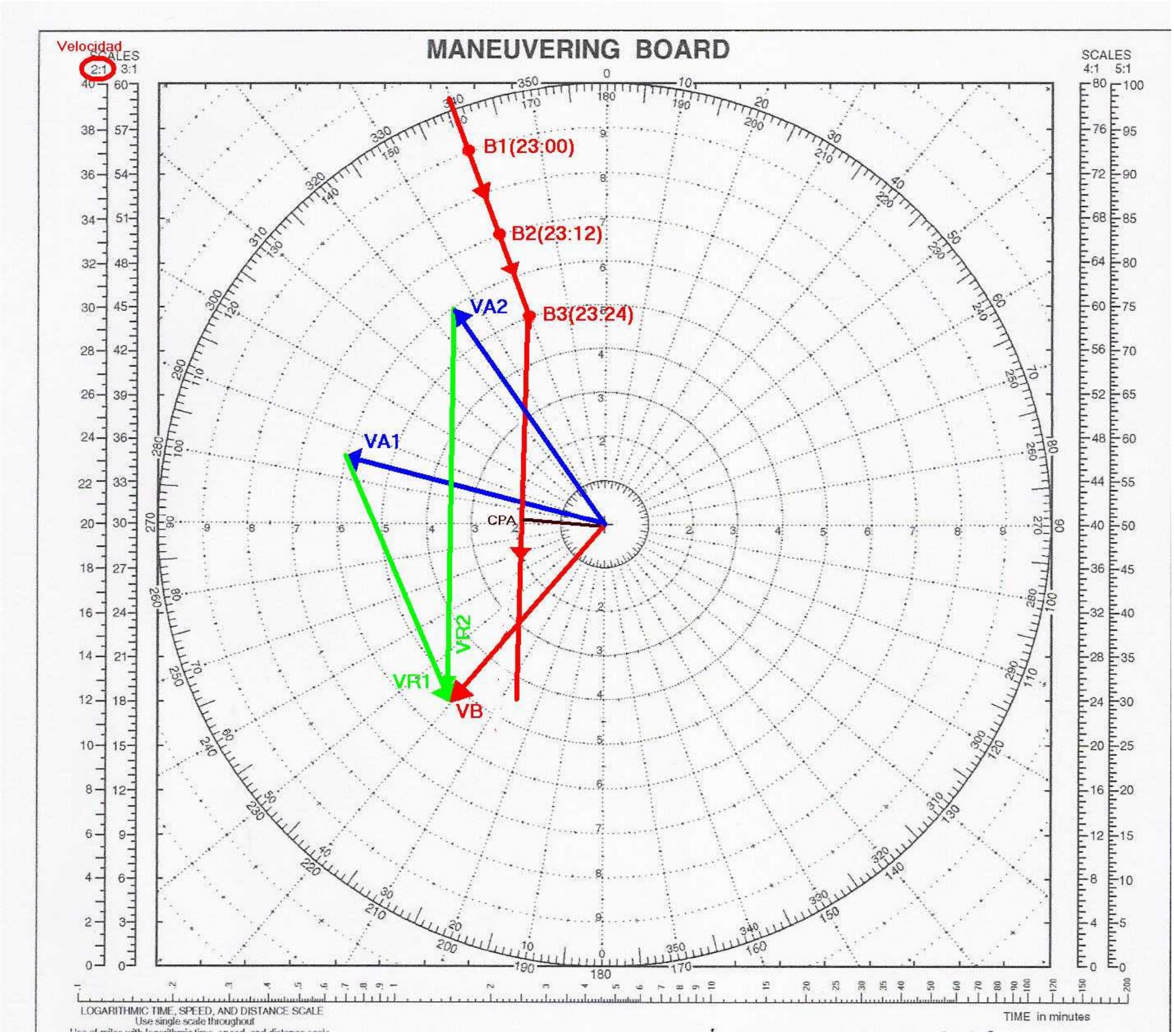
Respuesta 9ª pregunta:
lv = 48º 51,8’N
Lv = 11º 11,6’W

<u>10º Nuevo Rumbo de A, a UTC 23:24, para dejar el eco B a 2 millas por babor de A y UTC en el momento de situarse a la mínima distancia (CPA) de paso.</u>

- Colocar en la rosa de maniobras los puntos B1, B2 ,B3 de paso del barco B. La línea que los une es la indicatriz del movimiento del barco B respecto del A. Velocidad relativa de B respecto de A = 2 x 5 = 10 nudos
- Colocar el vector VA1 del barco A (rumbo 285º, velocidad = 12 nudos
- Desde el extremo de VA1 trazar paralela a la indicatriz B1-B2-B3. Tendremos el vector VR1 de la velocidad relativa de B respecto de A. Su longitud es 10 nudos.
- El vector VB del barco B será el vector que une el centro de la rosa de maniobras con el extremo de VR1.
- Trazar ahora desde B3 una recta tangente al círculo de 2 millas. Es la nueva indicatriz del movimiento a partir de B3.
- Trazar desde el extremo de VB una recta paralela a la indicatriz anterior. El punto de corte de dicha recta con el círculo de velocidad de VA1 = 12 nudos define el nuevo VA2, así como la nueva velocidad VR2 relativa de B respecto de A. VR2 = 16,3 nudos. Nuevo rumbo de A =325º.
- La distancia B3-CPA es la distancia que recorrerá B hasta el CPA (Close Point of Aproach). Dicha distancia es de 4,5 millas
- Tiempo desde B3 a TPa = $\frac{4,6 \text{ millas}}{16,3 \text{ nudos}} \approx 17$ minutos

  UTC a CPA = 23h 24m +17m = 23h 41m

Respuestas 10ª pregunta:
Nuevo rumbo A = 325º
UTC a CPA = 23h 41m


Velocidad
SCALES
2:1 3:1
MANEUVERING BOARD
SCALES
4:1 5:1
B1(23:00)
B2(23:12)
B3(23:24)
VA2
VA1
CPA
VR2
VR1
VB
LOGARITHMIC TIME, SPEED, AND DISTANCE SCALE
Use single scale throughout
TIME in minutes