

sobre
l'horitzó





Primera edició: octubre 2012

© EU-UNAWA, 2012

© Jaime Fabregat, Rosa M. Ros,
2012 pel text

© Maria Vidal, 2012 per les
il·lustracions

Edició:
Jaime Fabregat i Rosa M. Ros

Disseny gràfic:
Maria Vidal

Revisió de textos:
Eloi Arisa i Carme Alemany

El llibre "Sobre l'Horitzó" ha estat finançat amb fons del Seventh Framework Programme ([FP7/2007-2013]) de la Comunitat Europea segons l'acord n° 263325

Dipòsit Legal: B-34016-2012
Imprès a la UE
ISBN: 978-84-15771-26-5

sobre l'horitzó

Jaime Fabregat

Rosa M^a Ros

EU-UNAWA, 2012



L'Agència "Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)" és la major institució pública d'Espanya dedicada a la investigació científica i el desenvolupament tecnològic. Té com a objectiu l'impuls, desenvolupament i difusió de la investigació científica i tecnològica per contribuir a l'avanç del saber i al desenvolupament econòmic, social i cultural. El CSIC és una institució compromesa amb l'educació científica i dona suport als treballs dels programes UNAWE i EU-UNAWE pensats especialment per a nens de tots els països.

www.csic.es



EU-UNAWE és un projecte didàctic de la Unió Europea basat en el programa UNAWE. Ambdós projectes utilitzen la bellesa i la grandesa de l'Univers per encoratjar els nens petits, en particular als desfavorits, a tenir interès per la ciència i la tecnologia, i per fomentar el seu sentit de ciutadania global des d'una edat primerenca. UNAWE va ser fundada el 2005, s'ha estès per 40 països i compta amb una xarxa global de més de 500 astrònoms, professors i educadors.

EU-UNAWE està dirigit a implementar activitats de sensibilització sobre l'Univers en sis països durant tres anys: Alemanya, Espanya, Itàlia, Països Baixos, Regne Unit i Sud-àfrica. El projecte inclou l'organització de cursos de formació de professorat i desenvolupament de material pràctic per a nens. A llarg termini, EU-UNAWE pretén ajudar a produir la propera generació de científics europeus i fer que els nens de les zones desfavorides s'adonin que són part d'una comunitat molt més gran: Europa.

es.unawe.org

Introducció

Tots nosaltres viatgem sobre una nau: el planeta Terra. És senzill visualitzar les conseqüències del moviment de rotació del nostre planeta. Només parant-nos a mirar ja veiem els astres moure's sobre el nostre horitzó..., però ja no és tan fàcil detectar els resultats del nostre moviment de translació. Per poder dur a terme observacions al llarg de l'any amb més precisió, i poder comprendre millor el moviment aparent del Sol i les estrelles, presentem un model que ens permet relacionar i entendre millor el que veiem.

Amb aquest treball es poden visualitzar elements tan abstractes com el meridià local, l'equador i els tròpics de Càncer i Capricorn. Realment l'estudiant es pot situar a l'interior del model per comprendre el funcionament d'un rellotge de Sol equatorial i, fins i tot, es pot fer servir el model com un senzill calendari que indica l'estació de l'any segons sigui la posició del Sol respecte de l'equador ... i tot això usant com a motor d'aquest artefacte el propi moviment aparent del Sol.



Figura 1: Observant i raonant amb l'ajuda del model.

El primer model

En astronomia hi ha el costum d'utilitzar representacions de l'esfera celeste vista des de fora. No obstant això, en fer observacions directes, estem situats dins de la mateixa (figures 2 i 3). Aquesta situació desorienta i crea problemes per fer observacions. Per evitar confusions, realitzarem un model de l'horitzó local que permeti assimilar els conceptes astronòmics vistos tant des de dins com des de fora.

Aquest model de l'horitzó es construeix per a cada lloc. Amb una màquina fotogràfica instal·lada sobre un trípode farem una sèrie de fotografies de l'horitzó vigilant que cada enquadrament es superposi amb l'anterior per poder enganxar les fotografies unes amb altres (assenyalarem la posició del trípode marcant sobre el terra amb pintura, per poder situar-lo en el futur de manera exactament igual).

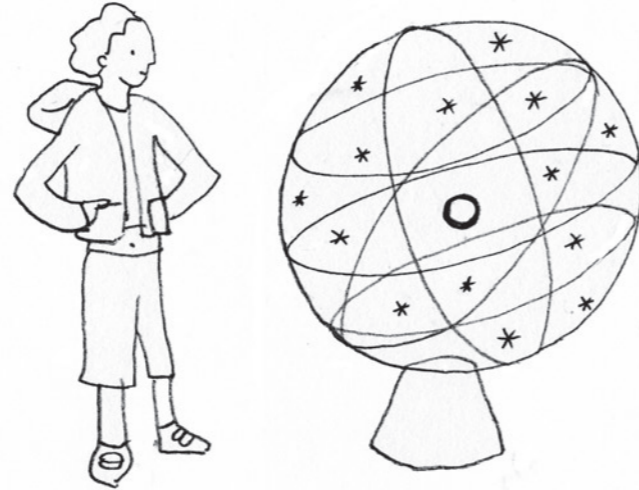


Figura 2: L'esfera celeste des de l'exterior.

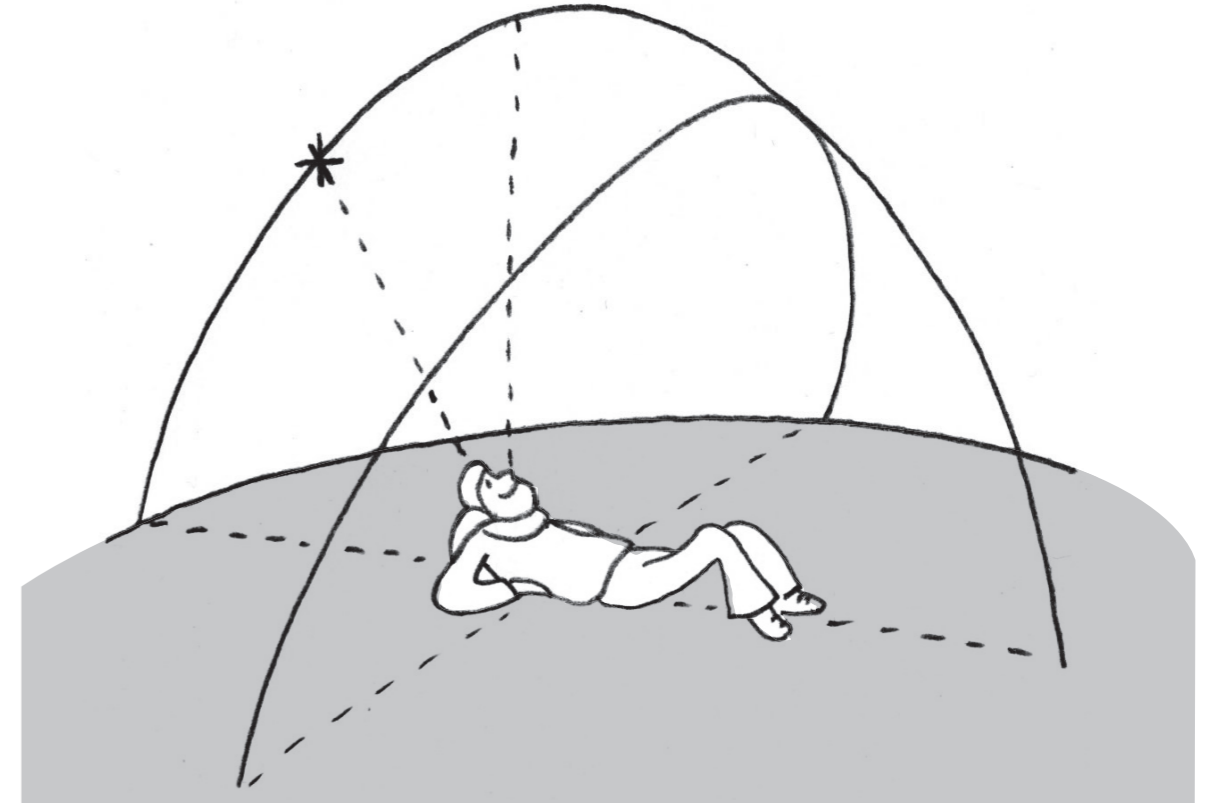


Figura 3: L'esfera celeste des de l'interior.

Fotografies del teu horitzó

Realitzarem el model del lloc des d'on observarem. Un cop impreses les fotografies, fixarem una a continuació de l'altra, fins a formar un cilindre que es correspongui amb l'horitzó real. Situem el cilindre de fotografies sobre un quadrat de fusta (figures 4 i 5) de manera que l'horitzó del model es correspongui amb l'horitzó real. A continuació anirem introduint tots els elements que es defineixen sobre l'esfera celeste: eix de rotació, meridià local, equador, etc.



Figura 4: Preparant les fotografies de l'horitzó per fer el model.

Eix de rotació terrestre o eix del món

Començarem per situar l'eix de rotació terrestre. Per això farem servir com a referència la posició de l'estrella polar; la inclinació de l'eix coincideix amb l'altura de la polar sobre l'horitzó. Per conèixer aquest angle podem construir un senzill quadrant i comprovar que coincideix amb la latitud del lloc.

La prolongació del filferro, que simbolitza l'eix de rotació terrestre, serveix per ajudar a visualitzar l'eix real i localitzar el pol Nord celeste, i és útil també per imaginar la posició del punt cardinal Nord, com a projecció de la polar sobre el pla del horitzó. Sens dubte, usant una brúixola es pot comprovar que la posició que correspon al punt cardinal Nord en l'horitzó coincideix amb la seva direcció. Sobre la fusta suport es pot dibuixar la direcció Nord-Sud i visualitzar en el model i en l'horitzó real la zona de cases o arbres que estan situats en aquesta zona (figura 5). A continuació es pot traçar la recta Nord-Sud sobre el terra del pati o la terrassa on es treballa. És molt important perquè cada vegada que es vagi a fer servir el model caldrà orientar-lo i és molt útil disposar d'aquesta recta Nord-Sud dibuixada a terra per facilitar la feina.

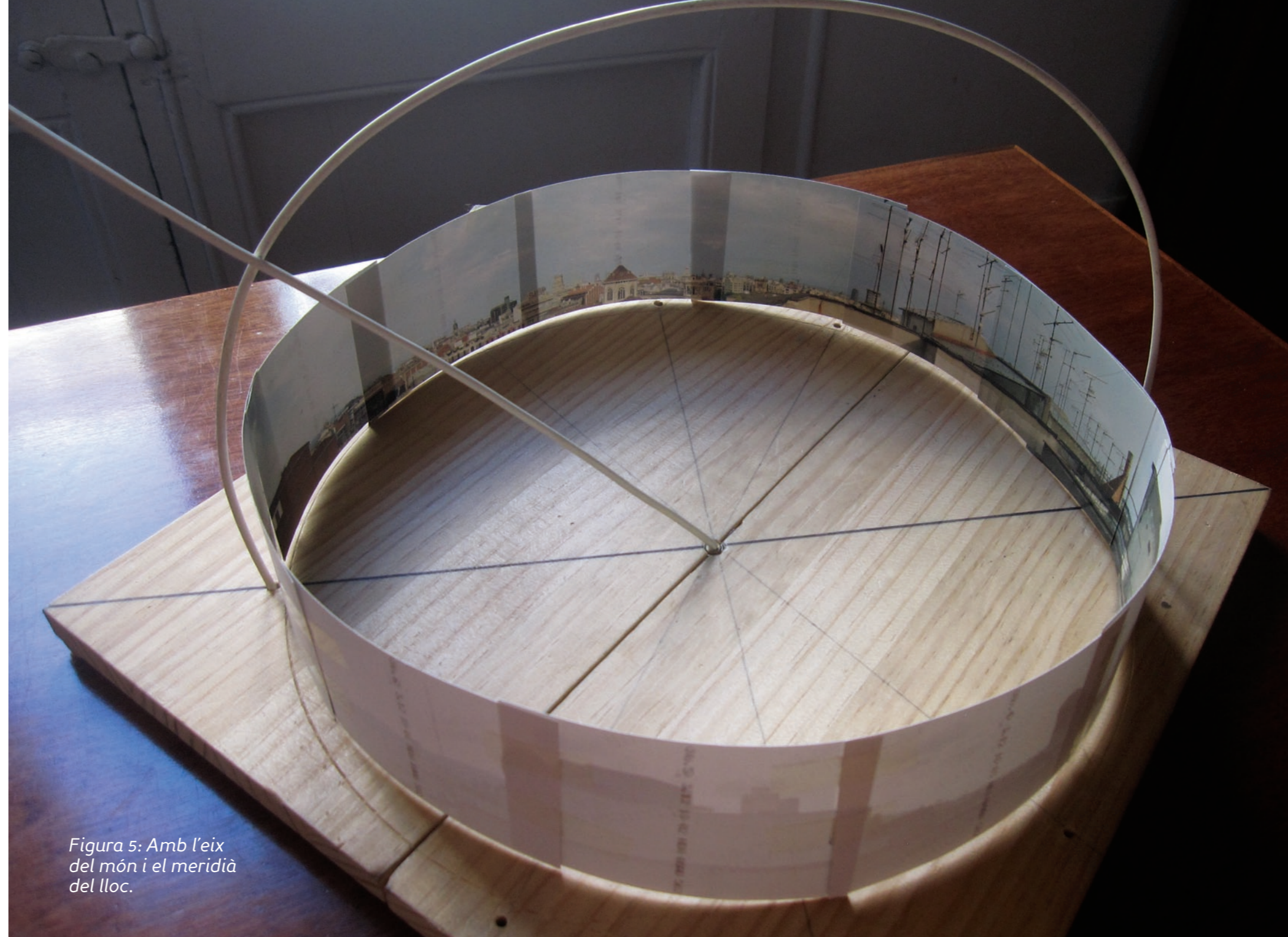


Figura 5: Amb l'eix del món i el meridià del lloc.

Quadrant simplificat

Podem construir un quadrant per mesurar angles en vertical amb un cartabó, un semicercle graduat, una maquineta metàl·lica de traure punta i un tros de cordill per fer de plomada.

És millor fer servir un semicercle dels que tenen un foradet per situar l'origen dels angles, ja que introduïrem menys errors.

En primer lloc subjectarem el cordill al semicercle graduat per l'origen d'angles i lligarem a l'altre extrem un pes, per exemple una maquineta metàl·lica.

Fixarem el semicercle a l'extrem més punxegut del cartabó amb cinta adhesiva. És important tenir cura que el semicercle quedi paral·lel a l'extrem del cartabó on estan dibuixats els centímetres (figura 6).



Figura 6: Usant el quadrant.

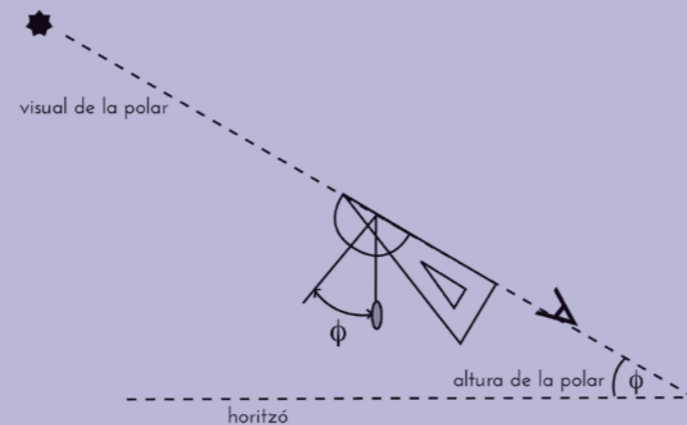


Figura 7: L'angle ϕ que determina la plomada amb els 90° sobre el semicercle és igual a l'alçada de la polar sobre l'horitzó, ja que la plomada és perpendicular a l'horitzó i la visual de la polar és perpendicular a la línia dels 90° .

Si mirem l'estrella polar per l'extrem de l'angle recte del cartabó, seguint la visual sobre el costat amb la numeració de centímetres del cartabó, una altra persona podrà llegir l'angle que determina la plomada amb la línia dels 90° . Aquest angle dona l'alçada de la polar sobre el pla de l'horitzó (figura 7).

A més l'angle d'altura de la polar és el mateix que la latitud del lloc (figura 8). La latitud és l'angle des de l'equador terrestre fins al lloc on està situat l'observador, així doncs queda determinat pel pla de l'equador i la plomada pel zenit de l'observador i aquest angle segons es veu a la figura 8 coincideix amb l'angle determinat pel pla de l'horitzó (perpendicular a la plomada) i l'eix de rotació terrestre (perpendicular a l'equador).

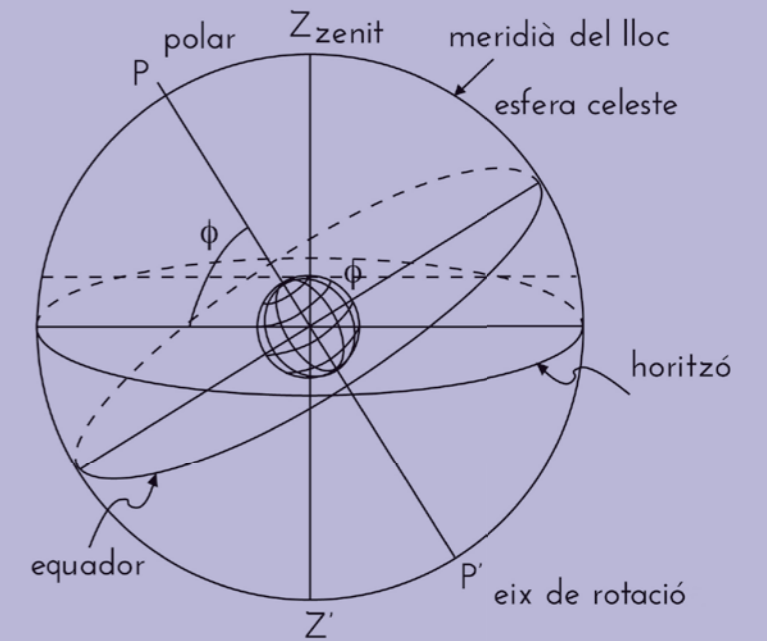


Figura 8: La latitud del lloc ϕ és l'angle determinat per l'equador i la plomada pel zenit o, el que és el mateix, l'angle que forma l'eix de rotació terrestre sobre el pla de l'horitzó. Aquest dibuix no està a escala, ja que la Terra es redueix a un punt si la comparem amb el radi infinit de l'esfera celeste.

Meridià del lloc

El següent pas consisteix a situar el meridià del lloc. Fixarem un filferro que passi per sobre del cap de l'observador (el zenit), els punts cardinals Nord i Sud (figura 5). Aquest filferro és la visualització del meridià del lloc en el model, però permet imaginar sobre el cel la línia del meridià local ja que comença en els mateixos llocs que veiem en el model. El meridià local comença en el mateix edifici que a la fotografia, però a l'horitzó real, i després de passar per sobre del nostre cap, acabarà en el mateix edifici que es visualitza gràcies al filferro en l'horitzó de fotografies.

També es pot prendre una sèrie de fotografies del meridià del lloc si les realitzem de nit en un lloc sense contaminació lumínica. Començarem per prendre'n una de la zona del pol, una altra de la zona per sobre d'ella seguint el meridià local, una altra a continuació seguint també el mateix meridià i així successivament fins a aconseguir la fotografia que ja està rasant a l'horitzó (figura 9).

Quan s'imprimeixin totes les fotografies podrem enganxar una amb una altra fins a aconseguir una cinta del meridià amb totes elles. És interessant veure que amb el mateix temps d'exposició la trajectòria dibuixada per un estel canvia de longitud. És mínima a l'entorn del pol i és màxima en l'equador. També canvia de forma. En l'equador la trajectòria dibuixa una línia recta. A la zona propera a la polar les línies són corbes còncaves i per sota de l'equador són convexes. Si fem prou grans les còpies de les fotografies, podem situar la cinta per sobre del nostre cap, el que permetrà visualitzar i comprendre millor el moviment.

Figura 9: El meridià local amb fotografies.

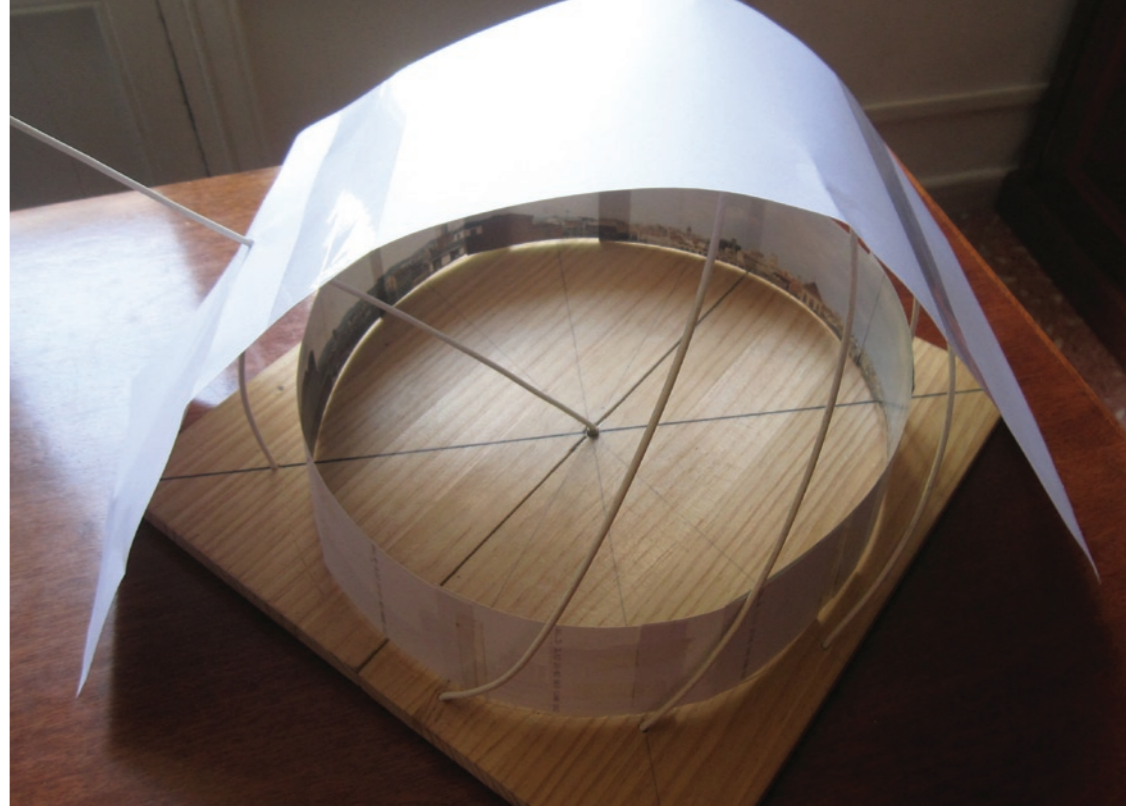
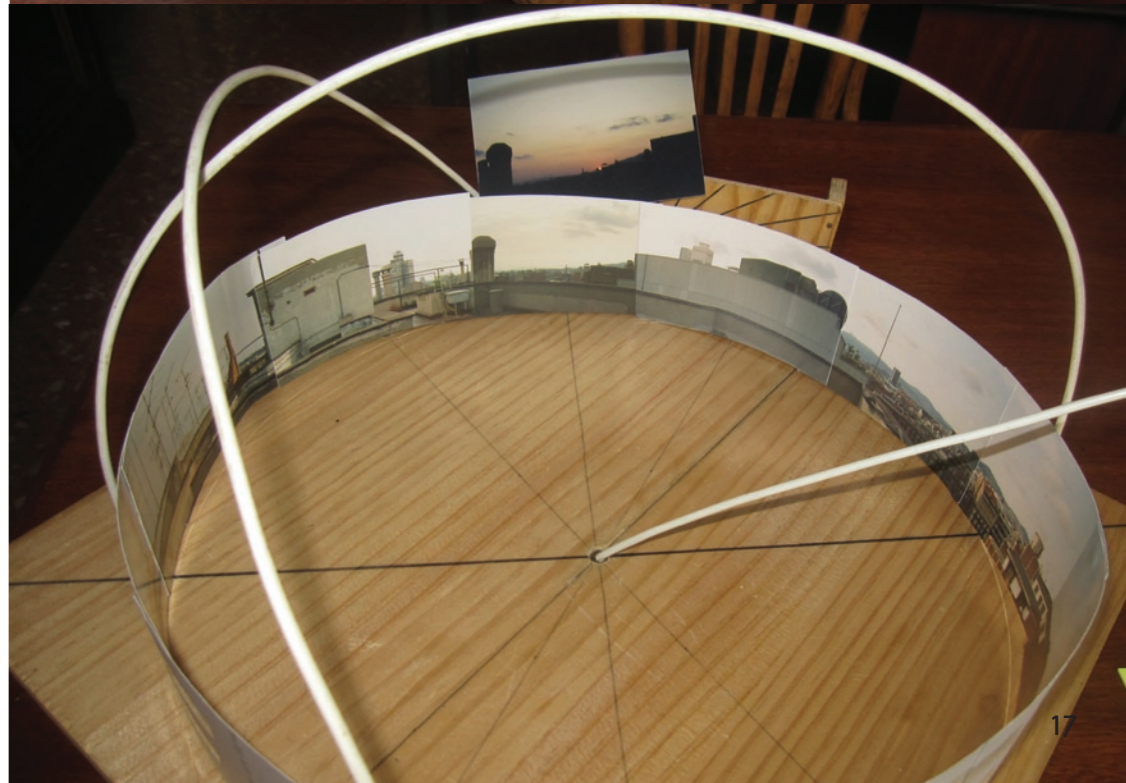


Figura 10: Punt de posta del Sol el dia de l'equinocci de primavera o de tardor.



Equador celeste

Amb la càmera sobre el trípode, i situats al mateix lloc on es van prendre les fotografies de l'horitzó (per aquest motiu es van dibuixar a terra les marques del trípode), es pren una fotografia de la sortida i la posta de Sol el primer dia de primavera o de tardor (figura 10). En aquest cas, tindrem dues instantànies de la posició precisa dels punts cardinals Est i Oest respectivament en l'horitzó de les fotografies i òbviament sobre l'horitzó real. Els dies dels equinoccis el Sol recorre exactament l'equador.

L'equador es simula mitjançant un filferro perpendicular a l'eix de rotació terrestre que comença i acaba en els punts cardinals Est i Oest (sobre el pla de fusta que simula l'horitzó, en una recta perpendicular a la Nord-Sud). No és senzill fixar el cercle de filferro perpendicular al filferro que simbolitza l'eix de rotació. Per comprovar la inclinació apropiada només cal agafar un conjunt de quatre o cinc fotografies de la sortida del Sol (una cada mig minut fins que ens molesti mirar el Sol). En superposar aquestes fotos amb Photoshop tindrem la inclinació del Sol a la sortida i per tant la inclinació que ha de tenir el filferro que representa l'equador (figura 11). També es pot fer a la posta del sol en lloc de a la sortida.

Si es considera el Sol com un estel més (el Sol està més pròxim i de dia ens enlluerna,

però el seu comportament no és distint al de les altres estrelles) es pot obtenir la inclinació de l'equador sense més que fotografiar el moviment de les estrelles quan aquestes surten o es ponen per l'horitzó. Per això n'hi ha prou amb fer una fotografia de la zona del punt cardinal Est o del punt cardinal Oest (figura 12). Per prendre les fotografies de les traces de les estrelles cal sortir al camp un dia sense Lluna i anar a un lloc prou apartat sense contaminació lumínica. Alguns minuts de temps d'exposició són suficients. És molt important situar la càmera paral·lela a l'horitzó (per realitzar aquesta operació es pot utilitzar un nivell de bombolla).

Usant les dues fotografies de la trajectòria del Sol a la sortida o la posta, o bé les fotografies nocturnes de les traces de les estrelles en els punts cardinals Est i Oest, és possible conèixer la inclinació de les traces de les estrelles a l'equador, i per tant és possible situar sense problemes el filferro que simbolitza l'equador. Com ja sabem els punts on fixar-lo i també la inclinació, ja es pot introduir el filferro sobre la fusta i també subjectar amb el meridià local perquè no es mogui fàcilment (figures 11 i 12).

Figura 11: Traça de la sortida del Sol.

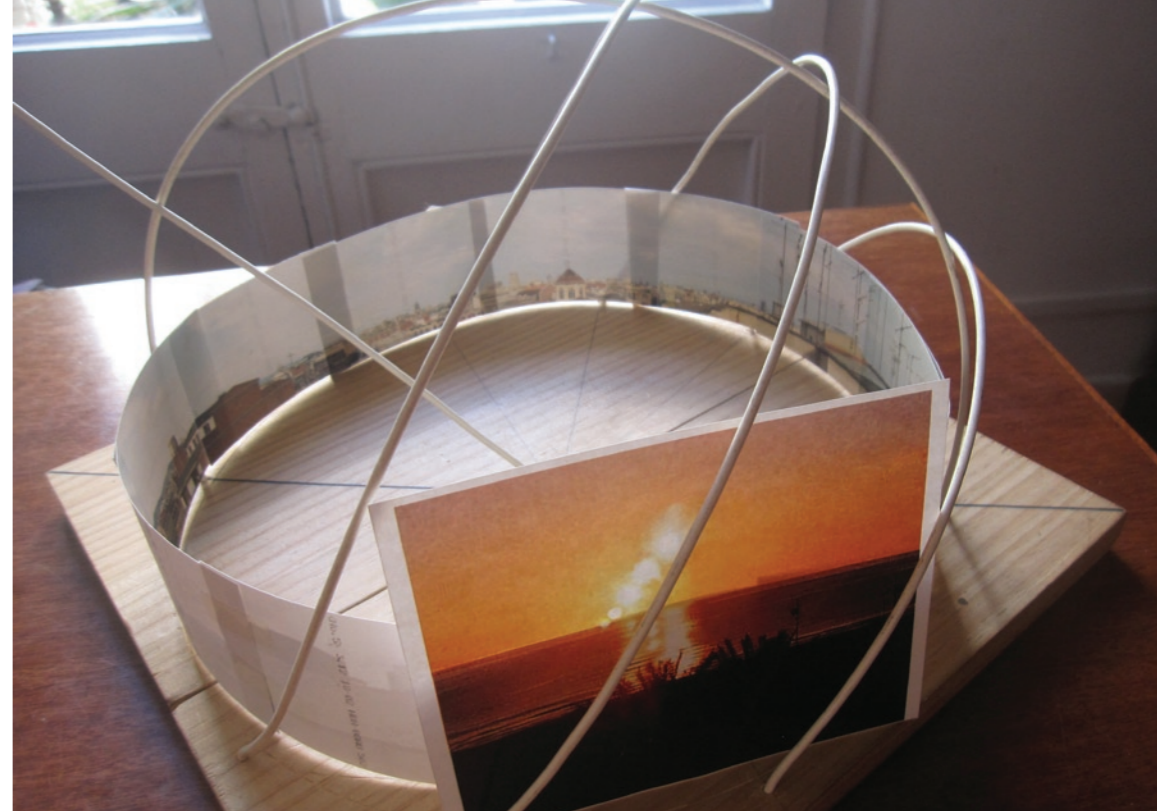
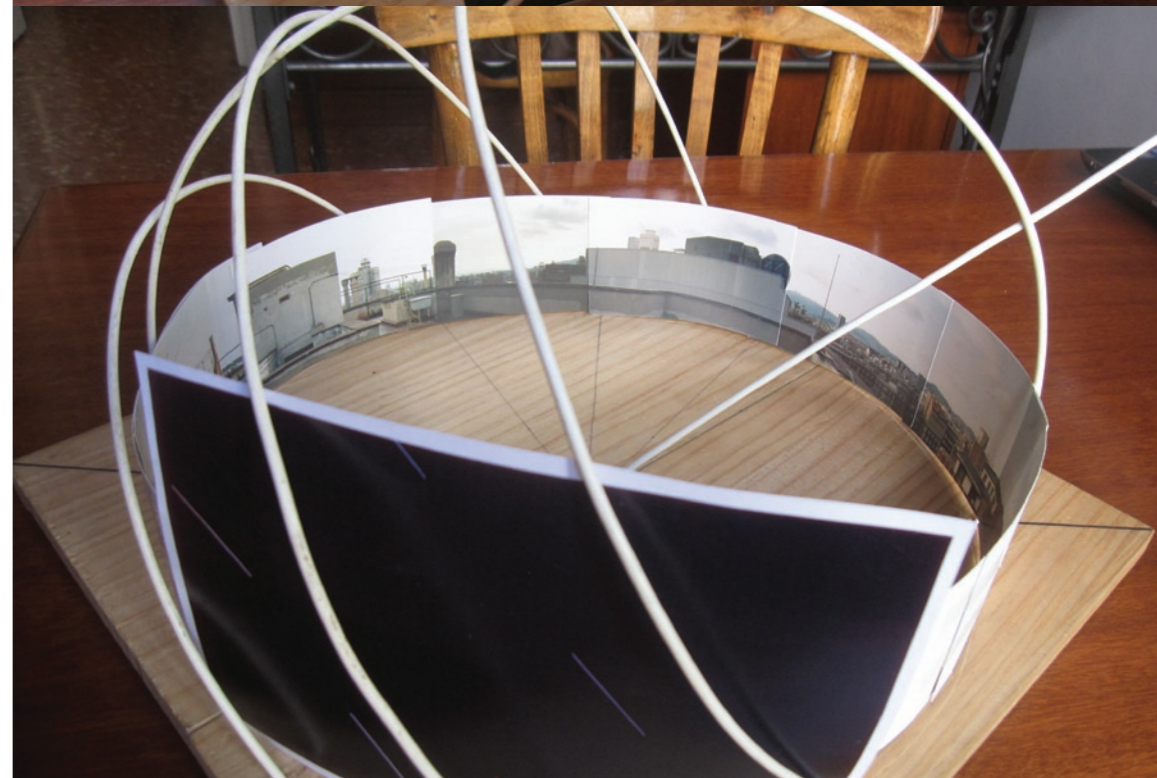


Figura 12: Traces de les estrelles a la zona Est.



Paral·lels de Càncer i Capricorn

Si es prenen una altra vegada fotografies, ara de la sortida i posta del Sol el primer dia de l'hivern i el primer dia de l'estiu, es pot veure que el Sol no surt i es pon per l'Est i l'Oest respectivament. Fixarem els filferros paral·lels a l'equador passant per aquests punts i tindrem una representació de la zona per on es mou el Sol al llarg d'un any (els dos filferros es corresponen amb els paral·lels de primer dia d'estiu o Càncer i primer dia d'hivern o Capricorn). Evidentment els paral·lels tenen la mateixa inclinació que l'equador, exactament la colatitud de lloc (figura 13).

Amb un simple transportador és possible verificar que l'angle interior entre el paral·lel de Càncer i l'Equador és aproximadament $23,5^\circ$, i que aquest angle és també el format entre l'Equador i el paral·lel de Capricorn (figura 14).

Les dimensions del model han de ser inversament proporcionals a l'edat de l'usuari. Per a una escola de primària les dimensions del model han de permetre que els nens puguin entrar dins d'ell. En aquest cas el model de l'horitzó es barreja amb l'horitzó real encara de manera molt més evident.

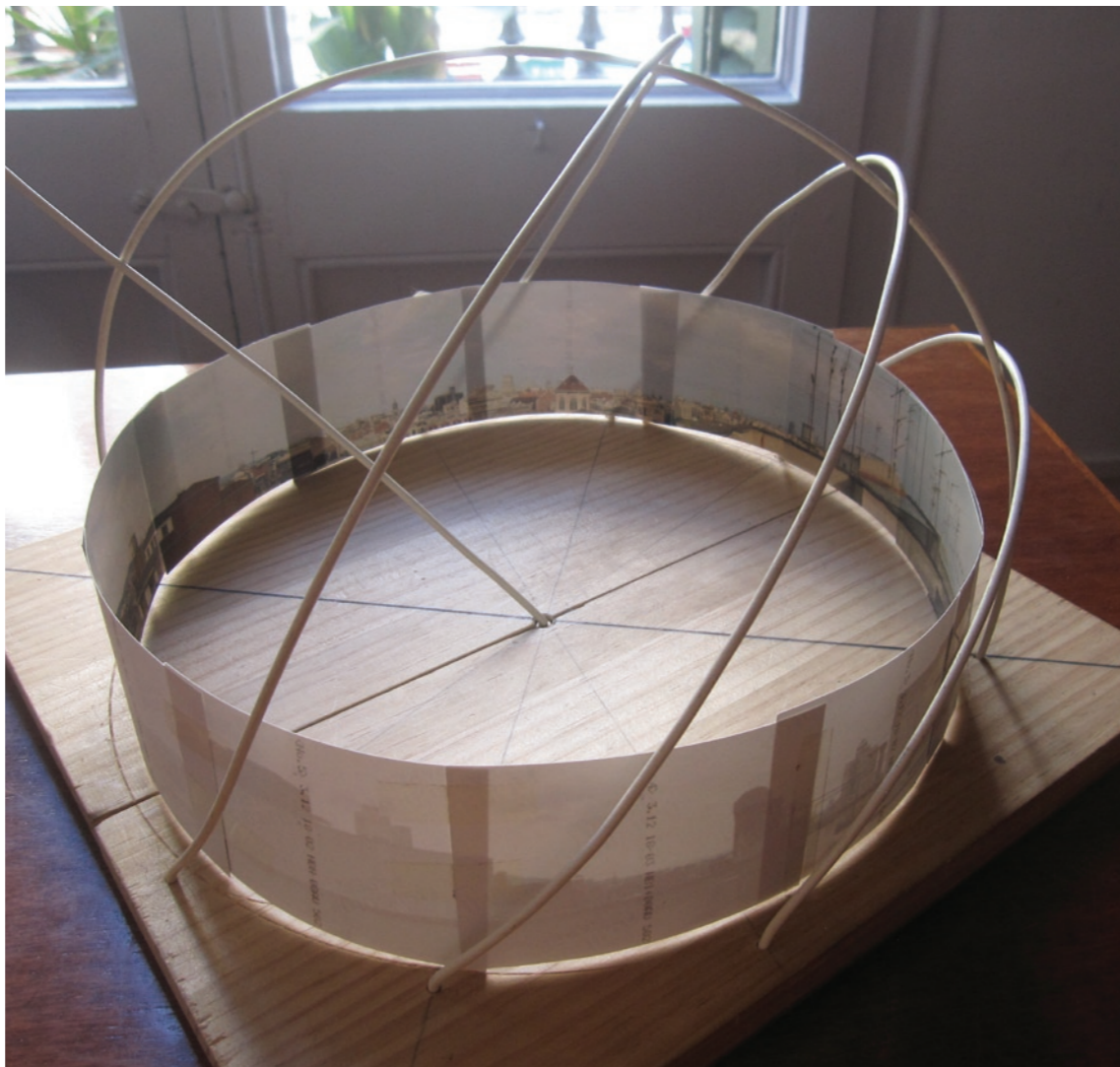


Figura 13: Trajectòries del Sol el primer dia de cada estació.

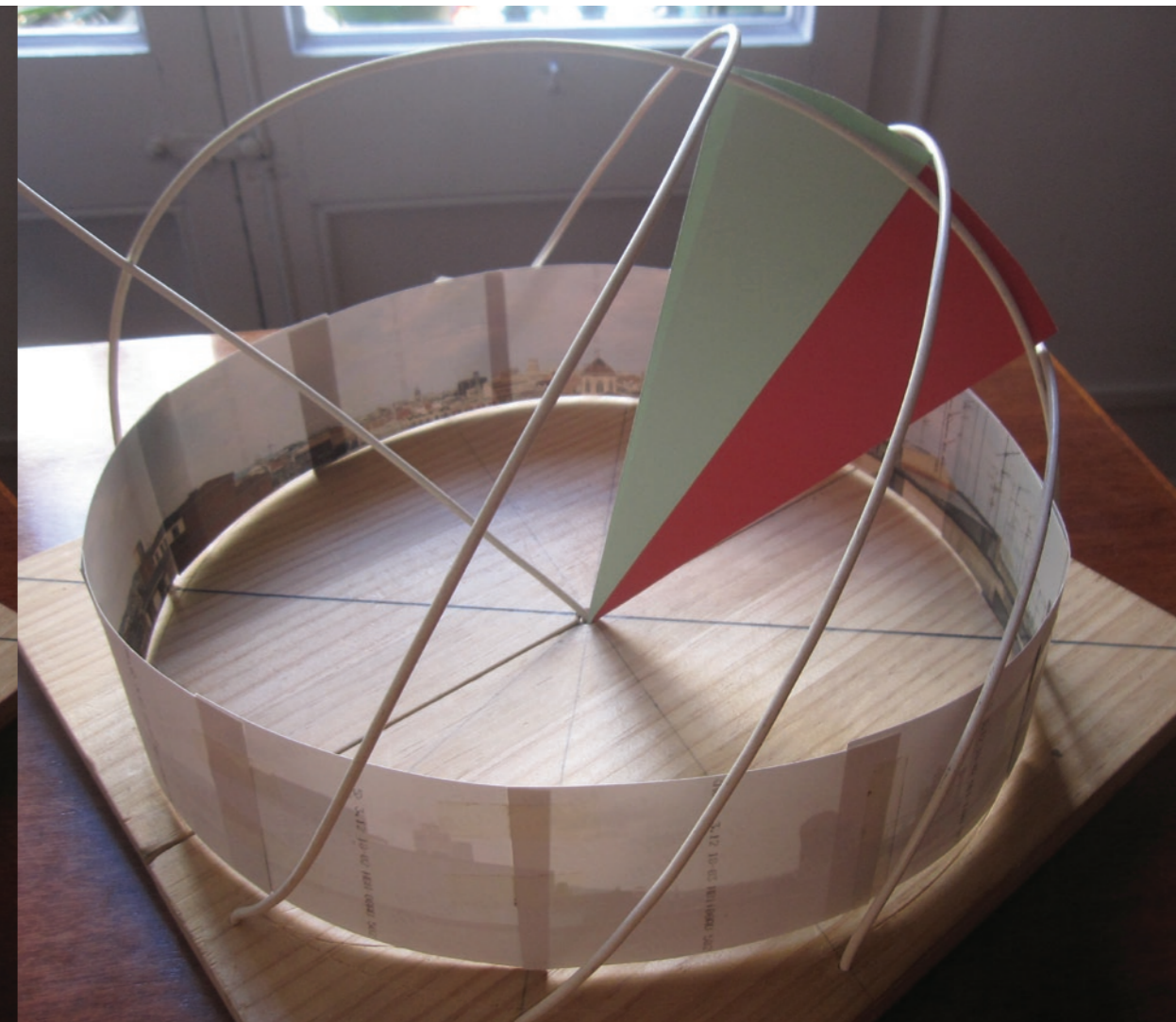


Figura 14: L'angle entre dues trajectòries del primer dia de dues estacions consecutives és de $23,5^\circ$

Relotge solar

El model realitzat també té altres aplicacions: és un rellotge de Sol, un rellotge de Sol equatorial. El Sol dóna una volta completa a l'eix de rotació terrestre en un dia, és a dir, en 24 hores. Considerem un rellotge que tingui com pla el de l'equador i com estilet l'eix de rotació terrestre. El Sol farà una volta de 360 graus en 24 hores, si dividim $360/24$ obtenim 15, és a dir que recorrerà 15 graus en una hora. Les 12 hores estaran sobre el pla del rellotge i es projectaran sobre la recta Nord-Sud (figura 15). A partir d'ella dibuixarem a 15 graus, cap a un costat i l'altre, les línies horàries del matí i de la tarda. Tornem doncs al model. Si introduïm un pla perpendicular a l'eix de rotació en la direcció del pla equatorial i movem una llanterna sobre el paral·lel de Càncer, es pot veure l'ombra de l'estilet (el filferro que representa l'eix de rotació terrestre) recorrent el pla del quadrant equatorial. Quan movem la llanterna sobre el paral·lel de Capricorn, l'ombra apareix a la zona de sota del pla. Resumint, el rellotge equatorial funciona a l'estiu i primavera mostrant les hores sobre el pla del rellotge, a l'hivern i tardor sota d'aquest, i dos dies a l'any no funciona: els dies dels equinoccis de primavera i tardor que és quan el Sol recorre l'equador.

Relotge equatorial

Anem a construir un rellotge equatorial amb una carpeta DIN A5 de cartolina, un llapis, un full de paper DIN A4 i una mica de plastilina o massilla adhesiva que ens permeti poder subjectar les diferents peces. Per dibuixar sobre el full de paper i prendre els diferents angles usarem una regla i un semicercle graduat.

Comencem per "foradar" la carpeta més o menys pel centre i passem el llapis a través del forat, de manera que fregui i es mogui amb dificultat (no és bo que el forat quedi molt ampli perquè es perd precisió). Traiem el llapis del forat. Doblem el full de paper pel mig i posem la carpeta enmig del full doblegat. Introduïm un altre cop el llapis foradant ara el paper. Traiem el paper i el desdoblem sobre de la taula. Amb la regla dibuixem una línia del centre d'un forat a l'altre. Aquesta línia serà la de les 12 del rellotge. A partir d'ella i amb centre en el forat es dibuixen les altres línies horàries de 15° a 15° (recordeu que el Sol gira de 360° en 24 h, així que 15° corresponen a 1 hora). Situem una altra vegada el paper doblegat amb la carpeta dins i el llapis a través de la carpeta.

Per posar en estació usarem una brúixola que ens indicarà la direcció de la recta Nord-Sud. El llapis ha d'estar situat sobre la recta Nord-Sud (figura 15) amb la carpeta cap al Nord. Amb una mica de plastilina fixarem la carpeta perpendicularment al llapis. L'angle que formi el llapis amb el terra ha de ser l'altura de la polar, és a dir la latitud del lloc. Per fer-ho, ens ajudarem amb un transportador.

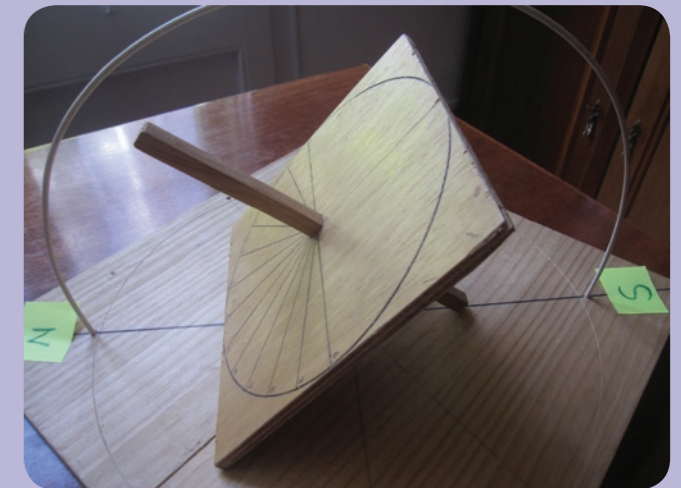


Figura 15: Rellotge equatorial en estació.

Com es llegeix l'hora en un rellotge solar

Els rellotges de Sol donen el temps solar, que no és el mateix que figura en els rellotges que tots fem servir en el nostra canell. Cal considerar diversos ajustaments.

1) A l'estiu, els rellotges de canell porten dues hores d'avançament a l'hora del Sol i a l'hivern porten una hora.

2) Per utilitzar el rellotge hem de conèixer la longitud del lloc, ja que els rellotges de Sol donen l'hora del lloc i els rellotges mecànics donen l'hora que correspon al pas del Sol pel meridià de Greenwich, és a dir el meridià que passa per Castelló. Cal expressar les longituds en hores minuts i segons ($1^\circ = 4$ minuts de temps).

Per exemple, si el Sol passa al migdia solar per Barcelona, que està a 8 minuts a l'est de Castelló, vol dir que li falten 8 minuts al rellotge de polsera perquè siguin les 12. Si en canvi el rellotge de Sol està situat a Granada, que està a 16 minuts a l'oest de Castelló, vol dir que passaran 16 minuts de les 12 al rellotge de polsera quan el rellotge

solar marqui el migdia (figura 16).

3) La Terra gira al voltant del Sol segons la llei de les àrees, és a dir no és un moviment constant, la qual cosa significa un seriós problema per als rellotges mecànics. Així es defineix el temps mitjà (dels rellotges mecànics) com la mitjana al llarg d'un any

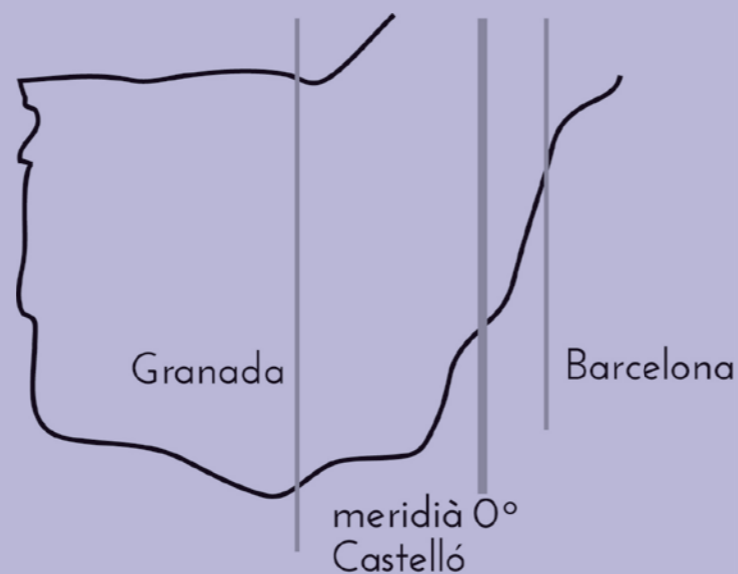


Figura 16: El meridià origen o de Greenwich passa per Castelló. Les ciutats a la seva dreta tenen longitud Est i les de la seva esquerra longitud Oest.

complet del temps. La Equació de Temps és la diferència entre el «Temps Solar Real» i el «Temps Mitjà». Aquesta equació és a la taula 1.

Vegem alguns exemples:

Llegim l'hora de rellotge de Sol a Barcelona el 26 de maig.

El 26 de maig hi ha horari d'estiu, a Barcelona la longitud és de $2n = 8$ minuts Est i l'equació de temps aquest dia és de -3.2 minuts.

Hora del rellotge de SOL $+120$ m $- 8$ m -3.2 m = hora del rellotge de polsera.

Llegim l'hora del rellotge de Sol a Granada el 6 de novembre.

El 6 de novembre és hivern, a Granada la longitud és de $4t = 16$ minuts Oest i l'equació de temps aquest dia és de -16.4 minuts.

Hora del rellotge de SOL $+ 60$ m $+ 16$ m $- 16.4$ m = hora del rellotge de polsera.

dies	gen	feb	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	oct	nov	des
1	+3.4	+13.6	+12.5	+4.1	-2.9	-2.4	+3.6	+6.3	+0.2	-10.1	-16.4	-11.2
6	+5.7	+5.1	+11.2	+2.6	-3.4	-1.6	+4.5	+5.9	-1.5	-11.7	-16.4	-9.2
11	+7.8	+7.3	+10.2	+1.2	-3.7	-0.6	+5.3	+5.2	-3.2	-13.1	-16.0	-7.0
16	+9.7	+9.2	+8.9	-0.1	-3.8	+0.4	+5.9	+4.3	-4.9	-14.3	-15.3	-4.6
21	+11.2	+13.8	+7.4	-1.2	-3.6	+1.5	+6.3	+3.2	-6.7	-15.3	-14.3	-2.2
26	+12.5	+13.1	+5.9	-2.2	-3.2	+2.6	+6.4	+1.9	-8.5	-15.9	-12.9	+0.3
31	+13.4		+4.4		-2.5		+6.3	+0.5		-16.3		+2.8

Taula 1: Equació de Temps

Model XXL

Si el model es fa servir amb alumnes de primària és bo construir-lo de mida prou gran perquè ells puguin entrar-hi. Així queden molt clars per a ells tots els conceptes des de dins i des de fora. Vegem doncs un model realitzat amb tubs de plàstic i uns blocs de ciment per poder fixar-los (només cal foradar amb un trepant). És un model de gairebé

metre i mig de radi que pot muntar-se i desmuntar-se per a la seva conservació a l'interior del centre docent, i que es pot instal·lar al pati de l'escola. Tot ho anirem a situar damunt d'un plàstic on dibuixarem la posició dels blocs de ciment perquè sigui fàcil repetir el muntatge en altres ocasions.

Primer de tot es fixa la direcció Nord-Sud amb una brúixola. Situem l'eix de rotació terrestre (amb la latitud del lloc com s'ha dit en el model petit, figura 17). Passant per la línia Nord-Sud i fixant l'eix de rotació, cal subjectar el meridià del lloc (figura 18).

Perpendicular a la línia Nord-Sud pel centre dibuixem la línia Est-Oest. Usant la colatitud fixem l'equador (figura 19). A partir d'ell es situen els paral·lels de Càncer i Capricorn 23 graus per sobre i sota usant una corda i una falsa esquadra (figura 20).



Figura 17: Col·locació de l'eix de rotació usant una falsa esquadra per introduir la latitud del lloc.



Figura 18: El model amb el meridià del lloc i l'eix de rotació fixats en els blocs de ciment on hi ha els forats apropiats.

Acabat el model, si un alumne s'estira a terra, en la direcció Nord-Sud, amb el cap al centre i mirant cap al Sud, podrà veure el Sol rere el tub que representa l'equador els dies dels equinoccis i entre els tubs que representen l'equador i el paral·lel de Càncer els dies de primavera i estiu i entre els tubs que representen l'equador i el paral·lel de Capricorn durant els dies de

la tardor i l'hivern (figura 19). Cal anar amb compte i no mirar directament al Sol, ja que és perillós si no es fa amb ulleres especials com són les que s'utilitzen per observar els eclipsis.

Finalment cal introduir les fotografies de l'horitzó al voltant de la cúpula creada. Perquè es corresponguin correctament

amb l'horitzó real s'ha de situar un alumne al centre i comprovar que tot està ben posat (figura 23).

Figura 20: Mesurant angles.



Figura 19: El model amb l'eix de rotació, el meridià del lloc i l'equador celeste.





Figura 21: Un alumne està sobre la recta Nord-Sud i mirant cap al Sud podrà veure la trajectòria del Sol compresa entre els paral·lels de Càncer i Capricorn.



Figura 22: Model amb els paral·lels de Càncer, Capricorn i l'equador, a més del meridià local i l'eix de rotació. Sobre els blocs de ciment s'ha situat un últim tub en forma de cercle que representa l'horitzó i dona solidesa al model.

Podem llavors imaginar el meridià del lloc o l'equador real projectat al cel usant el model i comparant la posició dels tubs respecte a l'horitzó imprès i l'horitzó real (figura 24). Per exemple és bo esmentar als

estudiants que la zona del cel que correspon a la situada entre els paral·lels de Càncer i Capricorn és la zona del zodíac i és per on es mouen el Sol, la Lluna i els planetes.

Figura 23: Un alumne al centre comprova que les fotos es corresponen amb l'horitzó real.



Figura 24: Es comprova fàcilment la correspondència entre l'horitzó fotografiat que correspon al model i el real.



Moviments del Sol vistos des del model

La zona per on es mou el Sol al llarg de l'any es correspon amb la franja entre els paral·lels de la maqueta. Podem imaginar el moviment dels altres sobre el cel i sobre l'horitzó real de la ciutat. Per exemple, el Sol surt el primer dia de primavera per l'Est i es pon per l'Oest fent el recorregut sobre l'equador. El segon dia de primavera surt prop de l'Est, però una mica cap al Nord, recorre un paral·lel una mica més alt que l'equador i es posa prop de l'Oest, però més cap al Nord. El tercer dia arriba ja encara més alt, etc.. Això va seguint així fins al primer dia d'estiu que és quan arriba a assolir la màxima altura sobre l'equador (23,5 graus) i quan surt el més cap al Nord per aquest lloc, i es pon també més cap al Nord. El segon dia d'estiu el Sol recorre un paral·lel una mica més baix, i així successivament va baixant, i sortint i ponent-se per punts que es van acostant a l'Est i Oest respectivament fins arribar al primer dia de tardor quan el Sol repeteix un recorregut sobre l'equador i surt per l'Est i es pon per l'Oest. El segon dia de tardor el Sol recorre un paral·lel per sota de l'equador i surt prop de l'Est, però alguna cosa cap al

Sud, i es pon prop de l'Oest també una mica cap al Sud. Així successivament va sortint i es va ponent més cap al Sud i recorrent paral·lels cada vegada més baixos respecte a l'equador, fins arribar el primer dia d'hivern, en el que segueix el paral·lel que està a -23,5 graus de l'equador. El segon dia d'hivern el Sol comença a pujar una altra vegada i així lentament arriba al primer dia de primavera en el que torna a recórrer l'equador. Així doncs el Sol surt per l'Est i es pon per l'Oest només dos dies a l'any, els dies dels equinoccis, quan el Sol recorre l'equador i la durada del dia i la nit són iguals, tal com es veu en el model (figures 13 i 21).

És evident que els mesos de primavera i estiu el Sol està per sobre de l'equador i el seu recorregut diürn és més llarg que en els mesos d'hivern i tardor quan va per sota de l'equador. Tenim doncs més hores d'insolació el primer dia d'estiu, mentre que el primer dia d'hivern és quan hi ha menys hores de llum i les nits són més llargues (figures 13 i 21). Això fa que sigui més fred el primer dia d'hivern que el d'estiu. A més es

suma un altre factor: l'angle d'incidència de la llum solar.

Per això, tornem a fer servir el model i una llanterna. En moure la llanterna sobre el paral·lel del primer dia d'estiu el raig de llum il·lumina sobre el pla del horitzó una àrea rodona, però quan la llanterna es mou sobre el paral·lel del primer dia d'hivern, la zona il·luminada pel raig de llum és una el·lipse amb una àrea tancada molt més gran que a l'estiu. És a dir que la radiació està més concentrada en la primera situació, és a dir que l'energia que ens arriba per cm^2 de pell a l'estiu és molt més gran que en els mesos d'hivern, ja que la mateixa energia s'ha de repartir en una àrea molt més gran. I com que també és evident en el model que el nombre d'hores d'insolació solar és major, la conseqüència natural és que a l'estiu fa més calor que a l'hivern.

Orientació

Amb l'ajuda de la maqueta es pot entendre millor l'horitzó real, i les activitats d'orientació realitzades des de l'escola es poden comprendre de forma molt més senzilla. Per exemple les estrelles properes a la polar, les anomenades circumpolars, estrelles que sempre estan sobre l'horitzó, és evident que estan a la zona del punt cardinal Nord. Per exemple l'Óssa Major o Cassiopea no poden estar cap a la zona del Sud. Està clar amb el model.

Un dibuix per discutir

Amb la pràctica serem capaços de situar a la nostra ciutat, sense entrebancs, la zona per on es pot veure el Sol o les constel·lacions circumpolars. Dibuixos com els de les figures 25 i 26 ajuden a discutir a classe les diferents possibilitats. Farem servir l'horitzó local de la ciutat on els alumnes aconseguixin reconèixer els relleus més característics perquè així es puguin situar perfectament.

Resulta evident que la trajectòria del Sol està sobre l'horitzó Sud i que els planetes del sistema solar, que es mouen aproximadament en la mateixa zona que ho fa el Sol al llarg de les estacions (en l'anomenada zona del zodíac) es mouen també sobre la zona de l'horitzó Sud. És clar que si sortim a observar a la nit i veiem una estrella propera a l'Óssa Major no podem dubtar si és el planeta Venus, ja que els planetes estaran per la zona on es mou el Sol, per sobre i per sota de l'equador (a màxim 23,5 graus).

Aquest model és útil per explicar els moviments del Sol i de les estrelles durant el dia i durant la nit. Després d'usar el model proposat, ja no es confon un astre brillant a l'horitzó Nord amb un planeta.

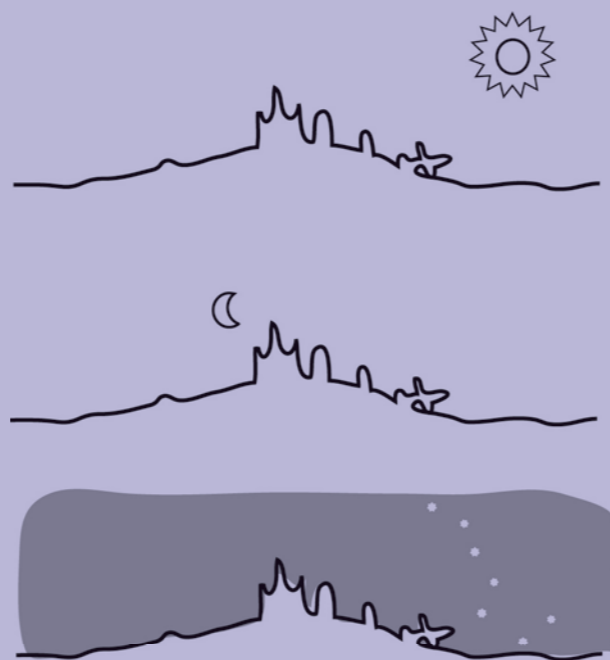


Figura 25: Horitzó Nord-oest de Barcelona, zona del Tibidabo.

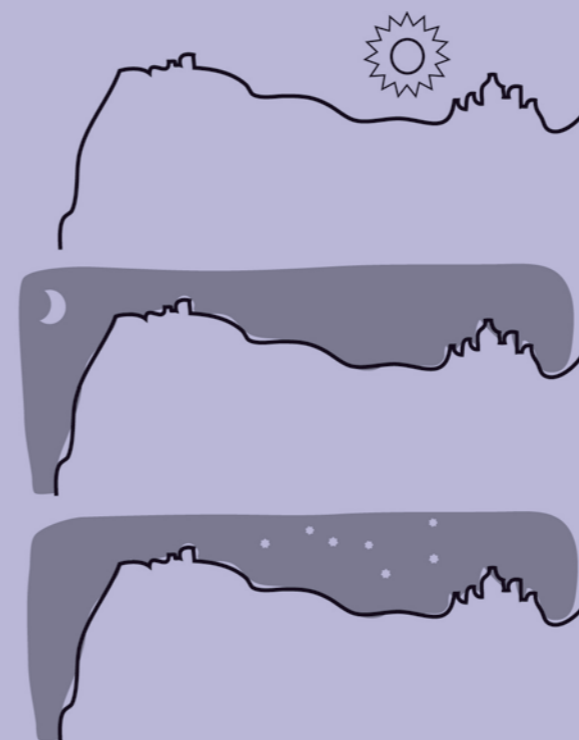


Figura 26: Horitzó Sud-oest de Barcelona, zona de Montjuïc.

Un error que arrosseguem des de fa anys

És comú que si preguntes per on surt el Sol et contestin que per l'Est. Com hem vist, això només és cert 2 dies dels 365 o 366 que té l'any. Per tant cal insistir que observin que cada dia el Sol surt i es pon en un lloc diferent. El que sí és cert és que al migdia solar passa pel meridià del Sol, el punt més alt del dia.

És, doncs, fals que posant la mà dreta per on surt el Sol tenim al davant el nord, a l'esquena el Sud i en l'esquerra l'Oest (figura 27). Aquesta regla d'orientació apareix en molts manuals i és errònia excepte dos dies: els equinoccis. La resta de dies l'error pot ser considerable. Per a la nostra latitud la diferència entre la posició del Sol, a l'horitzó, el primer dia d'estiu i el primer dia d'hivern és d'uns 60 graus.



Figura 27: El Sol surt per l'Est només el primer dia de primavera o de tardor. L'orientació que es representa a la figura només és correcta dos dies a l'any.

Bibliografia

- Ros, R.M., De l'intérieur et de l'extérieur, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
Ros, R.M., Sunrise and sunset positions change every day, *Proceedings of 6th EAAE International Summer School*, 177, 188, Barcelona, 2002
Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., "El planisferio y 40 actividades más", Antares, Barcelona, 2005

Enllaços web:

- <http://es.unawe.org>
<http://unawe.org>
<http://sac.csic.es/unawe>

UNAWE vol aconseguir que els nens i les nenes de tots els països tinguin una relació personal amb l'astronomia que els faci gaudir amb ella. EU-UNAWE és la branca europea del projecte global que es desenvolupa a Espanya, Alemanya, Itàlia, Holanda, Regne Unit i també Sud-àfrica. A través d'experiències i emocions relacionades amb l'observació dels astres es fomenta la consciència que ells són també part de l'univers i que tenen un món per explorar.

