

Cuadrantes, astrolabios e balestiñas

Instrumentos para calcular a latitude na época das descubertas

José Manuel Castaño García

A partir do s. XV os mariños europeos intèrnense no océano navegando moi afastados da costa para o que foi preciso observar a altura do Sol ou da estrela Polar sobre o horizonte. Por esta circunstancia, este tipo de navegación é coñecida como de altura, en oposición a aquela outra realizada coa terra no horizonte, coñecida como de cabotaxe.

Ao afrontar o desafío de navegar durante moitas singraduras pola mar oceánica (así se dicía daquela), rodeados por unha extensión de auga que semellaba infinita, os mariños comezaron a utilizar uns instrumentos náuticos fáciles de transportar que eran versións simplificadas doutros aparellos de observación astronómica xa usados en terra. Con eles podían observar a altura sobre o horizonte do Sol, a estrela Polar, ou outros astros, co propósito de poder calcular a latitude, é dicir, o arco de meridiano comprendido entre o punto onde se atopaban e o ecuador. Esta é unha das dúas compoñentes esenciais para pescudar a súa posición. Para coñecer de forma precisa a lonxitude (a outra compoñente esencial), deberían agardar ata a segunda metade do s. XVIII a que se inventase o cronómetro mariño e, sobre todo, ao s. XIX a que se fabricase en serie.

Para o obradoiro titulado “Para ser grumete”, que impartín nos últimos cinco anos no Museo de Pontevedra, realiceí, coa colaboración de Alberto Acuña, técnico de carpintería, unhas imitacións destes sinxelos aparellos náuticos (fig. 1). Con eles os asistentes á dita actividade divulgativa fixeron observacións da altura do Sol ou da estrela Polar como o farían os mariños do s. XVI e viron como, a partir dos datos obtidos e dos ofrecidos polas publicacións náuticas que daquela se comezaban a elaborar, podían achar a latitude, aínda que cunha precisión menor que a obtida cos instrumentos de reflexión máis exactos que se inventarían no s. XVIII.

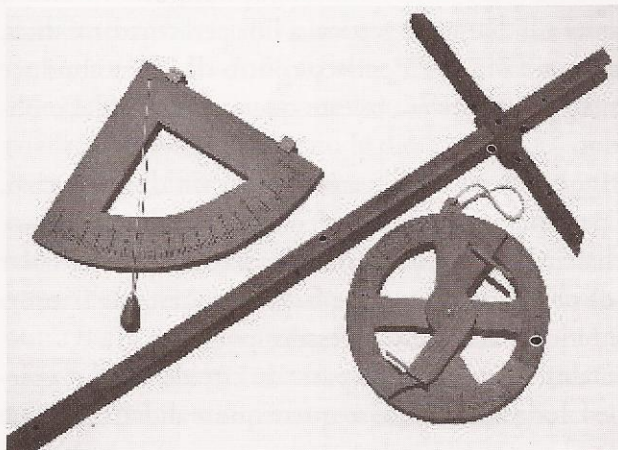


Fig. 1

Nas súas mans tiveron cuadrantes, astrolabios e balestiñas, como se fosen os pilotos de carabelas e naos navegando en medio do océano, tratando de “pesar” o Sol (que desta maneira se dicía cando se observaba a súa altura para saber exactamente cando era mediodía naquel punto e tamén para poder achar a latitude) e comparar a súa observación coa dos demais compañeiros. Así o facían os pilotos das embarcacións que navegaban en conserva, que ven ser navegar dous ou máis barcos en compañía. Pero, a diferenza das observacións realizadas no mar, o solo sobre o que apoiaban os seus pés non se movía, nin tan sequera un pouco e, por outra banda, da súa observación non se ían desprender consecuencias negativas para a seguridade da embarcación e dos seus tripulantes nin tampouco para chegar a un lugar preciso. O erro que a fins do s. XV ou no s. XVI se podía cometer co manexo destes instrumentos era aproximadamente de medio grao o que equivalería a trinta millas náuticas actuais medidas nun meridiano, co que se podería pasar ao norte ou ao sur dunha illa pouco montañosa sen chegar a vela.

A continuación vou describir como eran, e como se manexaban estes aparellos, e invito aos lectores interesados a que traten de recrear en madeira, ou noutro material, algún deles. Comezarei polo que estimo máis sinxelo, de fácil manexo e elaboración: o cuadrante.

Trátase da cuarta parte dun círculo, graduada de 0° a 90°, con dúas taboíñas perforadas dispostas sobre un dos raios, como se ve na imaxe (fig. 2). Na bisectriz do ángulo recto faise un burato por onde pasará un fío ou cordel fino do que colgará un peso, podería servir perfectamente para esta función un chumbo de pesca. A escala graduada estará comprendida entre dúas liñas que partirán dende o burato e irán paralelas aos lados rectos e necesariamente á mesma distancia deles. A marca de 0° estará cara ao lado no que non estean as miras e a de 90° estará próxima ao dito lado. O cordel non debe ser moi gordo para apreciar mellor a medida.

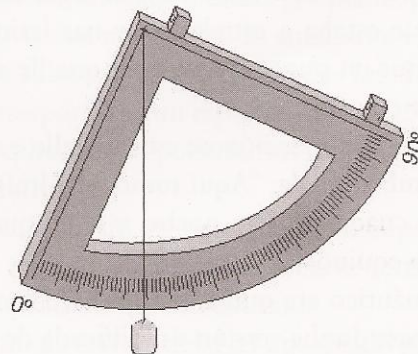


Fig. 2

O observador orienta o cuadrante mirando a través dos dous buratos abertos no lado superior ata visualizar a estrela Polar ou o Sol. No caso deste último astro, para non quedar cego pola intensidade dos seus raios a mediodía, algo que lle sucedeu a moitos mariños, evitará miralo directamente.

Para iso, sen mirar directamente o Sol, collerá o cuadrante e tratará de orientalo cara ao dito astro (fig. 3) ata que vexa que se proxectan dous puntos luminosos sobre unha superficie clara (se alguén o axuda pode poñer un papel ou un cartón próximos ao aparello para velos mellor). Entón vai movendo lentamente o instrumento de forma que os puntos se vaian achegando ata que coincidan nun único punto de luz. Nese intre tamén observará como o raio de luz que entra polo burato máis próximo ao Sol se proxecta exactamente sobre o outro orificio, iluminándoo. Esta é outra forma de realizar a observación.

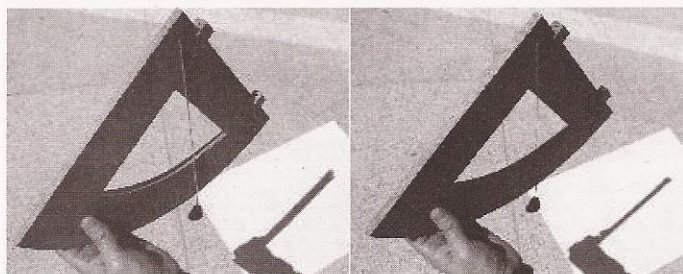
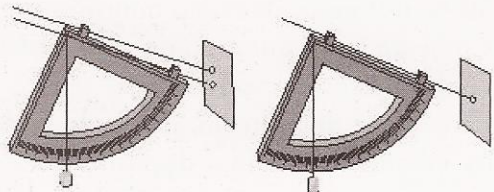


Fig. 3



Cando isto sucede é que ten o Sol aliñado, como se o estivese a ver directamente, e nese intre debe ler o valor que sinala sobre a escala graduada o fío do que colga o chumbo. Para que a lectura sexa o máis precisa posible é conveniente que unha persoa oriente o cuadrante e a outra realice a lectura.

Ao principio, o cuadrante náutico non tiña unha escala graduada, senón que aparecían no seu lugar as marcas da altura á que estaba a estrela Polar nas latitudes de diferentes portos ou puntos relevantes, que lle servirían de referencia e comparación.

No Diario de Colón menciónase este aparello e así o día dous de novembro sinala: “Aquí tomó el Almirante el altura con un cuadrante esta noche, y halló que estaba 42° de la línea equinocial”.

O astrolabio náutico era outro instrumento moi usado (fig. 4). Tratábase dunha versión simplificada do astrola-

bio astronómico. O nome procede do grego astrolabion (astron = estrela e lambano = collar). Aparece descrito por vez primeira nas obras de Alonso de Chaves e Martín Cortés a mediados do s. XVI.

Trátase dun círculo ou, mellor, dunha coroa circular con catro raios que leva unha alidada que xira polo centro da peza. O conxunto colga dunha argola. Na alidada van colocadas dúas láminas, unha a cada extremo, que levan cada unha delas un burato.

O observador suspende o astrolabio pola argola e oriéntao cara ao Sol ou a estrela Polar e vai xirando a alidada ata que o vexa polos buratos abertos nela. No caso do Sol deberá tomar as mesmas precaucións que sinalamos para o cuadrante co fin de non sufrir danos na vista pola intensidade dos seus raios. Por esta razón observará a proxección dos dous puntos de luz dos buratos abertos na alidada ata que queden convertidos nun só, ou mellor aínda, observará cando a proxección da luz que atravesa

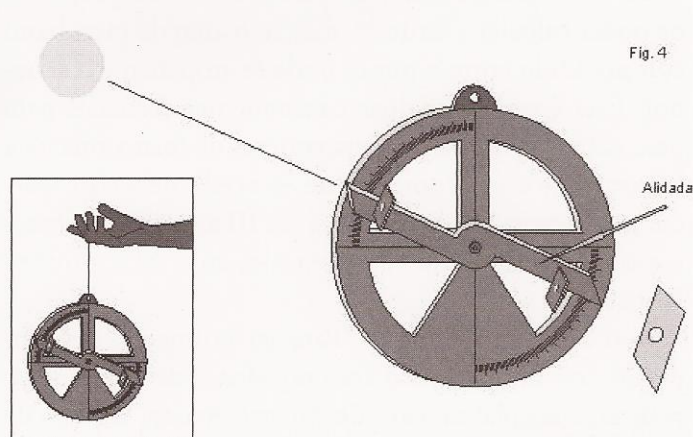


Fig. 4

o burato máis próximo ao Sol se proxecte exactamente sobre o outro burato.

Como o astrolabio se suspende da man como se fose unha balanza, a esta operación déuselle o nome de “pesar o Sol”.

O diámetro horizontal, marcado cunha liña, indica o horizonte e o diámetro vertical a liña cenit-nadir, é dicir, a liña imaxinaria que dende o centro da Terra conduce ao centro da semiesfera celeste que ten enriba del o observador.

Ao principio o astrolabio náutico era un disco macizo, pero, para tratar de ofrecer menos resistencia ao vento, foise baleirando quedando en forma de coroa circular ou roda con catro raios. Para facelo máis estable fíxose o raio inferior máis ancho e pesado.

Habitualmente só algunha parte do círculo ou coroa circular estaba graduada. Se se quere que a alidada indique

a altura do Sol, poñerase na liña do horizonte o valor 0° e na liña cenit nadir o de 90° . Se se prefire que nos indique directamente a distancia cenital, é dicir, os graos que lle faltan ao Sol para estar mesmo no cenit do observador, poñerase, pola contra, o valor de 90° na liña do horizonte e 0° na liña cenit nadir.

Tamén podemos facer que unha das partes graduadas nos indique a altura do Sol e outra nos dea a distancia cenital.

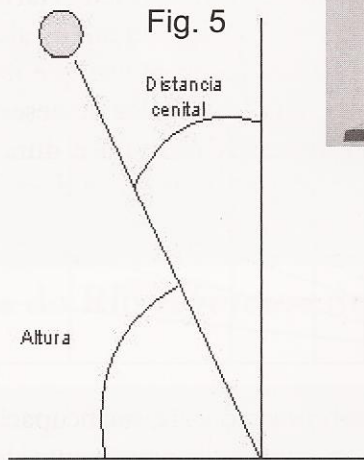


Fig. 5

$Latitude = distancia + declinación (+/-)$
(A declinación pode ter un valor positivo ou negativo)

Para o cálculo da latitude, o valor que precisamos é a distancia cenital (fig. 5) para sumalo á declinación do Sol.

A declinación do Sol é o ángulo que forma o Sol co ecuador. Este ángulo vai aumentando ou diminuíndo cada día, entre os valores extremos de $23,5^\circ$ e $-23,5^\circ$ alcanzados no solsticio de verán no primeiro caso e no do inverno no segundo. O valor preciso de cada día hai que buscalo en táboas náuticas de declinación que se empezaron a crear a partir do s. XVI.

Debido ao balanceo e ao cabeceo producido nunha embarcación polo estado do mar, ás veces non se podían realizar as observacións do Sol ou da estrela Polar cos instrumentos descritos e así queda reflectido no Diario de Colón no día 3 de febreiro de 1493 cando sinala: "No pudo tomar la altura con el astrolabio ni con el cuadrante, porque la ola no le dio lugar".

No s. XVI comeza a utilizarse no mar, xunto aos instrumentos xa descritos, a balestiña (fig. 6). Trátase dunha barra ou vara de madeira con sección cadrada sobre a que corre, perpendicularmente a ela a modo de cruz, outra barra máis pequena. O observador coloca o extremo da barra longa baixo o seu ollo e vai desprazando a barra pequena ata que o seu extremo inferior coincida

coa liña do horizonte e o superior coa estrela ou o Sol. Entón mirará o valor sinalado pola posición da barra pequena sobre a escala gravada na barra grande.

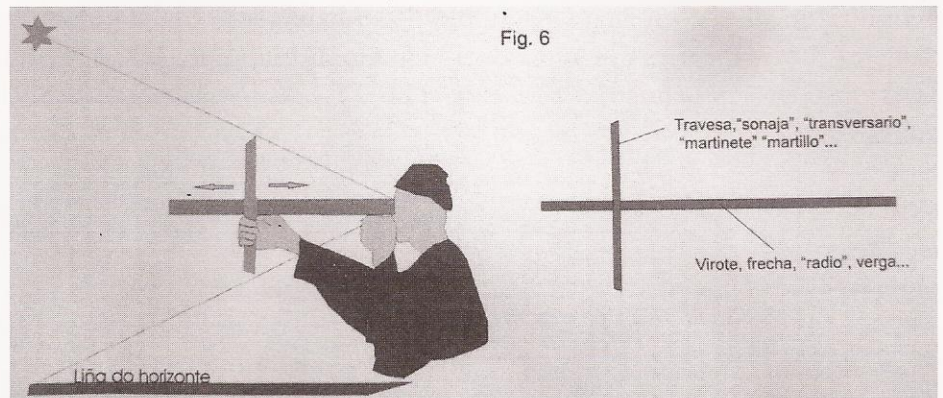


Fig. 6

A madeira empregada na realización deste instrumento debe de ser dura para que non se deforme co uso

A diferenza do que ocorrería co cuadrante ou co astrolabio, que non era necesario visualizar a liña do horizonte, coa balestiña si o é. Hai que visualizar á vez o astro e a liña do horizonte, o que resulta difícil de noite cando o horizonte non se aprecia ben. Pero ten, entre outras, a vantaxe de que permite medir ángulos en calquera posición do observador, por exemplo, cando este está nunha posición elevada con respecto a un ou aos dous puntos entre os que quere medir o ángulo que forman.

En castelán, ademais de "balestilla" aparece escrito "balestilla" ou "balestrilla". Podería ser que o nome obedezca á semellanza do xesto do observador, cando está usando este instrumento, co que realiza un besteiro ("balestero") disparando a súa arma. Ou, se cadra, o nome podería proceder do árabe "balisti" que significa "altura".

Recibiu tamén outras denominacións como: radius visorius, raio astronómico, frecha astronómica, baculus Jacobi.

A vara ou barra longa, onde vai a escala, recibe diferentes nomes como virote, frecha, verga ou raio, mentres que a travesa ou vara máis pequena que se despraza perpendicularmente recibía o nome de "sonaja", "transversario", "martinete", ou "martillo", entre outros.

No virote vai marcada a escala graduada, pero a diferenza das divisións nas escalas do cuadrante e do astrolabio, que eran valores iguais para ángulos iguais, agora a cada grao correspóndelle un espazo diferente. No anexo deste artigo explico como poderíamos trazar as divisións desta escala graduada.

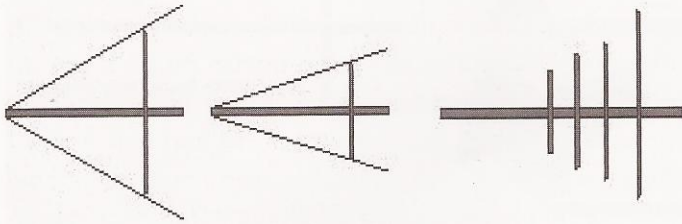
As dimensións do virote non deben superar os 75 cm pois, se así fose, ao desprazar a barra vertical ou travesa non alcanzaríamos o seu extremo.

O tamaño da travesa debe ser apropiado para latitude da

zona onde se queira utilizar xa que as travesas grandes permiten medir con máis facilidade ángulos grandes e as máis pequenas os máis reducidos. Así, por exemplo, para un mesmo virote de 75 cm, unha travesa de 40 cm permitiría medir ata un ángulo mínimo de aproximadamente 30° namentres que unha de 20 cm permitiría medir de forma aproximada ata un ángulo de 15°.

Por esta razón fixéronse balestiñas onde a

Fig. 7

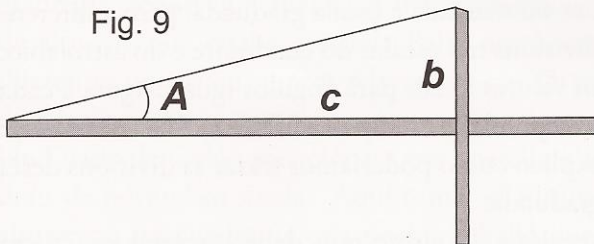


un mesmo virote lle podían poñer travesas de diferentes tamaños (fig. 7). En cada cara do virote habería unha escala distinta correspondente cada unha das travesas.

Ao utilizar a balestiña, para evitar a intensidade do Sol adoitábase ocultalo coa travesa poñendo o seu extremo superior de tal xeito que marcase o Sol polo bordo de arriba e non polo centro. Outra forma de usala sería poñéndose de costas ao Sol e ir movendo a travesa ata que a sombra do seu extremo superior se proxectase nunha pequena peza colocada no extremo do virote onde se poñía o ollo para observar. O outro extremo da travesa debería coincidir coa liña do horizonte.

O cuadrante Davis, inventado en 1595, melloraría a observación do Sol de costas a este astro, representando un avance. Pero será sobre todo a partir 1730 cando se produza un cambio significativo e preciso: a invención do octante e, a partir del, o resto dos compoñentes da familia de instrumentos de reflexión (o sextante e o quintante). Eles chegarían a permitir lecturas coa precisión de segundos de ángulos. Pero estes instrumentos, imprescindibles para a navegación ata a aparición dos GPS, non son obxecto deste artigo divulgativo que quixo achegarlle ao lector interesado unha época onde mirar ao ceo se fixo necesario para percorrer e trazar camiños invisibles sobre o mar.

Fig. 9



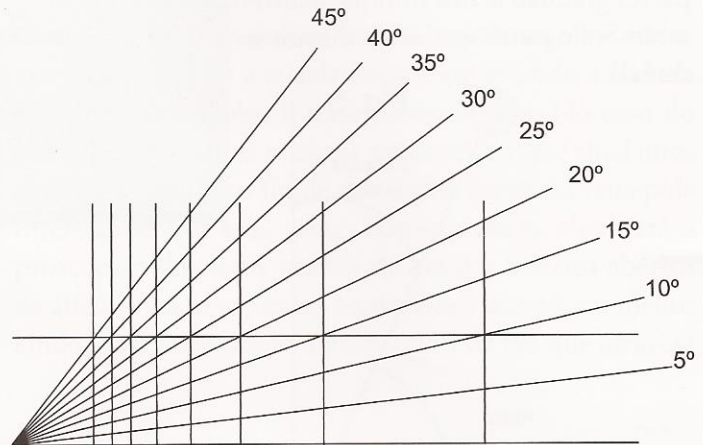
$$\text{Tanxente de } A = b / c$$

$$c = b / \text{tanxente de } A$$

ANEXO

Para marcar a escala graduada do virote podemos utilizar dous métodos. Un gráfico e o outro trigonométrico. No primeiro caso (fig. 8), trazaremos unha liña horizontal das dimensións do virote a escala (podemos usar para iso papel milimetrado). Dende a súa orixe iremos trazando liñas inclinadas con diferentes ángulos servíndonos dun transportador de ángulos.

Fig. 8



Trazaremos a continuación outra liña horizontal paralela á primeira, a unha distancia dela igual á metade da medida a escala da travesa. Dos puntos onde se corten as liñas inclinadas con esta liña horizontal trazaremos perpendiculares a ela que cortarán a liña base horizontal. Os puntos de corte con esta liña serán os valores dos ángulos que marcaremos no virote (cada unha das marcas debe de ser o dobre do valor do ángulo que forma a liña inclinada coa liña base).

Outra forma de marcar as divisións consiste en formar un triángulo rectángulo no que un dos lados corresponda coa metade da lonxitude da travesa e o outro coa lonxitude do virote correspondente a cada ángulo que queiramos medir (fig. 9). Logo aplicaremos a fórmula trigonométrica que di que a tanxente dun ángulo a é igual ao cateto oposto dividido polo cateto contiguo. O que nós debemos achar é o valor do cateto contiguo para cada valor que lle deamos ao ángulo.

b é a metade da lonxitude da travesa

A é a metade do ángulo que queremos medir

c é a distancia entre a travesa e o extremo do virote correspondente ao ángulo que queiramos medir