

El problema de la determinación de la posición sobre la Tierra en los siglos XVI y XVII

J. J. Ruiz-Lorenzo

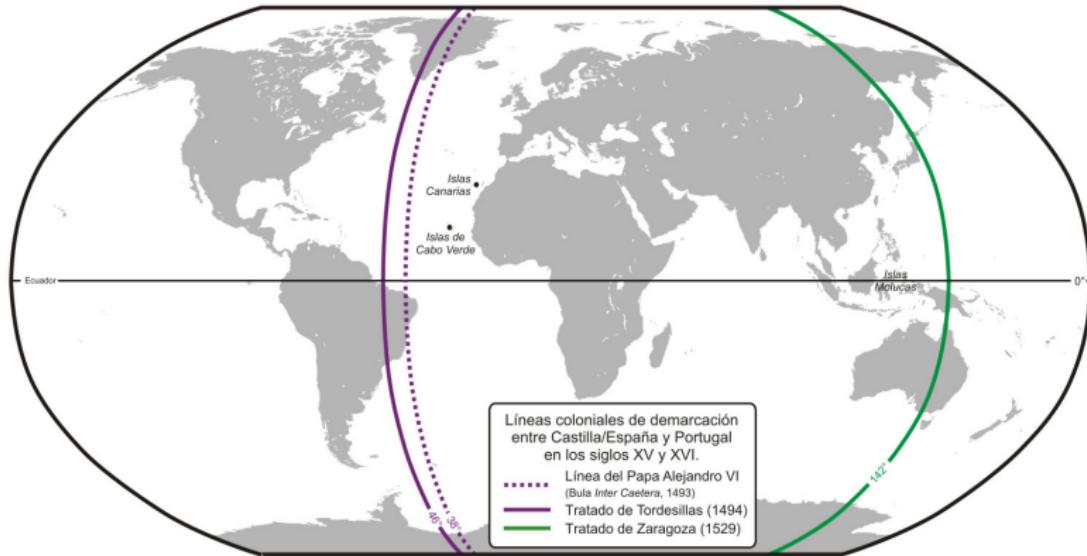
Dep. Física & ICCAEx (Univ. de Extremadura)
https://landau.unex.es/~sphinx/juan/juan_talks.html

Centro de Profesores y Recursos
Badajoz, 25 de Abril de 2024

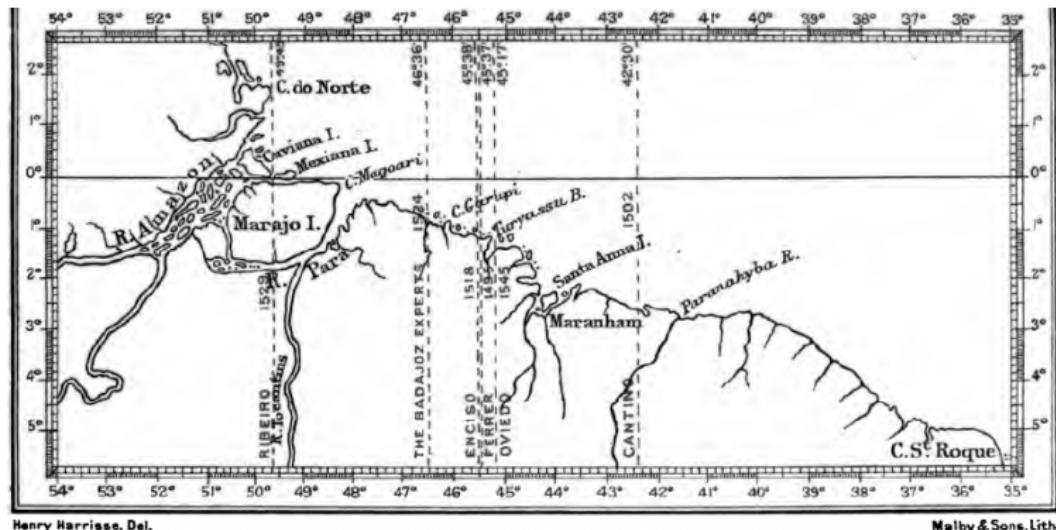
Esquema de la charla

- De Tordesillas (1494) a Badajoz (1524).
- ¿Qué conocemos del planeta Tierra?
- El cielo.
- Instrumentos y Tablas.
- El problema de la medición de la longitud.
- La solución de finales del siglo XX.

Tordesillas



De Tordesillas a Badajoz



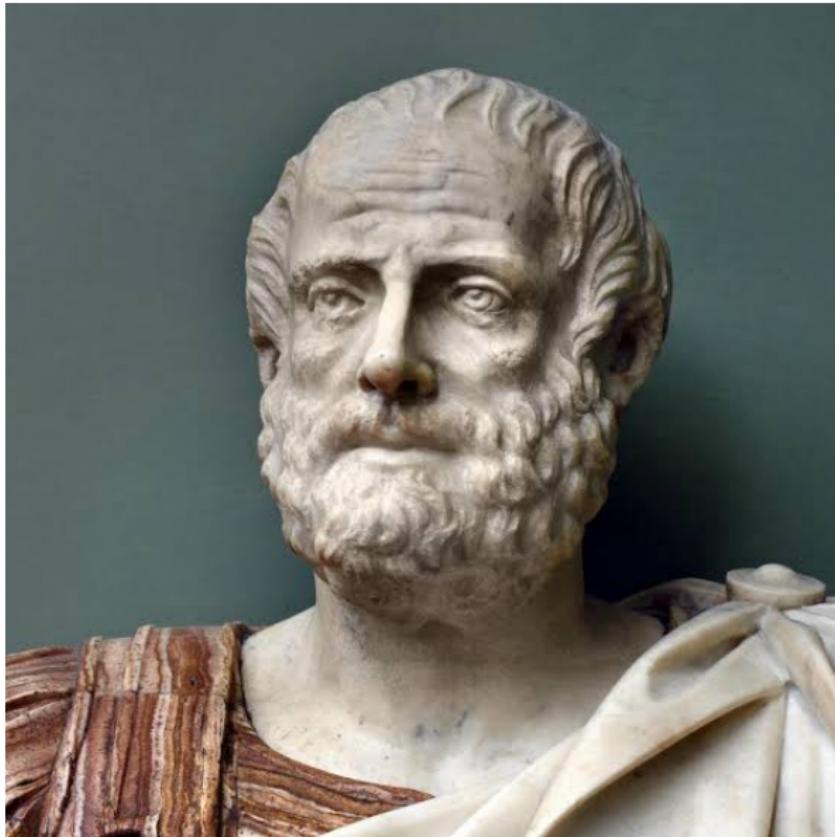
Henry Harrisse, Del.

Malby & Sons, Lith.

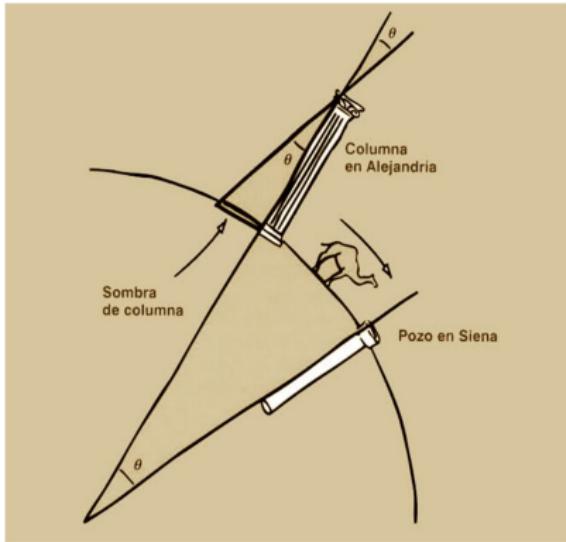
The Line of Demarcation, as fixed by the Treaty of Tordesillas (1494),
according to Ferrer (1495), Cantino (1502), Enciso (1518), the Badajoz Experts (1524),
Ribeiro (1529), and the Sevillian Cartographers (usque 1550), and Oviedo (1545).
Transferred on an English Admiralty Chart.

De H. Harrisse, *The Diplomatic History of America*, Ed. Stevens
(Londres 1897).

Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.)



Eratostenes (276 a.C.-194 a.C.)



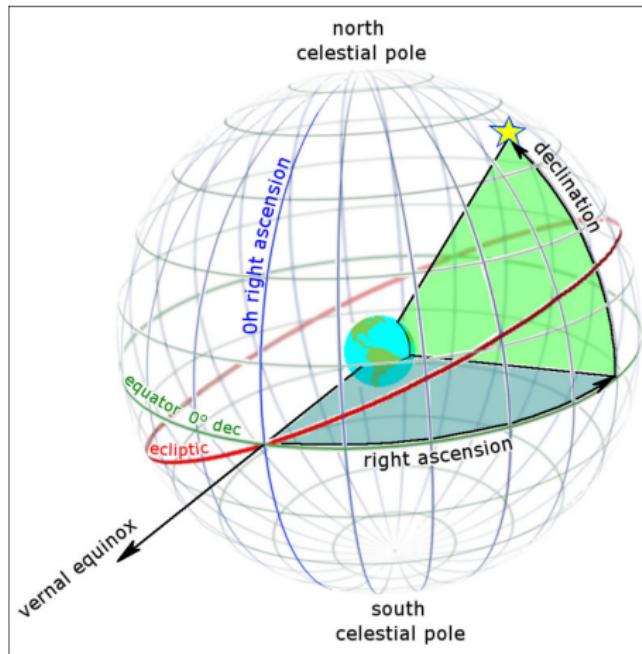
Hiparco (190 a.C.-120 a.C.)



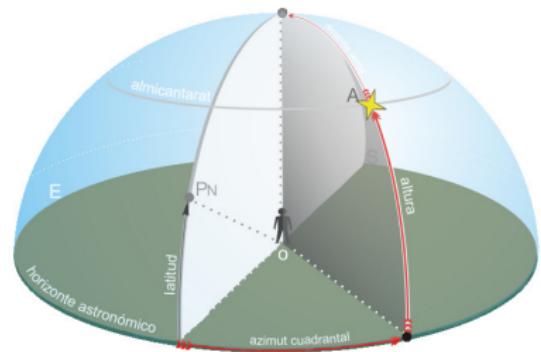
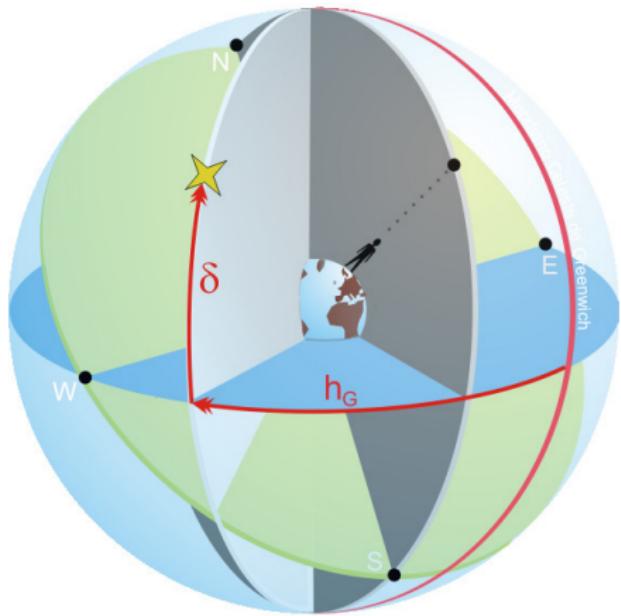
Ptolomeo (100 d.C.-170 d.C.)



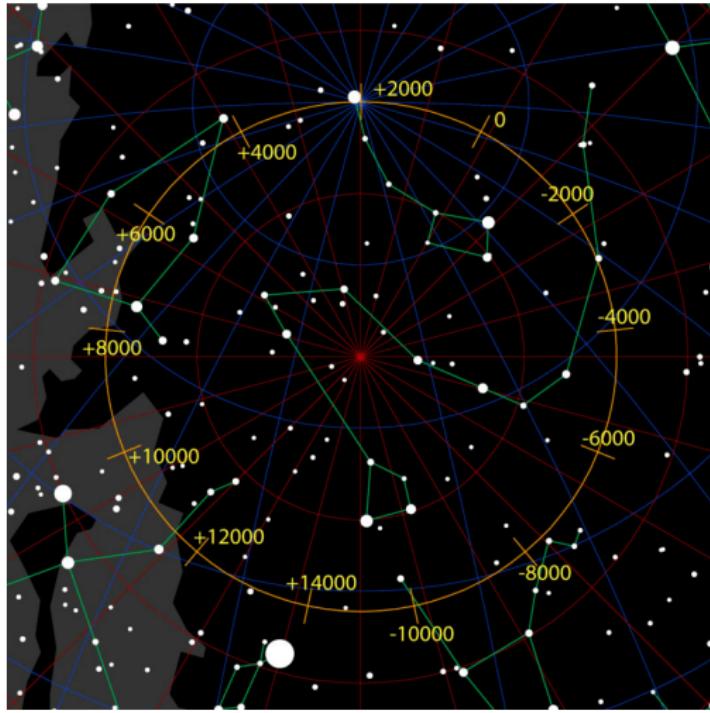
Coordenadas ecuatoriales y azimutales



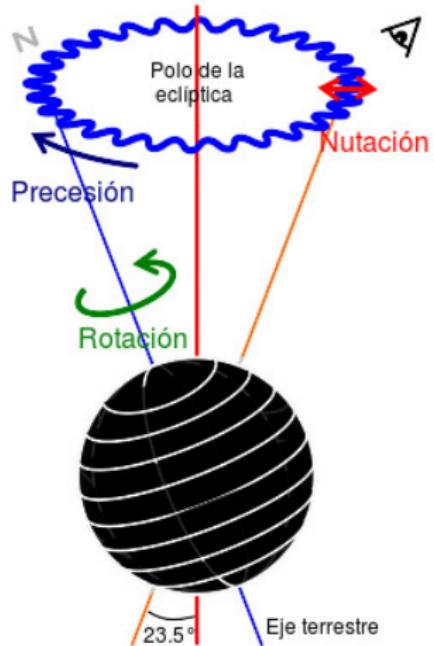
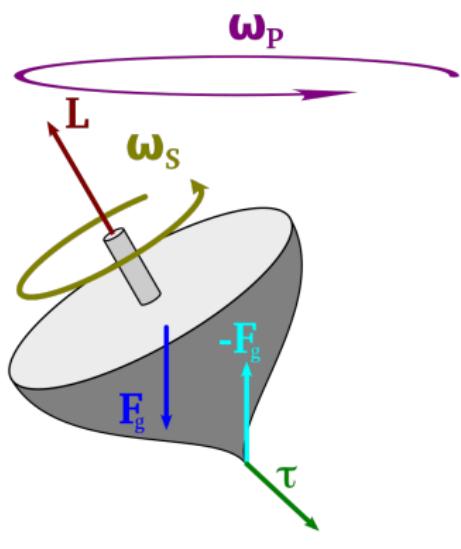
Coordenadas ecuatoriales y azimutales



Estrella Polar



Estrella Polar



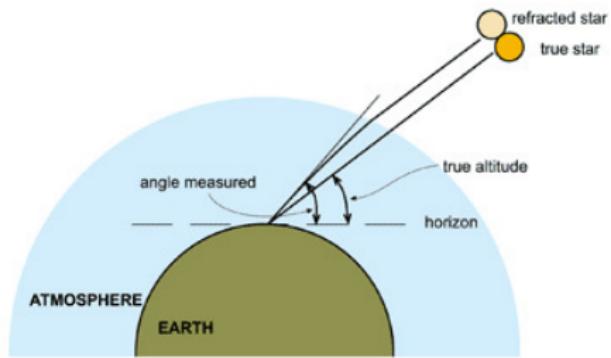
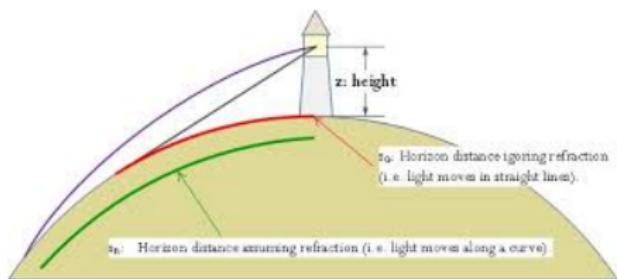
Estrella Polar

Coordenadas aparentes de la estrella polar (α Ursae Minoris) corregidas por nutación, precesión y por movimiento propio:

año	$90 - \delta$
0	$11^\circ 45.5'$
500	$8^\circ 59.6'$
1000	$6^\circ 12.5'$
1500	$3^\circ 25.1'$
2000	$0^\circ 44.3'$
2100	$0^\circ 27.5'$

Satélite Hipparcos (J2000): $\alpha = 2^{\text{h}}31^{\text{m}}49.09^{\text{s}}$, $\delta = +89^\circ 15' 50.8''$.

Correcciones

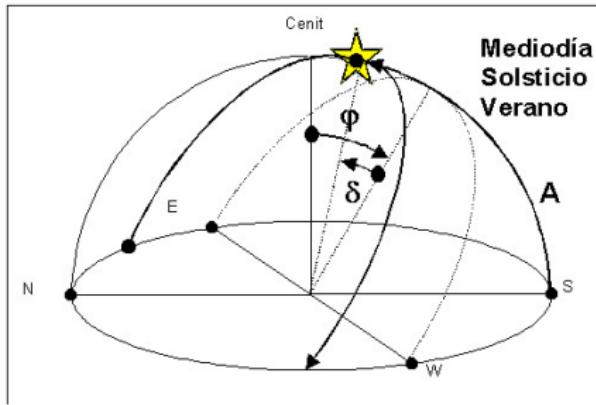
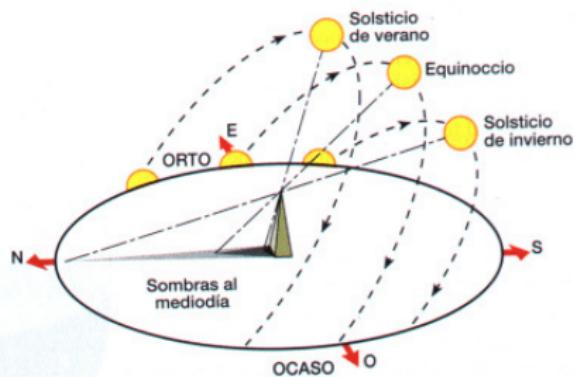


+Paralaje+Semi-Diámetro:

$$a_v = a_{\text{obs}} + \text{Refr} + \text{Dip} + \text{Paralaje} + \text{SD}$$

Posteriormente compararemos a_v con a_e .

Altura del Sol al mediodía



Si $l = \phi > \delta$:

$$90 - a = l - \delta$$

Ejemplo. 25/4/2024. Si $l = 40^\circ$ N y $L = 8^\circ$ W, entonces el Sol pasa por el meridiano a las 12:30 UT ($\delta = 13^\circ 7.6'$) con altura $a = 63^\circ 7.6'$.

Estrella Polar: $\delta = 89^\circ 22.0' \simeq 90^\circ$. Entonces $l = a$

Abraham Zacuto (1452-1515)



Johann Regiomontano (1436-1476)



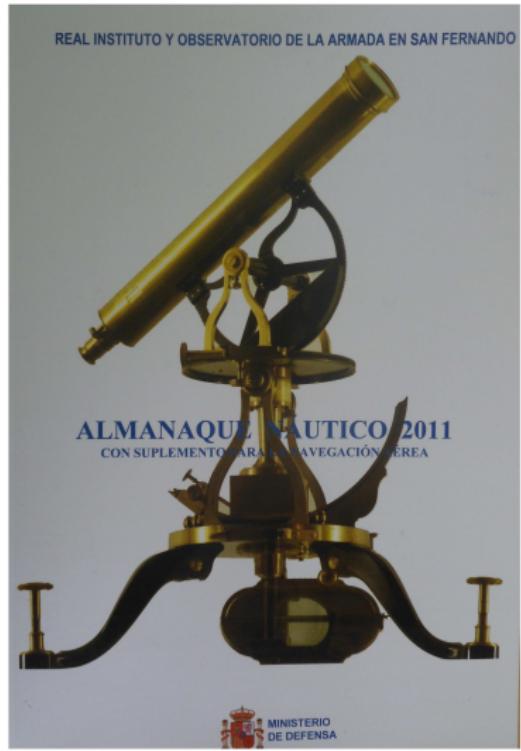
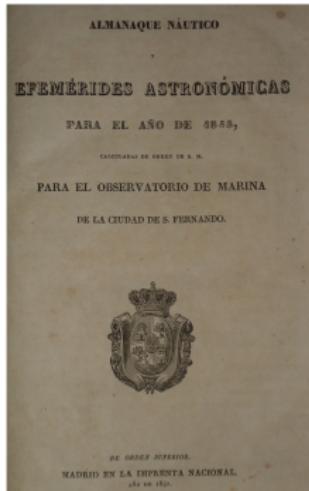
Regiomontanus (Johannes Müller von Königsberg).
(Geb. 6. Juni 1436, gest. 6. Juli 1476.)

Tablas de Zacuto y Regiomontano

dies mīlitūm diei minūtae tempore vīcācti	martiis						aprilis					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<i>Tabula sī cōdētis et duodecim domorū</i>												
1 0 4 12	3 1 26 20	0	7	1 1 53	5 26	26	21	28	1			
2 0 4 12	4 2 7 21	1	8	2 1 50	5 30	25	21	28	2			
3 0 6 13	5 1 28 22	2	9	3 2 52	5 31	27	23	30	3			
4 0 11 14	6 1 29 23	3	10	4 2 49	7 1 2	28	24	30	4			
5 0 15 15	7 1 30 24	4	11	5 2 51	8 1 30	29	25	31	5			
6 0 19 16	8 1 25 25	5	12	6 2 51	9 1 30	30	26	2	7			
7 0 22 17	9 1 26 26	6	13	7 2 51	9 1 4	31	27	3	8			
8 0 26 17	9 1 27 7	12	8	8 2 51	10 1 28	28	4	6				
9 0 30 18	10 1 4 26	9	14	9 2 22	11 0 2	29	4	7				
10 0 33 19	11 1 9 29	10	15	10 2 25	12 1 4	30	5	8				
11 0 37 19	12 1 5 29	11	16	11 2 29	12 1 5	31	6	9				
12 0 41 20	12 1 12 1	10	17	12 2 33	13 1 6	51	2	7				
13 0 44 21	13 1 7 2	11	17	13 2 37	14 1 7	6	3	8	10			
14 0 48 22	14 1 9 3	12	18	14 2 41	15 1 8	7	4	9	11			
15 0 51 22	15 1 9 4	13	19	15 2 44	16 1 9	8	4	9	11			
16 0 55 23	16 1 10 5	14	20	16 2 46	17 1 10	9	5	10	12			
17 0 59 24	17 1 11 6	15	21	17 2 42	18 1 11	9	6	10	12			
18 1 2 25	18 1 12 7	16	21	18 2 50	19 1 12	10	7	11	13			
19 1 6 25	18 1 13 8	17	21	19 2 50	20 1 13	11	8	12	14			
20 1 10 26	19 1 13 9	17	22	20 2 51	21 1 14	12	9	13	15			
21 1 13 27	20 1 14 10	18	23	21 2 51	22 1 15	13	10	14	16			
22 1 17 28	21 1 15 11	19	24	22 2 52	23 1 16	14	11	15	17			
23 1 20 28	22 1 16 12	20	24	23 2 51	24 1 17	15	12	16	18			
24 1 24 29	22 1 17 13	21	25	24 2 51	25 1 18	16	13	17	19			
25 1 28 29	23 1 18 14	22	26	25 2 53	23 1 22	17	14	18	20			
26 1 31 30	23 1 19 15	23	27	26 2 50	23 1 23	18	15	19	21			
27 1 35 31	25 1 20 16	23	27	27 2 53	30 1 23	19	16	20	22			
28 1 38 32	25 1 21 17	24	28	28 1 54	24 1 24	20	17	19	21			
29 1 42 33	26 1 22 18	25	29	29 1 58	25 1 23	21	18	20	22			
30 1 46 33	27 1 23 19	26	29	30 1 41	26 1 22	22	19	21	23			
31 1 49 34	28 1 24 20	27	30	0 0 0	0 0 0	0	0	0	0			

1504	m.	a.m.	.a.f	a.	a.	a.s	d
	○	○	○	○	○	○	○
Januarius							
	g	m	g	m	g	m	g
Lūcūciſiō dñi.	1 20 17 13 40 15 46 8 4c 9 30 26 6 28 4 17 4 3						
	2 21 19 27 48 15 40 8 33 9 8 25 33 28 5 27 3 36						
	3 22 20 11 40 15 35 9 25 8 40 14 59 28 15 27 3 36						
	4 23 21 25 28 15 30 8 18 8 25 24 25 28 32 27 3 33						
	5 24 23 8 49 15 25 8 10 8 5 23 50 28 56 27 30						
Epiphānī dñi	6 15 24 21 54 15 20 8 3 7 45 23 15 23 24 27 2 27						
	7 26 25 4 36 15 17 7 56 7 26 22 41 29 54 27 23						
	8 27 27 17 22 15 10 7 49 7 7 22 8 0 43 27 20						
	9 28 28 0 5 15 5 7 42 6 49 21 36 1 28 27 17						
	10 29 29 12 44 15 0 7 36 6 31 21 5 2 19 27 14						
	11 0 30 24 54 14 55 7 29 6 14 20 35 3 16 27 11						
	12 1 31 6 40 14 50 7 22 5 58 20 7 4 18 27 7						
Octā epiphā.	13 2 32 18 24 14 45 7 16 5 42 19 40 5 23 27 4						
	14 3 33 0 13 14 40 7 9 5 27 19 14 6 32 27 1						
	15 4 34 12 16 14 36 7 2 5 13 18 50 7 44 26 58						
	16 5 35 24 30 14 31 6 56 4 59 18 28 9 0 26 55						
Antonij ūfe.	17 6 36 6 57 14 27 6 50 4 46 18 9 10 19 26 51						
Prīce virg.	18 7 37 19 33 14 23 6 45 4 34 17 52 11 40 26 48						
	19 8 38 2 17 14 18 6 39 4 23 17 37 13 5 26 45						

Almanaque Náutico

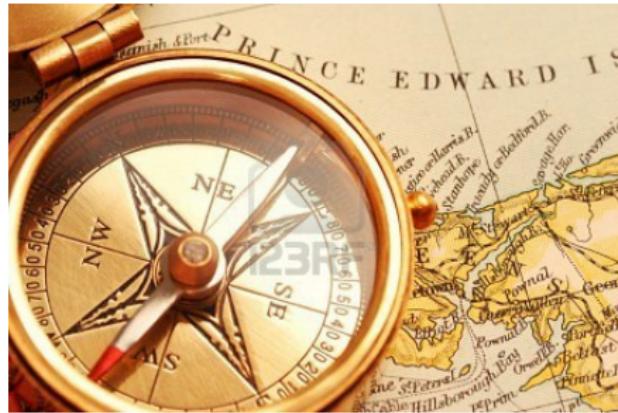


Almanaque Náutico

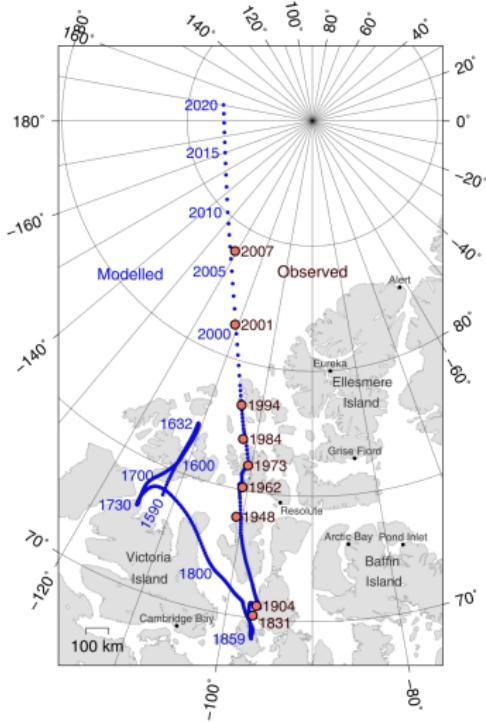
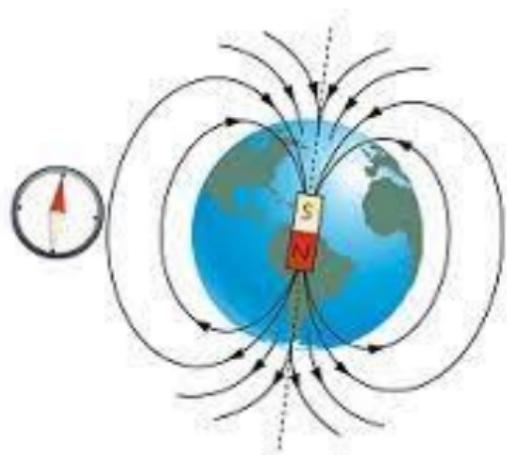
14		ENERO. 1792.						XI	
Distancias del centro de la ☽ al ☽ y Estrellas occidentales de ella.									
gr nº	Nombres de las Estrellas.	4 h 34' 51"	4 h 35' 51"	4 h 36' 51"	4 h 37' 51"	4 h 38' 51"	4 h 39' 51"	4 h 40' 51"	4 h 41' 51"
nº		o / //	o / //	o / //	o / //	o / //	o / //	o / //	o / //
x	El Sol.	95. 5. 2	96. 30. 45	97. 55. 42	99. 20. 23				
2		106. 30. 2	107. 43. 16	109. 6. 17	110. 29. 5				
3		117. 30. 29	118. 43. 17	120. 3. 55	121. 25. 24				
x	Fomalhaut.	48. 33. 0	49. 51. 30	51. 10. 21	52. 29. 35				
2		50. 9. 18	50. 20. 43	51. 30. 17	52. 10. 58				
3		59. 55. 26	71. 16. 26	72. 37. 28	73. 58. 31				
3	α de Pegaso.	64. 50. 53	66. 14. 40	67. 38. 38	69. 8. 25	71. 52. 38			
4		76. 2. 28	77. 30. 35	78. 30. 44	80. 14. 55				
5									
x	α de Aries.	43. 38. 35	45. 3. 3	46. 27. 46	47. 58. 44	48. 40. 10			
6		55. 0. 23	56. 86. 25	57. 52. 36	59. 18. 55				
7									
8	Aldebaran.	32. 50. 13	34. 19. 46	35. 49. 22	37. 19. 9	38. 33. 49			
9		44. 49. 22	46. 19. 43	47. 30. 21	49. 20. 45				
10		50. 55. 28	58. 30. 47	59. 36. 18	61. 29. 47				
x									
11	Pelux.	37. 57. 1	39. 32. 1	40. 45. 50	42. 22. 27				
12		39. 39. 11	40. 58. 16	42. 37. 48	45. 57. 47				
13		51. 33. 14	53. 5. 21	54. 37. 47	56. 10. 33				
x									
14	Regulo.	37. 6. 15	38. 42. 20	39. 28. 45	40. 22. 16	41. 35. 35			
15		40. 1. 34	41. 21. 38	42. 18. 39	43. 15. 38	44. 12. 39			
16		53. 31. 34	56. 2. 8	56. 44. 8	58. 25. 24				
17		60. 59. 49	66. 43. 28	70. 47. 34	72. 32. 59				
x									
18	La Espiga de Virgo.	27. 51. 37	29. 17. 26	31. 3. 39	32. 50. 16				
19		41. 45. 43	43. 37. 24	45. 19. 55	47. 15. 40				
20		56. 2. 18	56. 23. 34	60. 7. 56	61. 59. 9				
21		71. 27. 47	73. 9. 46	75. 1. 56	76. 54. 12				
22									
23									
24									
25	El Sol.	32. 46. 38	40. 21. 34	41. 56. 8	45. 20. 18				
26		51. 15. 15	52. 47. 0	54. 18. 22	55. 49. 20				
27		63. 18. 20	64. 47. 0	66. 15. 17	67. 45. 15				
28		74. 37. 39	76. 23. 34	77. 49. 20	79. 14. 28				
29		86. 16. 45	87. 40. 29	89. 3. 57	90. 57. 10				
30		97. 20. 16	98. 42. 12	100. 4. 18	101. 56. 5				
31									
32	Fomalhaut.	77. 30. 50	78. 52. 45	80. 14. 28	81. 36. 11	82. 40. 47			

UT	SOL			LUNA			SOL			LUNA		
	SOL	PHE	Lat	SOL	Crepúsculo	Salida	SOL	Puesta	Lat	Crepúsculo	Salida	Puesta
	SG: 15h	SG: 15h	SG: 15h	SG: 15h	Posa	Posa	CG: 15h	Hora	R.E.	CG: 15h	Hora	R.E.
h	o	r	o	o	r	o	o	r	o	o	r	o
1	195. 23.8	+18.0	165.5	94.22.6	30.20.2	-24.55.2	45.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
2	208. 23.8	15.7	98.51.9	89.20.9	31.19.6	-22.45.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
3	220. 23.8	13.5	91.51.9	82.20.9	31.19.6	-20.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
4	238. 23.9	14.5	127.50.5	80.19.6	31.19.6	-18.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
5	255. 23.9	+18.0	139.342	29.18.7	20.23.2	-16.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
6	268. 24.0	+18.3	132.356	48.9	10.38.4	-14.55.1	45.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
7	281. 24.0	12.0	185.47.3	88.19.9	31.19.6	-12.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
8	294. 24.0	12.0	120.47.3	83.20.9	31.19.6	-10.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
9	307. 24.1	11.8	64.39.1	75.49.1	18.57.1	-8.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
10	320. 24.1	10.8	10.3	79.49.1	16.57.1	-6.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
11	341. 24.1	+18.0	129.14.8	19.19.1	19.19.1	-4.55.1	54.19.28	20.2	15.44	54.19.28	20.2	15.44
12	358. 24.2	+18.5	243.44.0	61.01	-16.46.6	-2.55.1	46.18.10	18.32.2	15.37	49.18.28	18.32.2	15.37
13	371. 24.2	12.0	200.47.3	55.01	21.11.1	-0.55.1	46.18.10	18.32.2	15.37	49.18.28	18.32.2	15.37
14	384. 24.2	12.0	227.42.2	51.01	53.0	2.55.1	46.18.10	18.32.2	15.37	49.18.28	18.32.2	15.37
15	397. 24.2	12.0	207.11.3	46.9	57.11.1	4.55.1	47.17.7	17.52	15.37	50.18.28	17.52	15.37
16	410. 24.2	12.0	225.25.9	42.9	61.21.1	6.55.1	47.17.7	17.52	15.37	50.18.28	17.52	15.37
17	423. 24.3	+18.0	61.9.5	-16.15.1	46.18.1	-14.55.1	48.17.7	17.36	18.9	51.16.45	17.36	18.9
18	436. 24.4	+18.8	58.330	88.4	-26.41.1	-6.55.1	48.16.55	17.27	18.2	51.11.20	17.27	18.2
19	449. 24.4	12.0	35.39.6	88.9	52.04.1	2.55.1	48.16.55	17.27	18.2	51.10.61	17.27	18.2
20	462. 24.4	12.0	35.39.6	88.9	52.04.1	4.55.1	48.16.55	17.27	18.2	51.10.61	17.27	18.2
21	475. 24.4	12.0	14.58.0	88.11	52.04.1	6.55.1	48.16.55	17.27	18.2	51.10.61	17.27	18.2
22	488. 24.5	12.0	14.58.0	88.11	52.04.1	8.55.1	48.16.55	17.27	18.2	51.10.61	17.27	18.2
23	501. 24.5	12.0	5.39.8	88.16.8	51.41.1	10.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
24	514. 24.5	12.0	5.39.8	88.16.8	51.41.1	12.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
25	527. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	14.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
26	540. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	16.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
27	553. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	18.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
28	566. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	20.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
29	579. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	22.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
30	592. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	24.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
31	605. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	26.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
32	618. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	28.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
33	631. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	30.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
34	644. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	32.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
35	657. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	34.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
36	670. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	36.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
37	683. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	38.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
38	696. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	40.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
39	710. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	42.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
40	723. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	44.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
41	736. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	46.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
42	750. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	48.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
43	763. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	50.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
44	776. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	52.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
45	790. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	54.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
46	803. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	56.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
47	816. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	58.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
48	830. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	60.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
49	843. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	62.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
50	856. 24.5	12.0	31.3.39	88.16.8	51.41.1	64.55.1	48.15.51	17.21	18.2	51.09.46	17.21	18.2
51	87											

Brújula



Magnetismo Terrestre



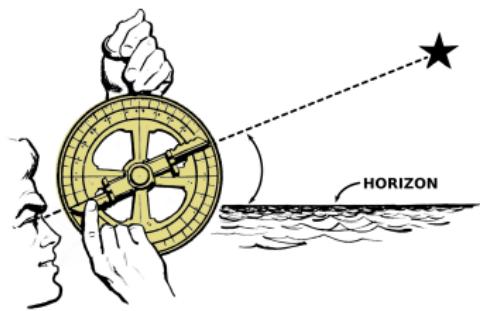
Cuadrante



Ballestilla



Astrolabio



Ampolleta



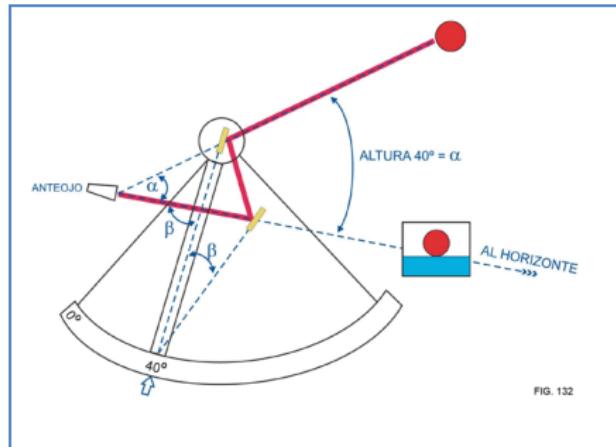
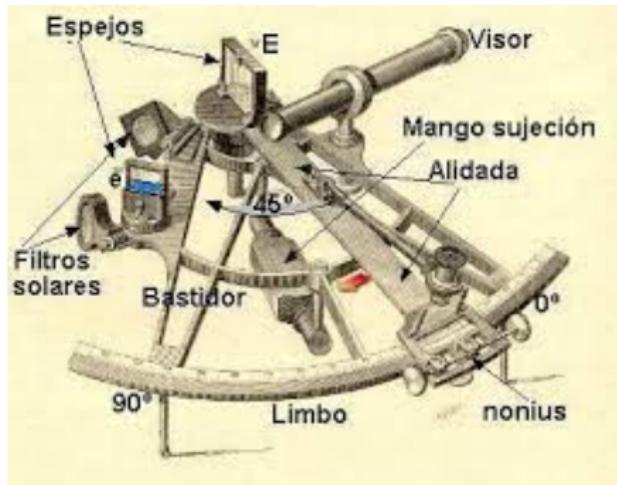
Corredera



Octantes (1731) y Sextantes (1759)



Sextantes



Motín del Bounty: Viaje de regreso de Bligh (28/4/1789-18/6/1789)



Viaje: 4000 nmi.

El problema de la Longitud: Premios

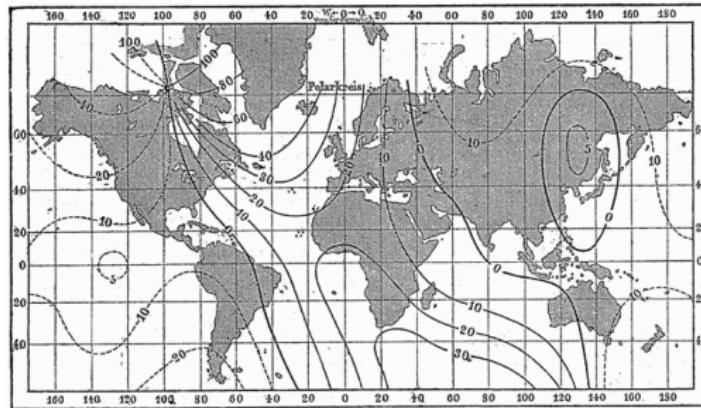
- Felipe II (1567).
- Felipe III (1598) . Pensión vitalicia en ducados ($6000+2000+1000$).
- Holanda (1600).
- Real Academia de Ciencias de Paris.
- Gran Bretaña (The longitude Act (1714))
 - ① 20000 libras esterlinas (varios millones hoy) si el error $< 30'$ (2 min).
 - ② 15000 libras si el error $< 40'$.
 - ③ 10000 libras si el error $< 60'$.

El problema de la Longitud: Soluciones

- Declinación Magnética.
- Eclipses Lunares.
- Satélites de Júpiter (Galileo).
- Distancias Lunares (Maskelyne).
- Relojes de Harrison.

Calculo de la longitud mediante medidas magnéticas (Isogonas)

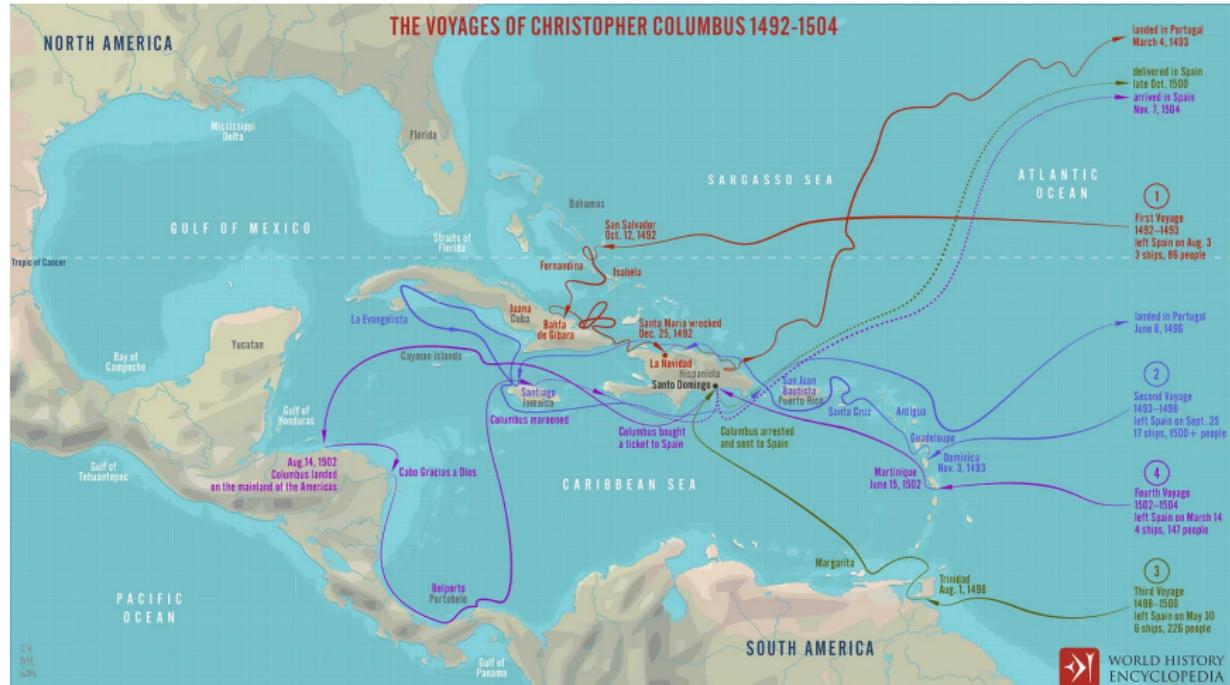
- Martín Cortes (1551) : La variación de la aguja era producida por un polo distinto del geográfico.
- W. Gilbert (1600): *De Magnete*.
- G. Mercator: Uso de la declinación magnética para medir la longitud.
- E. Halley: Primera carta de isogonas.



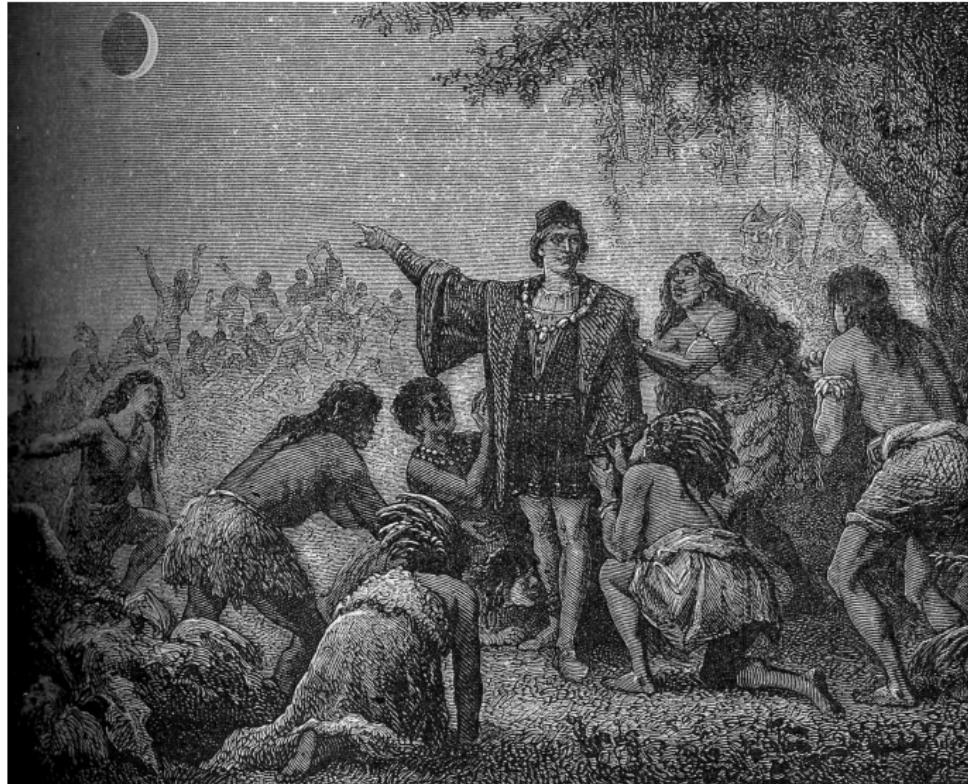
Martín Cortes (1510-1582)



Eclipses Lunares



Eclipses Lunares



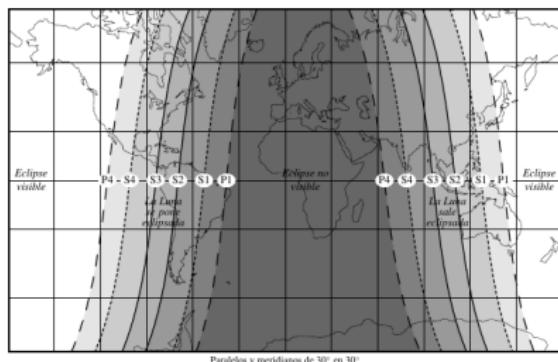
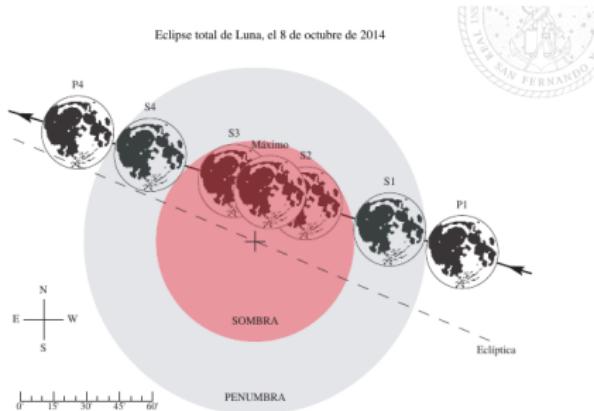
Jamaica: 29 de Febrero 1504.

Análisis del eclipse lunar 29/2/1504

Regiomontano:

<u>D</u> Anno christi domini		<u>1504</u>	<u>Ephemerides</u>
<u>Bissextilis</u>			
<u>A</u> ureus numerus	4	Quadragesima	25 Februarij
<u>C</u> lyclus solaris	1	Pasca	7 Aprilis
<u>L</u> ittere dominicales g f		Rogationes	12 Maij
<u>I</u> nditio	7	Ascensio domini	16 Maij
<u>I</u> nteruallum	7 hebdo. 6 dies	Pentecoste	26 Maij
<u>S</u> eptuagesima	4 Februarij	Aduentus domini	1 Decembris.
<u>Eclipsis lunæ</u>			
	29	13	36
			Februarij
<u>Dimidia duratio</u>			
		1	46

Fases de un eclipse lunar



Análisis del eclipse lunar 29/2/1504

Datos actuales:

- Salida de la Luna en Jamaica: 23:16 UT.
- S2: 00:17:46 UT (1/Marzo/1504).
- Max: 00:41:53 UT.
- S3: 01:05:21 UT.
- Duración: 47.58 min.

Regiomontano:

- Max: 13:36 tiempo solar verdadero de Nuremberg.
- Duración: 1:46.
- Paso del Sol por el Meridiano por Nuremberg: 11:26:39 UT.
- → Max: 01:03 UT.

Errores en las efemérides:

- Error en el Máx.: 20 min. (5° en longitud).
- Error en la Duración: 20 min.

Calidad de las efemérides y las observaciones (1783)

Fecha: 18/3/1783. Predicción y Observación: La Lande (jardines de Luxemburg. Paris). Paso del Sol por el meridiano: 11:58:55 UT

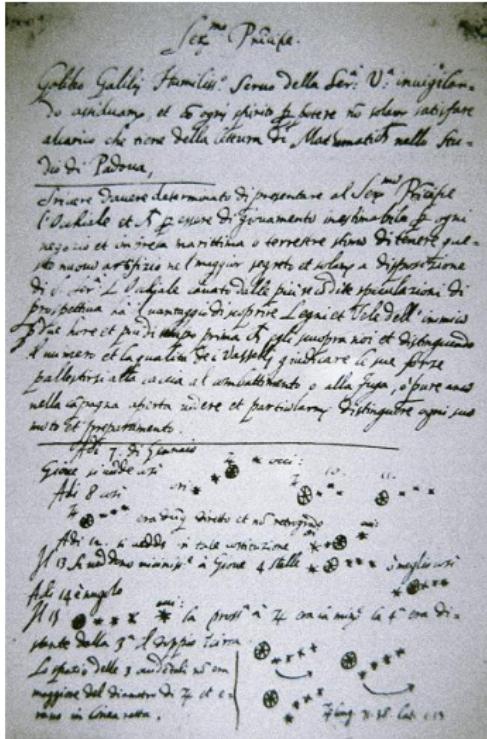
	PHASES OBSERVÉES par moi,	MILIEU des sept OBSERVAT.			PHASES CALCULÉES.	DIFF.
		H.	M.	S.		
Comm. de l'Éclipse.	7° 41° 48	7° 41° 43	7° 40° 8		1° 35°	
Immersion totale...	7° 41° 16	8° 41° 12	8° 40° 11		1° 0°	
Émergence.....	10° 23° 27	10° 23° 21	10° 22° 26		0° 55°	
Fin de l'Éclipse....	11° 23° 22	11° 23° 7	11° 22° 30		0° 37°	

- S2: 20:40:28 UT → 08:41:33 tiempo solar verdadero (TSV) de Paris.
- Max: 21:31:13 UT → 09:32:18 TSV.
- S3: 22:22:00 UT → 10:23:06 TSV.
- S4: 23:21:58 UT → 11:23:03 TSV.

Errores:

- Error en las efemerides: Entre 30 s y 1 m 30 s ($7.5'$ y $22.5'$ en longitud).
Error en la Obs.: ~ 20 s $\rightarrow 5'$.

Galileo y los satélites de Júpiter



Galileo y los satélites de Júpiter



Galileanos: Io, Europa, Ganímedes y Calixto.

Galileo y los satélites de Júpiter: Ejemplo

101

OBSERVATIONS			
DE QUELQUES ECLIPSES			
DES			
SATELLITES DE JUPITER			
Faites en même temps en divers lieux l'An 1703.			
Immersion du premier Satellite dans l'ombre de Jupiter le 28 Août.			
A Paris par une Lunete de 18 pieds à	11 ^h 55' 24"		
A Bologne en Italie par une Lunete de 10 pieds , Par M. Manfredi.	12 31 28		
Difference des Meridiens entre Paris & Bologne.	56 4		
Immersion du premier Satellite le 28. Août.			
A Lyon, Par les R.R.P.P. Taillandier & Combes Jesuites.	12 4 34		
A Bologne.	12 31 28		
Difference des Meridiens entre Lyon & Bologne.	26 34		
A Paris.	12 55 24		
Difference des Meridiens entre Paris & Lyon.	9 30		

Diferencia de longitudes (Paris-Bolonia) en tiempo: $36^{\text{m}}4^{\text{s}}$, que en grados sexagesimales ($360^{\circ} \equiv 24^{\text{h}}$):

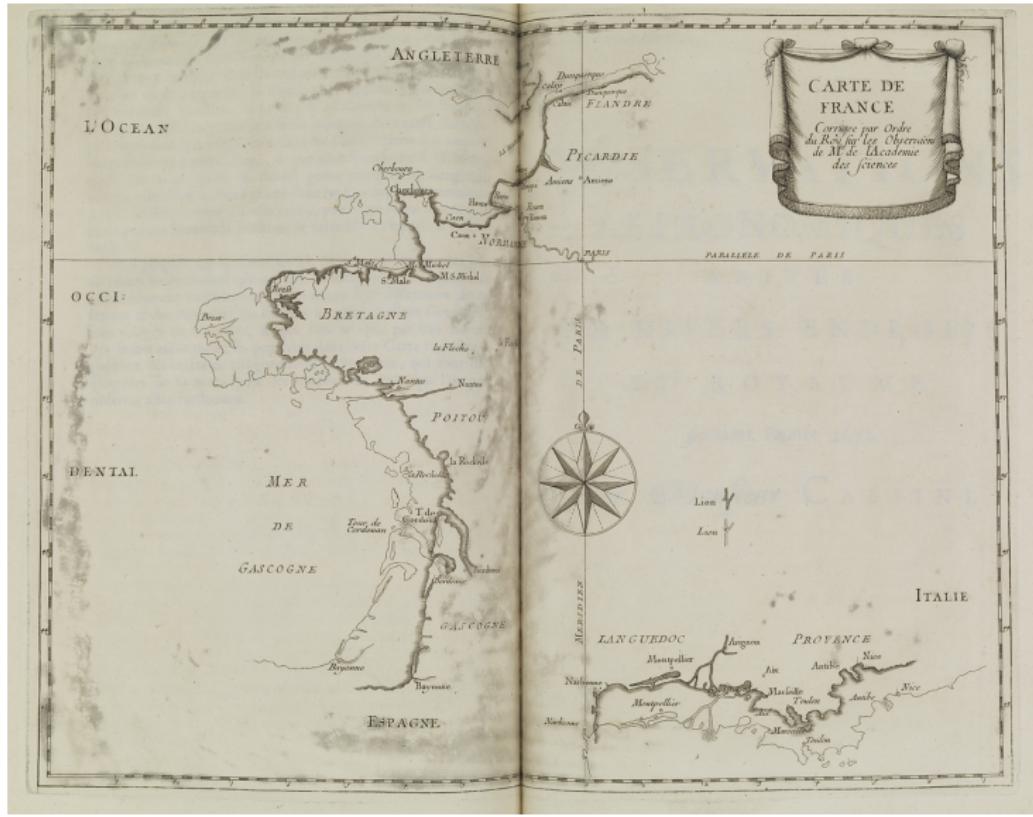
$$\Delta L = 9^{\circ}1'$$

Real: $\Delta L = 9^{\circ}0'$.

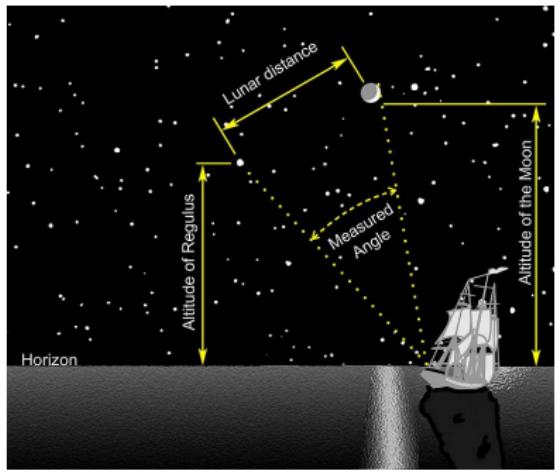
80

TABLE DES IMMERSIONS ET DES EMERSIONS DU PREMIER SATELLITE DE JUPITER, Pour l'Année 1714.					
Janvier.		Fevrier.		Avril.	
Emersions.		Emersions.		Immersions.	
Jou.	He.	Minu.	Jou.	He.	Minu.
1	5	14 So.	7	9	9 So.
3	11	42 M.	9	3	38 So.
5	6	10 M.	11	10	6 M.
7	0	38 M.	13	4	35 M.
8	7	6 So.	14	11	4 So.
10	1	34 So	16	5	33 So.
12	8	2 M.	18	0	2 So.
14	2	30 M.	20	6	31 M.
15	8	59 So.	21	1	0 M.
17	3	27 So	23	7	29 So.
19	9	55 M.			
21	4	24 M.			Mars.
					30 5 15 M.

Galileo y los satélites de Júpiter



Distancias Lunares



Precomputed Lunar Distances

SEPTEMBER 2015

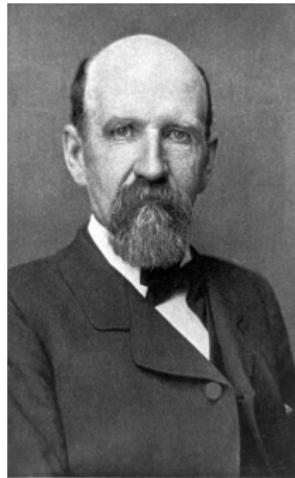
	0	+	PL	0	+	PL	0	+	PL	0	+	PL	0	+	PL
1 UT															
	+Nunki	+Altair	+Fomalhaut	-Venus											
0	87 1.1	2090	71 3.4	2510	43 10.6	2610	40 13.8	3039	124 48.2	1998					
3	88 52.3	2098	72 44.4	2508	44 49.2	2682	41 43.2	2976	122 54.6	2006					
6	90 43.3	2108	74 25.4	2510	46 28.6	2559	43 13.9	2923	121 1.2	2017					
9	92 34.1	2118	76 6.4	2512	48 8.4	2540	44 45.7	2877	119 8.1	2027					
12	94 24.6	2128	77 47.3	2516	49 48.7	2525	46 18.5	2838	117 15.2	2038					
15	96 14.9	2139	79 28.2	2522	51 29.3	2514	47 52.1	2806	115 22.7	2049					
18	98 4.9	2151	81 8.9	2529	53 10.2	2508	49 26.4	2779	113 30.4	2062					
21	99 54.5	2163	82 49.4	2537	54 51.3	2486	51 1.4	2756	111 38.4	2074					
2 UT															
	+Altair	+Enif	+Fomalhaut	-Markab	-Venus										
0	84 29.8	2547	56 32.5	2495	52 36.8	2737	37 6.1	2812	109 46.8	2088					
3	86 9.9	2557	58 13.8	2493	54 12.6	2722	38 40.3	2771	107 55.5	2102					
6	87 49.8	2570	59 55.2	2493	55 48.8	2711	40 15.4	2738	106 4.6	2115					
9	89 29.4	2583	61 36.6	2496	57 25.2	2702	41 51.2	2712	104 14.0	2131					
12	91 8.7	2597	63 17.9	2499	59 1.8	2699	43 27.6	2690	102 23.8	2145					
15	92 47.6	2612	64 59.1	2503	60 38.6	2691	45 4.5	2672	100 34.0	2160					
18	94 26.3	2629	66 40.3	2510	62 15.4	2666	46 41.7	2659	98 44.5	2176					
21	96 4.5	2647	68 21.2	2517	63 52.3	2660	48 19.3	2649	96 55.5	2192					
3 UT															
	+Enif	+Fomalhaut	+Markab	-Venus	-Sun										
0	70 2.1	2525	65 29.2	2691	49 57.1	2642	95 6.8	2208	121 7.0	2542					
3	71 42.7	2535	67 6.0	2695	51 35.0	2638	93 18.4	2224	119 26.7	2559					
6	73 23.1	2548	68 42.8	2700	53 13.1	2636	91 30.7	2241	117 46.9	2575					
9	75 3.3	2558	70 19.5	2706	54 51.2	2636	89 43.3	2260	116 7.4	2592					
12	76 43.2	2568	71 56.0	2713	56 29.3	2837	87 56.3	2275	114 28.3	2609					
15	78 22.8	2580	73 32.4	2721	58 7.4	2640	86 9.7	2292	112 49.6	2626					
18	80 2.2	2593	75 8.5	2730	59 45.4	2644	84 23.6	2310	111 11.3	2642					
21	81 41.3	2607	76 44.5	2741	61 23.3	2650	82 37.8	2327	109 33.4	2660					
4 UT															
	+Fomalhaut	+Markab	-Pollux	-Venus	-Sun										
0	78 20.3	2752	63 1.0	2657	61 6.5	2482	80 52.5	2344	107 55.8	2677					
3	79 55.8	2765	64 38.7	2665	59 24.8	2502	79 7.6	2362	106 18.7	2694					
6	81 31.0	2777	66 16.1	2673	57 43.7	2523	77 23.1	2379	104 41.9	2712					
9	83 5.9	2790	67 53.3	2683	56 3.0	2544	75 39.1	2397	103 5.5	2729					
12	84 40.6	2802	69 30.4	2693	54 22.8	2566	73 55.4	2415	101 29.5	2746					
15	86 15.0	2819	71 7.2	2704	52 43.1	2588	72 12.2	2432	99 53.8	2763					
18	87 49.0	2834	72 43.8	2715	51 4.0	2612	70 29.4	2450	98 18.6	2781					
21	89 22.7	2850	74 20.1	2727	49 25.3	2636	68 47.0	2468	96 43.7	2798					
5 UT															
	+Menkar	-Pollux	-Procyon	-Venus	-Sun										
0	23 27.7	2827	47 47.2	2660	49 22.9	2642	67 5.1	2485	95 9.2	2815					
3	25 1.6	2803	46 9.7	2686	47 45.0	2667	65 23.5	2503	93 35.1	2832					
6	26 36.0	2785	44 32.7	2713	46 7.6	2691	63 42.3	2519	92 1.3	2848					
9	28 10.8	2774	42 56.4	2741	44 30.7	2718	62 1.8	2537	90 27.9	2866					
12	29 45.8	2766	41 20.6	2770	42 54.5	2745	60 21.2	2553	88 54.9	2882					
15	31 21.0	2763	39 45.5	2801	41 18.8	2773	58 41.3	2570	87 22.2	2898					
18	32 56.3	2761	38 11.1	2804	39 43.7	2802	57 1.7	2587	85 49.8	2914					
21	34 31.6	2761	36 37.3	2809	38 9.3	2809	55 22.5	2604	84 17.8	2930					

2014 Steven Webster s.a.wesster@gmail.com

Distancias Lunares: Mazarredo y Lángara

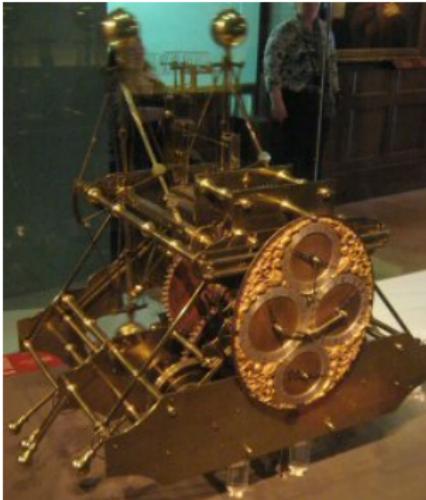
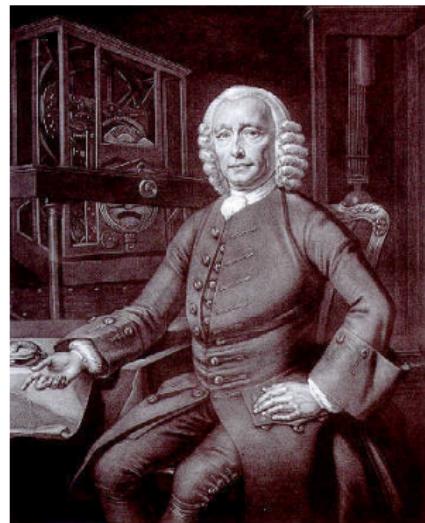
(*) En los diarios de los Oficiales de la fragata Venus en su viaje á Manila en 1772, consta que su Comandante D. Juan de Lángara y D. Joseph de Mazarredo la noche del 13 de Febrero, acabado de conocer el estado de un reloj de segundos, tomando el primero la altura aparente de la Luna, y midiendo el segundo su distancia á Aldbaran, fixada la hora verdadera de la situación observada en los astros, procedieron con estos datos á la serie de operaciones necesarias hasta concluir la Longitud de la Luna en aquel momento, que comparada á las del Conocimiento de Tiempos de París al medio dia y media noche, y corregida por segundas diferencias la desigualdad de su movimiento, dió la hora verdadera de París en el instante de la observación, y por consecuencia la diferencia de meridianos y Longitud en que se hallaba la fragata. Se estaba en Latitud S. $12^{\circ} 18'$. Resultó diferencia de $20^{\circ} 35'$ al Este de la estima. No contentos con la proporcional dicha, aunque corregida por segundas diferencias, calcularon directamente la Longitud de la Luna para las 11 de la noche de París, con la qual y la de las Tablas á las 12, como tan inmediatas entre sí, concluyeron la hora, que resultó igual á la de la comparacion con la Longitud de medio dia, y produjo la satisfaccion de poderse escusar este mayor trabajo en lo sucesivo. El 10 de Marzo en Latitud $32^{\circ} 28'$ repitieron la observación por distancia al Sol, y hallaron $4^{\circ} 15'$ de diferencia al Oeste de la estima. Se recató al Cabo de Buena Esperanza el 28 del mismo mes, y se reconoció la diferencia de $3^{\circ} 35'$ al Oeste de la estima. Fondeando la fragata en Bahía de Tabla, se adquirieron en un navio de la Compañía Inglesa los Almanaques Náuticos de aquél año y el siguiente: con el qual auxilio fueron continuas las observaciones de Longitud en la fragata en el resto de su navegación á Manila y tornavallejo á España. Época en nuestra Marina de la afición á tareas tan esenciales con una emulacion tal, que es sin número el de los Oficiales que las practican, y está prescrito como punto de precisa enseñanza & instrucción para los Guardias Marinas: sin poderse disputar á los primeros el mérito de la aplicación de la Astronomía en la mar sin aquellos auxilios que empezaba á facilitar la Inglaterra por indispensables.

Distancias Lunares: Joshua Slocum (1844-1909)



Circunnavegación: 3 años y más de 46000 nmi.

Solución del problema: Los relojes de Harrison

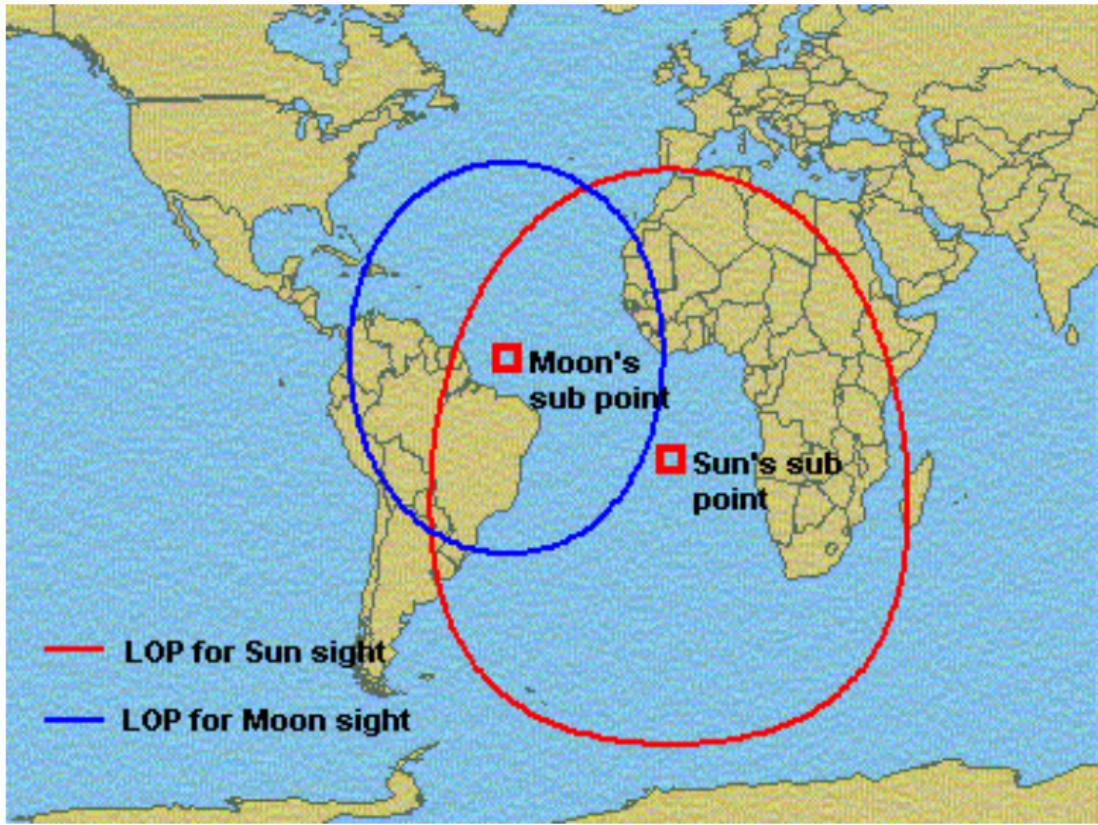


H-4. Se atrasó 5 s después de 81 días en alta mar.

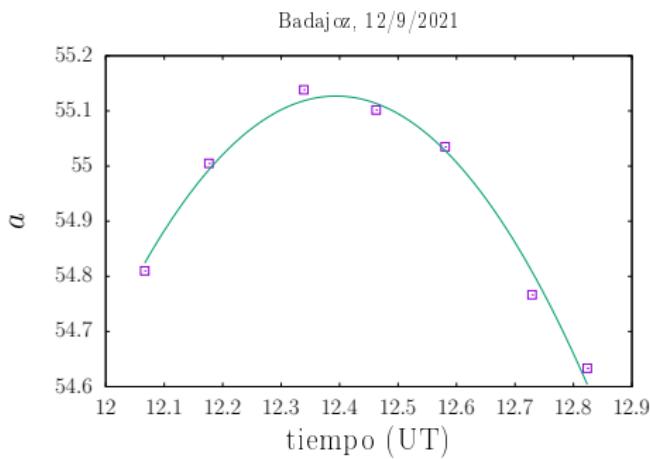
Cronómetros Marinos: 2º Viaje del HMS Beagle (1831-1836)



Las rectas de altura: Método de St. Hillaire



Análisis Casero



Análisis del máximo:

- $\Delta L = -7'$.
- $\Delta l = -1'$.

Igualdad de alturas:

- $\Delta L = -3'$.

Método de St. Hillaire:

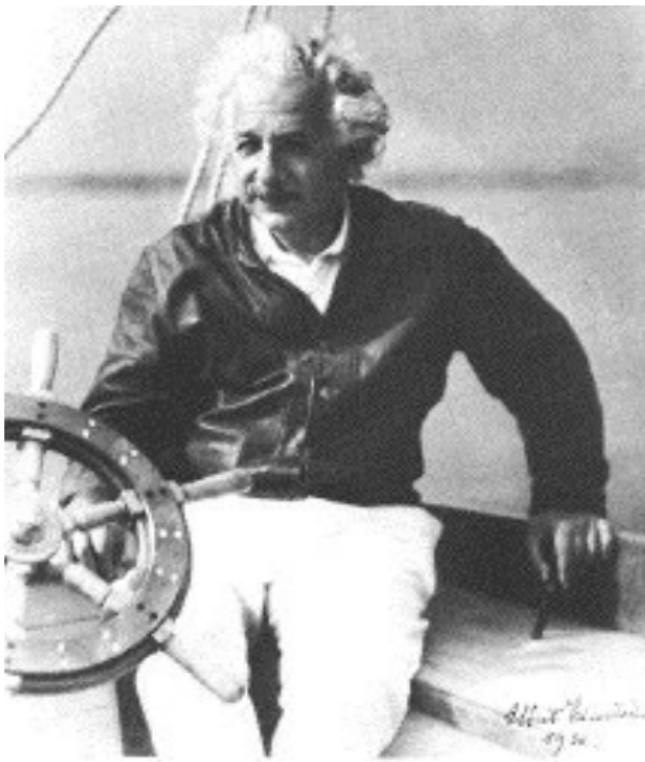
- $\Delta L = -2.4'$.
- $\Delta l = -0.9'$.

Exploración Polo Sur: R. Amundsen



TAKING AN OBSERVATION AT THE POLE.

GPS (presente)



GPS

- Constelación formada por 24 satélites.
- Orbitan en 6 planos orbitales diferentes.
- 12 horas (sidéreas) de periodo.
- $h \simeq 20000$ km.
- $i \simeq 55^\circ$.
- $v \simeq 14000$ km/h.
- $\delta_c \simeq -8.4 \times 10^{-11}$. En 1 día:
-7.3 μs .
- $\delta_G \simeq 5.7 \times 10^{-10}$. En 1 día:
+49.4 μs .
- $\delta_T \simeq 4.9 \times 10^{-10}$. En 1 día:
+42.1 μs .



Posibles proyectos

- ① Sobre la medición del tamaño de la Tierra (Eratóstenes). Proyecto INNOVATED (IES EL Pomar):
<https://ieselpomar.educarex.es/index.php/154-uncategorised/491-proyecto-eratostenes-rememorando-la-primera-vez-que-se-midieron-las-dimensiones-de-la-tierra>
- ② IGN, REDNAP: <https://www.ign.es/web/gds-redes-nivelacion>

IGN REDNAP

Situación Geográfica:

Número: 619001
Nombre: SS.Corte Inglés
Línea o Ramal: 619. Badajoz - Fregenal

Municipio: Badajoz
Provincia: Badajoz
Hoja MTN50: 775
Señal: Secundaria En posición: Vertical
Señalizada: 18 de mayo de 2006
Nivelada:

Datos Geodésicos:

Altitud ortométrica: 179,6975 m.
Geopotencial: 176,1118 u.g.p.
Gravedad en superficie: 980038,34 mgals. Observada
Cálculo: 01 de mayo de 2008

Coordenadas Geográficas ETRS89:

Longitud: - 6° 58' 31,3222"
Latitud: 38° 52' 23,0881"
Altitud elipsoidal: 234,250 m.
Precisión: ± 0,05 m.

Reseña:

En el casco urbano de Badajoz, en la Plaza de los Conquistadores. En dicha Plaza, está la fachada principal del Corte Inglés y en ella existe una gran isleta triangular. La señal se encuentra en el vértice sur de dicha isleta, hacia la Avenida de Villanueva, en el centro del tramo curvo y sobre el bordillo, según croquis. Dista unos 800 metros del nodo (Ayuntamiento y Plaza de España) nivelando hacia el suroeste.

Enlaces:

Anterior: 147 - NAP.073* (Badajoz)
Posterior: 619002 - SSK.1'1
Agrupada con:



Bibliografía y web

- L. Mederos. Navegación Astronómica. 5^a edición. Tutor. 2016.
- D. Sobel. Longitud. Anagrama. 2006.
- D. Barrie. Sextant: A Voyage Guided by the Stars and the Men Who Mapped the World's Oceans. William Collins. 2015.
- <http://www.rodamedia.com>
- USNO: <http://aa.usno.navy.mil/data/docs/celnavtable.php>
- Página eclipses:
http://xjubier.free.fr/en/site_pages/SolarEclipsesGoogleMaps.html

Créditos figuras: L. Mederos ([rodamedia.com](http://www.rodamedia.com)) [10], Universidad de Murcia [6], Académie de Sciences [40,43], Universidad de Valladolid [18,37], Biblioteca Virtual Cervantes [34], Real Observatorio e Instituto de la Armada [19,20,45,46]. Resto de las figuras [wikipedia.com](https://en.wikipedia.com)