

**ANNEX PRIMER**  
**BREU DESENVOLUPAMENT DE LA**  
**TEORIA GEOCÈNTRICA**

## CAPÍTOL XII

### Introducció a la teoria geocèntrica

Pep Bermejo

#### 12.1 LA TEORIA GEOCÈNTRICA

Per a millor entendre, pels no iniciats en astronomia de posició, o per a refrescar coneixements, he desenvolupat, aquest annex, que facilitarà la comprensió d'alguns dels temes exposats.

La primera part estarà dedicada a l'astronomia conceptual i la segona als sistemes de coordenades.

Vull remarcar que la teoria Geocèntrica, continua utilitzant-se com a base, de l'astronomia de posició.

#### 12.2 ESFERA CELEST

De les diverses teories o sistemes que l'home, a través del temps, ha utilitzat per explicar-se el moviment dels astres o mecànica celest, la teoria geocèntrica és la que nosaltres utilitzarem en els sistemes de posicionament astronòmic, prou que sabem que aquest plantejament és fals, però, per a el que nosaltres necessitem, és d'una exactitud total.

La teoria geocèntrica determina que la Terra és el centre de l'univers, que està immòbil i que a més tots els astres es troben a la mateixa distància del centre de la Terra al que anomenarem Centre del mon.

La teoria determina que existeixen dues esferes, la de la Terra i la Celest, ambdues concèntriques, que tots els astres estan a aquesta esfera, que tots estan per tant a igual distància, malgrat que no tots tenen la mateixa velocitat, el Sol navega per la esfera Celest a una velocitat de 900', els planetes van a igual velocitat, les estrelles una mica més ràpides a 902' i la Lluna varia de velocitat a cada dia i pràcticament a cada hora, con una velocitat mitjana aproximada de 872'. El que és també molt important és que tots els astres naveguen al voltant de l'eix prolongat que passant pel centre del mon talla als pols nord i sud de la Terra i que al tallar l'esfera celest determina els dos pols, el pol nord celest i el pol sud celest.

#### **Línies principals que es consideren a l'esfera celest**

Per arribar a fer els càlculs corresponents tenim que barrejar dos sistemes de coordenades, les coordenades horàries, que son la projecció a l'esfera Celest de pols, meridians i paral·lels de la Terra, sistema per tant objectiu i el sistema

de coordenades azimuthals en el que la referència és el cercle d'horitzó i l'observador el centre d'aquest cercle, sistema subjectiu, depèn per tant de la posició de l'observador, la perpendicular a aquest cercle en el punt de l'observador, talla a l'esfera Celest en dos punts que seran el Zenit i el Nadir, el primer serà el pròxim i el segon, el nadir el més llunya.

Com veieu ens enfrontem a dos sistemes de coordenades, un objectiu, el sistema horari, que no depèn de la posició del observador i l'altre subjectiu, en que l'observador és precisament el centre de coordenades.

## 12.3 COORDENADES HORÀRIES

Aquestes coordenades corresponen a la projecció sobre la esfera Celest de les coordenades de la Terra.

Les mateixes línies que a la Terra, meridians, paral·lels, pols que ara rebran l'adjectiu de celest.

### **Eix del mon o línia dels pols**

Línia que passa, pel pol nord i el pol sud de la Terra i el centre del mon i talla a l'esfera Celest en dos punts el pol nord celest i el pol sud celest.

### **Equador celest**

Pla perpendicular a l'eix del mon que passa pel centre del mon.

### **Meridià celest. Meridià superior i inferior**

Cercle màxim de l'esfera celest que passa pels pols nord i sud celest.

A semblança del que passa a la Terra, tindrem semicercle o meridià superior, i semicercle i meridià inferior, considerant al superior al que treballem i inferior al que és troba a  $180^\circ$ .

### **Meridià del lloc**

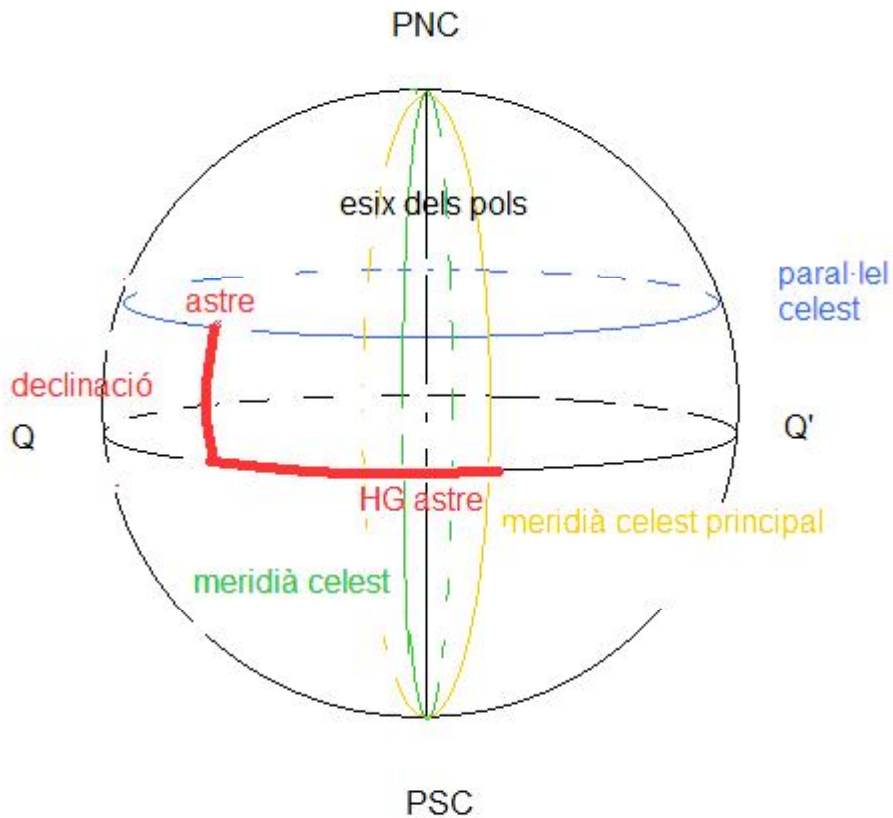
Meridià en el que treballem o en el que es troba l'observador, per això rep també el nom de meridià de l'observador.

### **Meridià zero o primer meridià**

Meridià que és projecció del meridià de Greenwich, rep també el nom de meridià celest principal.

### **Paral·lels**

Cercles menors, paral·lels a l'equador i necessàriament perpendiculars a l'eix del mon.



*Segons opino, serà millor no situar el zenit a la part superior, com es fa en molts llibres d'aquesta matèria, per evitar confusions quan dibuixem els dos sistemes sobreposats. Així doncs el nord estarà a dalt i el zenit en el lloc que l'hi correspongui en funció de la latitud de l'observador.*

## 12.4 COORDENADES AZIMUTALS

Aquestes coordenades corresponen a la consideració de que l'observador és el centre d'un cercle màxim que és l'horitzó i que la perpendicular a aquest cercle i precisament en el seu centre, talla a l'esfera celest en dos punts, Zenit i Nadir.

### **Línia vertical o línia Zenit - Nadir**

Línia que passa pel centre del món, per l'observador i que talla a l'esfera celest en dos punts, Zenit i Nadir.

### **Horitzó racional o vertader**

Anomenem horitzó racional o vertader, al cercle màxim, d'esfera celest, que és perpendicular a la línia vertical i passa pel centre del món.

A vegades també s'anomena horitzó geocèntric, al passar pel centre de la Terra que a la vegada és el centre del món.

L'horitzó racional divideix l'esfera en dues semiesferes anomenades hemisferis, el visible, que està entre l'horitzó i el zenit i l'ocult o invisible, entre l'horitzó i el nadir.

### **Diferents classes d'horitzó**

Al marge de l'horitzó racional o vertader, podem considerar almenys dues classes més d'horitzó.

L'horitzó aparent o sensible, es el cercle menor de l'esfera celest, paral·lel al horitzó vertader, perpendicular a la línia vertical i que passa per l'observador.

L'horitzó del mar o horitzó visible, que es el cercle menor de la terra, perpendicular a la línia zenit, nadir, i que depèn de l'altura de l'observador sobre el nivell del mar.

L'horitzó del mar és visible fins a una distància que anomenem radi horitzó, per calcular el rH, entrarem amb l'elevació de l'observador sobre el nivell del mar expressada en metres i mitjançant aquesta fórmula obtindrem el valor en milles al introduir la constant de conversió.

$$rH = 2.0778 \sqrt{\text{elevació del observador}} = \text{distància en milles}$$

### **Semicercle vertical**

Cada una de les dues meitats, del cercle màxim de l'esfera celest que passa pels punts zenit i nadir i és perpendicular a l'horitzó vertader.

El semicercle vertical s'anomena també simplement vertical.

El vertical en el que es troba l'astre, en diem vertical de l'astre o vertical superior i l'altre meitat vertical inferior.

### **Almucantarats**

Cercles menors de l'esfera celest, perpendiculars a la línia zenit, nadir i paral·lels a l'horitzó vertader.

l'almucantarats en el que es troba l'astre, s'anomena, almucantarats de l'astre.

### **Pol elevat**

El pol més pròxim al zenit s'anomena pol elevat.

El pol elevat es troba a l'hemisferi visible

### Pol deprés

El pol més pròxim al nadir s'anomena pol deprés.

El pol deprés és troba a l'hemisferi invisible

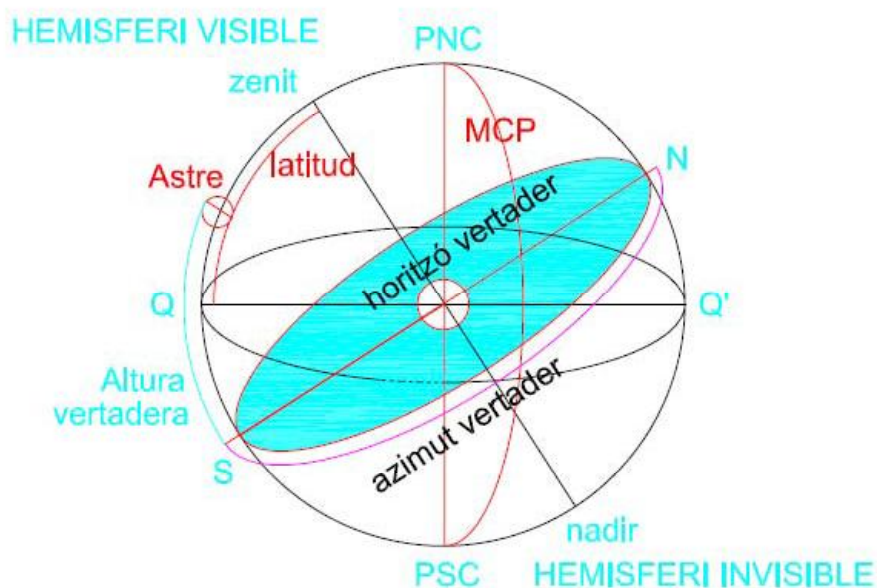
### Línies vertaderes N - S i E - W o punts cardinals de l'horitzó

Si projectem el corresponent meridià celest que passa pel zenit de l'observador obtindrem la línia nord, sud, sobre l'horitzó vertader.

Òbviament la perpendicular a aquesta línia serà la línia vertadera est, oest.

### Vertical primari

El vertical que passa pel zenit de l'observador i el punt cardinal est de l'horitzó vertader, serà el vertical primari.



### COORDENADES AZIMUTALS EN EL MOMENT DE LA MERIDIANA

*Segons opino, serà millor no situar el zenit a la part superior, com es fa en molts llibres d'aquesta matèria, per evitar confusions quan dibuixem els dos sistemes sobreposats. Així doncs el nord estarà a dalt i el zenit en el lloc que l'hi correspongui en funció de la latitud de l'observador.*

## CAPÍTOL XIII

### Els sistemes de coordenades

Pep Bermejo

#### 13.1 COORDENADES CELESTES DELS ASTRES

Si he dedicat el capítol anterior a establir els diferents criteris que determinen dos dels sistemes de coordenades, ara definirem cada una d'aquestes coordenades i després introduïrem un nou sistema, les coordenades uranogràfiques, la utilitat de la qual ja analitzarem en el seu moment.

#### 13.2 COORDENADES HORÀRIES

Aquestes coordenades són la projecció de les línies principals de la Terra sobre la esfera celest, així doncs estaran projectats pols, equador, meridians i paral·lels.

##### Declinació

Arc de meridià celest comprès entre l'equador i el paral·lel celeste de l'astre.

Quan l'astre està entre l'equador i el pol nord celest, te valor positiu.

Quan l'astre està entre l'equador i el pol sud celest, te valor negatiu, la declinació per tant te valors de  $00^\circ$  a  $90^\circ$ .

La declinació obtinguda per la consulta del Almanac nàutic, serà una declinació vertadera,  $\delta_v$ .

Quan obtenim el seu valor per un procés de càlcul com en el cas de utilitzar la fórmula de la Cos.. de la declinació, obtindrem la declinació natural o calculada,  $\delta_n$ .

##### Horari

Diem hora Greenwich d'un astre  $HG^*$  al referir-nos a l'arc d'equador celest, compres entre el meridià celest de l'astre i el meridià celest principal, considerant aquest angle a partir del MCG i en sentit horari, per tant pot tenir valors entre  $000^\circ$  i  $360^\circ$ .

Parlarem d'hora local d'un astre  $HL^*$  al referir-nos a l'arc d'equador celest, compres entre el meridià celest de l'astre i el meridià celest de l'observador, considerant aquest angle a partir del MCL i en sentit horari, per tant pot tenir valors entre  $000^\circ$  i  $360^\circ$ .

D'això podem deduir la relació existent entre un i un altre sistema horari.

$HL^* = HG^* + L$  si la longitud de l'observador és E.

$HL^* = HG^* - L$  si la longitud de l'observador és W.

És freqüent abreviar,  $HL^*$  simplement per h.

### Angle en el pol

Serà angle en pol PE o PW, l'arc d'equador celest, comprès entre el meridià celest de l'astre i el meridià celest de l'observador, considerant aquest angle a partir del MCL i en sentit més curt, per tant pot tenir valors entre  $000^\circ$  i  $180^\circ$  i ser E o W, segons que el camí sigui cap a l'E o cap a l'W.

D'això podem deduir la relació existent entre l'angle en pol i l' $HL^*$  guarden la següent relació.

$$\begin{aligned} h < 180^\circ & \quad PW = h \\ h > 180^\circ & \quad PE = 360 - h \end{aligned}$$

### Distància polar o codeclinació

L'arc de meridià celest comprès entre el paral·lel de l'astre i el pol immediat serà la distància polar o codeclinació  $c\delta$ , per tant serà el complement de la declinació.

$$c\delta = 90 - \delta \quad \text{independentment del signe que tingui la } \delta.$$

### Diferència ascensional.

Arc d'equador celest comprès entre els punts cardinals E o W fins al meridià celest de l'astre, com en el cas de l'amplitud és un concepte que actualment no s'utilitza pràcticament.

Quan la diferència ascensional està referida a ortus i ocàs entre E i N o S s'anomena ortiva i quan la referència és entre W i N o S a les hores és occiva, no cal dir que sempre seran valors quadrants.

## 13.3 COORDENADES HORIZONTALS

Es tracta de les coordenades subjectives que tenen com a centre precisament a l'observador.



## **Altura**

És l'arc de vertical de l'astre comprès entre l'horitzó vertader i l'almucantar de l'astre, l'altura així serà l'altura vertadera.

Segons la fase de treball, considerarem a l'altura com mesurada o instrumental a la que obtenim de mesurar amb el sextant,  $A_m$  o  $A_i$ .

Quan hem aplicat les correccions en funció de l'aparell i l'altura de l'observador tindrem l'altura observada,  $A_o$ .

Aplicant-l'hi les correccions de semidiàmetre, refracció paral·latge i addicional obtindrem l'altura vertadera,  $A_v$ .

Si obtenim un valor d'altura mitjançant un procés de càlcul, partint de dades suposades, com en el cas de la Tangent Marq a les hores tindrem l'altura calculada o altura natural,  $A_n$  o simplement  $a$ .

## **Azimut, Diferents formes de contar l'azimut**

Arc d'horitzó comprès entre el punt cardinal nord i el vertical de l'astre, si fem el sistema circular que serà sempre el que hem de fer servir, amb valors de 000 a 360 en sentit horari, és conegut com a azimut nàutic.

En el cas de l'azimut quadrantal, tindrem les opcions de la corresponent nomenclatura i per tant tindrem valors entre nord i est o oest i sud i est i oest, aquests valors mai seran de més de  $90^\circ$ .

L'astronòmic es pren des de el pol contrari, N o S i els seus valors son iguals o inferiors a  $180^\circ$ , es per tant el valor suplementari de l'azimut quadrantal.

Quan obtenim l'azimut amb el compàs de demores azimutal i apliquem la corresponent correcció total tindrem l'azimut vertader,  $Z_v$ .

Quan obtenim el seu valor per un procés de càlcul com en el cas de les taules ràpides o utilitzant la fórmula de la Ctg. de l'azimut, obtindrem l'azimut natural o calculat,  $Z_n$ .

## **Distancia zenital**

Anomenem distància zenital,  $dZ_n$ , al arc de vertical comprès entre el zenit i l'astre i serà el complementari de l' $A_v$ .

## **Amplitud**

L'amplitud, que actualment no s'utilitza en càlculs nàutics, es el valor complementari per a azimuts quadrantals entre els punts cardinals E i W i el vertical de l'astre i.

Quan l'amplitud està referida a ortus i ocàs entre E i N o S s'anomena ortiva i quan la referència és entre W i N o S a les hores és occiva, no cal dir que sempre seran valors quadrantals.

## 13.4 MOVIMENT PROPI D'ALGUNS ASTRES

A Newton, Kepler i Titius Bode es deuen la quantificació dels moviments dels planetes del sistema solar, basat en la llei de la gravitació universal de Newton, fins a determinar, en el cas de Bode, el radi de les òrbites planetàries.

Kepler al 1610 va determinar a les seves lleis la relació existent entre el centre, el Sol i els planetes i entre aquests i els seus satèl·lits.

La primera llei determina la forma el·líptica de les òrbites i la posició del Sol en un dels seus focus.

La segona determina que les distàncies entre planetes i Sol són directament proporcionals al temps emprat en els recorreguts.

La tercera determina la relació al quadrat del temps de revolució dels planetes són proporció cúbica de la distància mitjana al Sol, radi orbital.

La llei de la gravitació universal de Newton 1665, determina la relació d'atracció entre les masses.

Dos cossos materials de masses  $m$  i  $m'$  s'atrauen entre ells amb una força  $F$  directament proporcional al producte de les masses i inversament proporcional al quadrat de la seva distància  $d$  que els separa.

$$F = G \frac{m \cdot m'}{d^2}$$

$G$  es la constant de la gravitació universal, estudiada per Cavendish i més tard per Boys.

$A$ ,  $G$ , actualment se l'hi assigna el valor de  $6.670 \cdot 10^{11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$

## 13.5 TITIUS BÖDE

Va determinar abans de que fossin coneguts una sèrie de planetes dels que no es tenia coneixement i que va anomenar  $X$  amb els subíndex corresponent.

El resultat de les seves investigacions el va portar a determinar un llistat de planetes que giraven al voltant del Sol.

Relació de Böde 1772	Relació actual	Símbol
Mercuri	Mercuri	
Venus	Venus	
Terra	Terra	
Mart	Mart	
X 1	Asteroides	
Júpiter	Júpiter	
Saturn	Saturn	
Urà	Urà	
X 2	Neptú	
X 3	Plutó	
X 4	X (en record de Böde)	

*L'X1 correspon a un planeta desintegrat probablement , del que una sèrie de cossos naveguen pròxims a una òrbita constant.*

La sistemàtica de treball per a determinar el valor dels radis expressats en valors referits a la velocitat de la llum es el següent.

Planetes interiors			Planetes exteriors							
M	V	T	M	A	J	S	U	N	P	X
000	003	006	012	024	048	096	192	384	768	1536 (*)
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4 (**)
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
004	007	010	016	028	052	100	196	388	772	1540
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10 (***)
=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
0.4	0.7	1	1.6	2.8	5.2	10	19.6	38.8	77.2	154

(\*) Cada una d'aquestes xifres, fora de Mercuri i a partir de Venus és el doble de l'anterior.

(\*\*) Sumant quatre.

(\*\*\*) Dividint per deu.

Utilitzant com a unitat el radi de l'òrbita de la Terra, donant-li el valor de 8 minuts i 24 segons a la velocitat de la llum, 0008/24 V de la L..

Podem determinar amb molt notable precisió el radi de l'òrbita de qualsevol planeta del nostre sistema solar.

Si volguéssim conèixer el radi de l'òrbita de Neptú tindríem que:

Radi de l'òrbita de Neptú = 0008/24 V/L · 38.8

## 13.6 KEPLER

Basant-nos en les lleis de Kepler podem dir que existeixen dues posicions relatives de la Terra respecte del Sol, en el diàmetre major de l'el·lipse, anomenat diàmetre superior o línia d'apsides, la distància inferior, entre el Sol i la Terra, anomenades la posició més pròxima, perihelis i la més llunyana afelis.

Els satèl·lits acompanyen als planetes en la seva òrbita al voltant del Sol, descrivint també una òrbita al voltant del planeta corresponent, d'acord amb els enunciats de Kepler les seves òrbites es regeixen pels mateixos principis.

### Les estrelles

Les estrelles, astres incandescents molt lluny del nostre sistema solar i probablement, sols, d'altres sistemes.

Entre les estrelles visibles dels dos hemisferis, nord i sud de cara a l'astronomia nàutica de posició, fem escassament unes 90 estrelles de diferents magnituds, quasi totes són de primera i en alguns casos de 2<sup>a</sup>, aquestes estrelles es troben catalogades a l'almanac nàutic, per una banda el catàleg reduït, una cartolina que conté 35 estrelles i després el catàleg general que amplia a 50 la relació anterior, de totes les estrelles coneixerem als catàlegs la declinació,  $\delta$  i l'angle sideri AS.

Alguns cometes, formen part del nostre sistema solar i la seva trajectòria, sotmesa igualment a les lleis de Kepler, es pot determinar amb gran precisió.

### Estudi del moviment aparent del Sol

Si considerem la Terra com a centre i la trajectòria del sol a l'òrbita el·líptica ens trobarem que, basant-nos en les lleis de Kepler podem dir que existeixen dues posicions relatives de la Terra respecte del Sol, en el diàmetre major de l'el·lipse, anomenat diàmetre superior o línia d'apsides, anomenades la distància inferior, entre el Sol i la Terra, la posició més pròxima, perigeu i la més llunyana apogeu.

Es el mateix que hem vist respecte del sol central però ara considerant la Terra en el centre i determinant a la vegada el moviment no real si no aparent, o sigui el que percebem directament.

## 13.7 ECLÍPTICA. ZODÍAC

Si projectem l'el·lipse del moviment aparent del sol amb una inclinació de  $23^{\circ} 27'$  sobre un pla de referència, obtindrem una circumferència.

La projecció a l'esfera celest correspon a la circulació anyal del Sol al voltant de la Terra i l'anomenem eclíptica.

La eclíptica serà el cercle màxim de l'esfera celest que amb una inclinació de  $23^{\circ} 27'$ , inclinació obliqua, respecte del pla equatorial celest, determina els dos punts de tall, que corresponen als equinoccis, els punts Balança i Àries i per tant determina el diàmetre equinoccial, la perpendicular a aquest diàmetre serà el diàmetre solsticial i els punts de tall amb l'esfera celest seran, Cranc i Capricorn.

Aquest quatre punts corresponen al començament de les quatre estacions, Cranc, l'estiu, el 21 de juny, Balança la tardor, el 21 de setembre. Capricorn l'hivern, el 21 de desembre. Àries la primavera, el 21 de març.

El zodíac es la divisió en dotze parts de l'eclíptica per tant cada un dels quatre espais entre equinocci i solstici o solstici i equinocci, estarà dividit en tres parts, cada una d'aquestes parts correspon a  $30^{\circ}$  de circumferència, corresponent cada  $30^{\circ}$  a un més solar.

La ordenació tradicional mediterrània serà la següent:

Signe	Data	declinació $\delta$ Sol
Cranc	2106XX al 2107XX	+ $23^{\circ} 27'$
Lleó	2107XX al 2108XX	
Verge	2108XX al 2109XX	
Balança	2109XX al 2110XX	$00^{\circ} 00'$
Escorpí	2110XX al 2111XX	
Sagitari	2111XX al 2112XX	
Capricorn	2112XX al 2101XX	- $23^{\circ} 27'$
Aquari	2101XX al 2102XX	
Peixos	2102XX al 2103XX	
Àries	2103XX al 2104XX	$00^{\circ} 00'$
Taure	2104XX al 2105XX	
Bessons	2105XX al 2106XX	

## 13.8 COORDENADES URANOGRÀFIQUES EQUATORIALS

La base de referència, els eixos, d'aquest sistema de coordenades son a la vertical la línia dels pols, pol nord celest i pol sud celest i l'equador celest.

Al meridià celest en diem màxim.

Al meridià celest que passa per l'astre en diem màxim d'ascensió.

Al meridià celest que passa per Àries en diem primer màxim d'ascensió.  
Al paral·lel celest en diem paral·lel de declinació.

Ara definirem la declinació  $\delta$  com arc del màxim d'ascensió comprès entre l'equador celest i el paral·lel de declinació de l'astre.

L'altre coordenada serà l'angle sideri AS com l'arc d'equador celest comprès entre el primer meridià d'ascensió i el corresponent màxim que passa per Greenwich o en el seu lloc el màxim que passa per l'observador.

### **Relació entre les diferents coordenades que es mesuren a l'equador.**

Com hem definit en aquest capítol segons els sistemes de coordenades podem mesurar sobre l'equador celest una sèrie de coordenades que ara i a continuació establirem la seva relació.

Per a qualsevol astre

$HL^* = HG^* + L$  si la longitud de l'observador és E.

$HL^* = HG^* - L$  si la longitud de l'observador és W.

És freqüent abreviar  $HL^*$  simplement per h.

$h < 180^\circ$      $PW = h$   
 $h > 180^\circ$      $PE = 360 - h$

Per estrelles catalogades

$HG^* = HG^\gamma + AS$

$HL^* = HG^\gamma + AS + L$  si la longitud de l'observador és E.

$HL^* = HG^\gamma + AS - L$  si la longitud de l'observador és W.

### **Òrbita que descriu la Terra al voltant del Sol. Zones, Climes. Estacions.**

Com ja s'ha explicat eclíptica les posicions relatives del Sol respecte de la Terra genera les estacions ordenades a l'apartat corresponent segons la distribució per l'hemisferi nord, en el cas del sud serà a l'inrevés, el començament del nostre estiu serà el començament del seu hivern i així successivament.

Però a més l'esmentada inclinació de l'òrbita relativa del Sol,  $23^\circ 27'$  genera a la Terra també les zones climàtiques.

Com a paral·lels de referència tenim els següents que determinaran les corresponents zones.

Paral·lel	latitud
Cercle polar àrtic	66° 33' N
Tròpic de cranc	23° 27' N
Equador	00°00'
Tròpic de capricorn	23° 27' S
Cercle polar antàrtic	66°33' S

Aquests paral·lels defineixen les zones climàtiques de la Terra.

La zona glacial àrtica entre el pol N i el cercle polar àrtic.

La zona tèbia del nord entre el cercle polar i el tròpic de cranc.

La zona equatorial entre el dos tròpics.

La zona tèbia del sud entre el cercle polar i el tròpic de capricorn..

La zona glacial antàrtica entre el pol S i el cercle polar antàrtic.

## CAPÍTOL XIV

### La navegació analítica

Pep Bermejo

## 14.1 NAVEGACIÓ ANALÍTICA, LOXODRÒMICA

### Generalitats

La navegació analítica és aquella que fem en funció de les coordenades sense que calgui la carta gràfica de navegació.

Els elements components

$I$  i  $L$  = situació de sortida

$I'$  i  $L'$  = situació d'arribada

$\Delta I$  increment de latitud, considerem com a increment de latitud al valor en minuts de l'arc de meridià comprés entre el paral·lel del lloc de sortida i el paral·lel del lloc d'arribada.

$$\Delta I = I \pm I'$$

Si les dues latituds son del mateix signe caldrà restar i si son de signe contrari sumar.

Una dada de gran importància es conèixer la tendència, direm que es N o S segons siguin els punts de sortida i arribada i col·locarem (N) o (S) després del seu valor. Això servirà després per determinar l'antecedent del Rd, com veurem a l'apartat corresponent.

$I/m$  latitud mitjana, considerem com a latitud mitjana a la del Paral·lel equidistant entre el meridià de sortida i el d'arribada.

$$I/m = \frac{I + I'}{2} \quad \text{o} \quad I/m = I \text{ superior} - \frac{I \pm I'}{2}$$

Si  $I$  i  $I'$  son d'igual signe el resultat no ofereix cap dificultat doncs la lectura serà directa però si son de diferent signe serà necessari interpretar-lo per poder determinar l'hemisferi, que serà necessàriament el de la latitud de valor superior.

Una dada de gran importància es conèixer la tendència, direm que es E o W segons siguin els punts de sortida i arribada i col·locarem (E) o (W) després del seu valor. Això servirà després per determinar el conseqüent del Rd com veurem a l'apartat corresponent.



**A** apartament, considerem com a apartament el valor en minuts de l'arc de l/m comprés entre el meridià del lloc de sortida i el del lloc d'arribada.

La tendència de l'apartament A i la de l'increment de longitud  $\Delta L$  sempre seran iguals.

**d** distancia, entenem com a distancia la mesura en milles de la derrota directa d'un vaixell.

Aquesta derrota queda representada en una carta Mercator com una línia recta (Loxodròmica ) o un arc (Ortodròmica).

**Rd** rumb directe, és l'angle expressat en graus sexagesimals entre el nord vertader o geogràfic i la derrota del vaixell.

### ATENCIÓ

Per treballar aquestes formules el Rd i la l/m com a graus i la resta de les funcions com a minuts o milles.

El motiu és ben evident doncs es tracta de distàncies i sols Rd i l/m son angles.

El Rumb directe obtingut serà quadrantal i per tant tindrà com a antecedent el signe de l'increment de la latitud i com a conseqüent el de la longitud.

### Loxodròmica directa

Conegudes les coordenades del lloc de sortida, el Rd i la d, determinar les coordenades del lloc d'arribada.

$$\Delta l = d \cdot \cos Rd$$

$$A = d \cdot \sin Rd$$

$$\Delta L = \frac{A}{\cos l/m}$$

### Loxodròmica inversa

Conegudes les coordenades dels llocs de sortida i arribada, determinar el Rd i la d.

$$A = \cos l/m \cdot \Delta L$$

$$A = \operatorname{tg} Rd \cdot \Delta l$$

$$\operatorname{tg} Rd = \frac{A}{\Delta l}$$

$$d = \frac{A}{\sin Rd}$$

## 14.2 NAVEGACIÓ ANALÍTICA, ORTODRÒMICA

### Generalitats

#### Derrota ortodròmica, concepte general

Considerem la derrota ortodròmica com la navegació feta entre el punt de sortida i el d'arribada pel cercle màxim de la Terra que passa pels dos punts.

Sobre una carta mercatoriana la derrota ortodròmica queda representada per un arc de circumferència.

La derrota ortodròmica és la distància més curta entre dos punts.

#### Ortodròmica directa

Càlcul de la posició d'un punt

$\sin I_p = \sin I \cdot \cos d + \cos I \cdot \sin d \cdot \cos R_i$

$$\cos \Delta L_p = \frac{\cos d - \sin I \cdot \sin I_p}{\cos I \cdot \cos I_p}$$

#### Ortodròmica inversa

Càlcul del rumb ortodròmic

$R_i$ , rumb inicial, és l'angle entre el N i la Tangent a l'arc corresponent al Rumb ortodròmic.

$$\cotg R_i = \frac{\tg I' \cdot \cos I - \sin I \cdot \cos \Delta L}{\sin \Delta L} \quad \text{o be}$$

$$\cotg R_i = \frac{\cos I (\tg I' - \tg I \cdot \cos \Delta L)}{\sin \Delta L} \quad \text{o be}$$

$$\cotg R_i = \left( \frac{\tg I'}{\sin \Delta L} - \frac{\tg I}{\tg \Delta L} \right) \cos I$$

$$\cos d = \sin I \cdot \sin I' + \cos I \cdot \cos I' \cdot \cos \Delta L$$

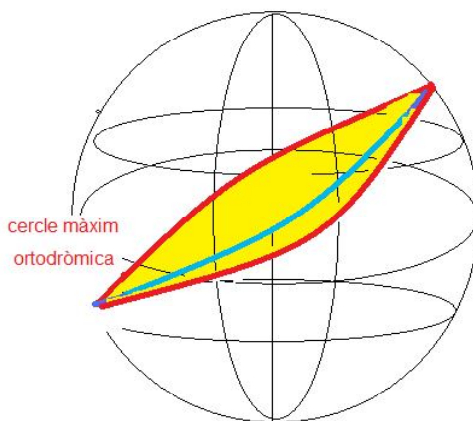
### ATENCIÓ

Per treballar aquestes formules cal tenir present que conceptualment naveguem per cercles màxims i per tant tots els valors s'expressaran en graus. La Ortodròmica és la navegació feta pel cercle màxim que uneix dos punts de la Terra.

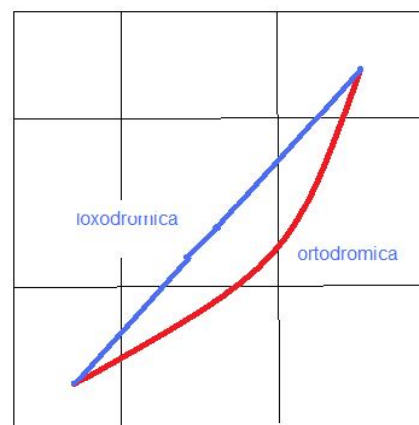
Per determinar el darrer Ri o Rf caldrà invertir els posicionaments de tal manera que l correspondrà al lloc d'arribada i l' al de sortida, igualment farem amb L i L'. Obtingut aquest valor, serà necessari sumar o restar 180°.

Les distàncies ortodròmiques poden ser sensiblement menors o fins inclòs iguals a les obtingudes per Loxodròmica mai més grans. Quan naveguem per Meridians o per l'Equador les dues distàncies son iguals però quan o fem en valors quadrantals pròxims als 45° podem obtenir el màxim benefici .

La navegació entre dos punts es representa sobre la carta Mercator per una corba i si volem convertir-la en navegable a les hores serà necessari determinar punts intermedis, separats la distancia que creiem oportuna, i que unirem gràficament o loxodròmicament per poder determinar els Rd que construiran la línia trencada de la derrota.



ESFERA



CARTA