

A variabel sombra do sol

David Buján, Ana Otero, Antón Otero

Este traballo tén por obxectivo o dar resposta ás dúas cuestións seguintes:

a) Por qué se produce o cambio no tipo de curvatura das sombras dun obxecto nas distintas estacións do ano?

b) As curvas descritas polos extremos das sombras son cónicas?, de que tipo?

Como case sempre que se emprende unha busca como esta as preguntas anteriores dan pé, como se verá, a introducir outras cuestións derivadas delas. Compre facer, antes de empezar, unha pequena introducción ao tema que nos ocupa.

Introducción

Cun simples *gnomon* (un pao cravado verticalmente no chan) podese comprobar a variación na curvatura das sombras segundo as estacións:

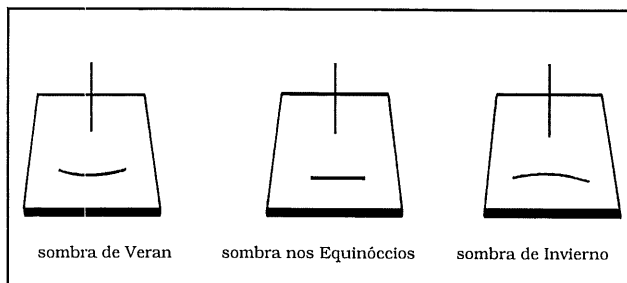


Figura 1. Válidas nas nosas latitudes

Este cambio de curvatura só pode deber-se ás distintas alturas acadadas polo Sol ao longo do ano; mais, como pode por-se de manifesto este feito?

Ademais, estas curvas son as mesmas en todos os lugares da Terra?

Estas son algunhas das cuestións suscitadas pola práctica, pola observación experimental.

A variabel sombra do sol

E sabido que o Sol move-se polo Ecuador Celeste nos día de Equinóccio (aproximadamente os 21 de marzo e de setembro de cada ano), estando por riba do Ecuador en Primavera e Verán e sob del en Outono e Inverno.

Vexamos en primeiro lugar que sucede os días de Equinóccio. Neles o Sol describe un Círculo Máximo no ceo: o Ecuador Celeste e, por tanto, o plano da traxectoria solar contén á Terra. O extremo da sombra está, xa que logo, no plano horizontal e no plano da traxectoria solar. A intersección destes dous planos é unha liña recta que marca a dirección E-W ao ser intersección do Horizonte do Lugar e do Ecuador:

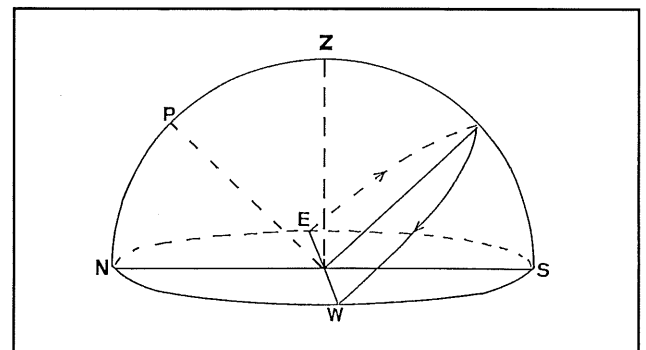


Figura 2. PN: Polo Norte Celeste. Z: Cenite. E: Este. W: Oeste. E-W: Liña de sombra.

Isto non depende para nada da *latitude do lugar* ou, dito con outras palabras: "A sombra nos días de Equinóccio segue unha liña recta en todos os lugares da Terra".

Experimentalmente podemos comprobar que hai unha distancia "d" entre esa recta e a base do *gnomon*.

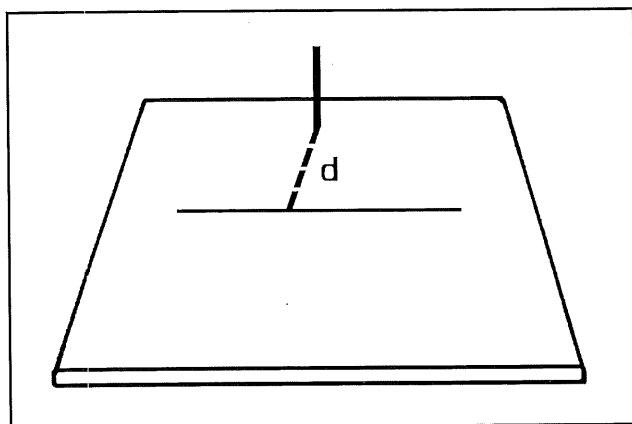


Figura 3

Parece natural preguntar-se se esa distancia é a mesma en todos os lugares da Tera.

Tomemos en primeiro lugar como referencia unha *latitude* de 90°N . Como estamos no Polo Norte, nos días de Equinóccio o Sol está no Horizonte, así non hai sombras, ou falando en termos de Xeometría Proxectiva, a sombra percorre a Recta do Infinito.

No outro caso extremo (*latitude* 0° : Ecuador) nos días de Equinóccio ás 12 do mediodía o Sol pasa polo Cenite así que o extremo da sombra (inexistente nese instante) coincide coa base do *gnomon* e "d" pasa a ser 0. A situación aclárase na figura:

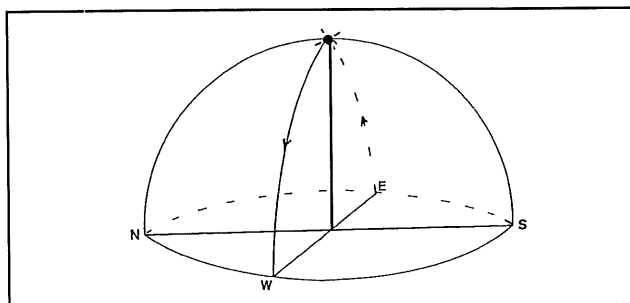


Figura 4

Agora ben, en latitudes intermedias canto maior sexa a *Latitude* máis baixo estará o Ecuador sobre o Horizonte. Deste xeito a recta que percorren os extremos das sombras estará máis afastada da base do *gnomon* canto maior sexa a *latitude do lugar*. A situación visualízase na figura:

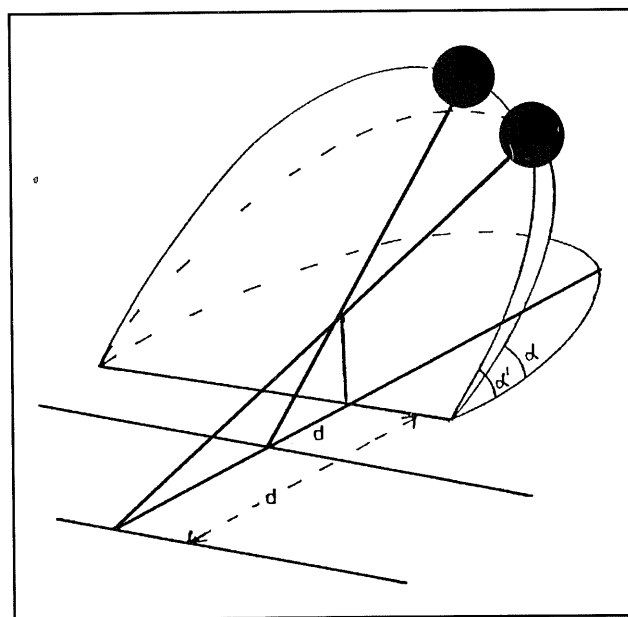


Figura 5

e son as *colatitudes do lugar*. Como $>$ temos que $d' < d$, así a maior *latitude*, maior distancia.

Por tanto e como conclusión deste apartado podemos sinalar:

"Os extremos da sombra do *gnomon* percorren unha recta nos días de Equinóccio con independéncia de *latitude*, mais canto maior sexa esta máis se afastará esa recta da base do *gnomon*".

E os demais días?

Supoñamos agora o Sol movendose(*) nun Paralelo Celeste distinto do Ecuador. Vexamos que o extremo da

sombra percorre traxectórias que dependen da *latitude* e da estación do ano.

Se a *latitude do lugar* é de 90°N (Horizonte=Ecuador), cando o Sol está por debaixo do Horizonte (Outono e Inverno) non hai, evidentemente, nengún tipo de sombra. Na Primavera e Verán o Sol está sobre o Horizonte e move-se nun círculo paralelo a el. Este círculo forma coa punta do *gnomon* unha superficie cónica da que os raios solares son as xeratrices, a intersección da prolongación dos mesmos co Horizonte produce un *novo círculo*, o formado polos extremos das sombras:

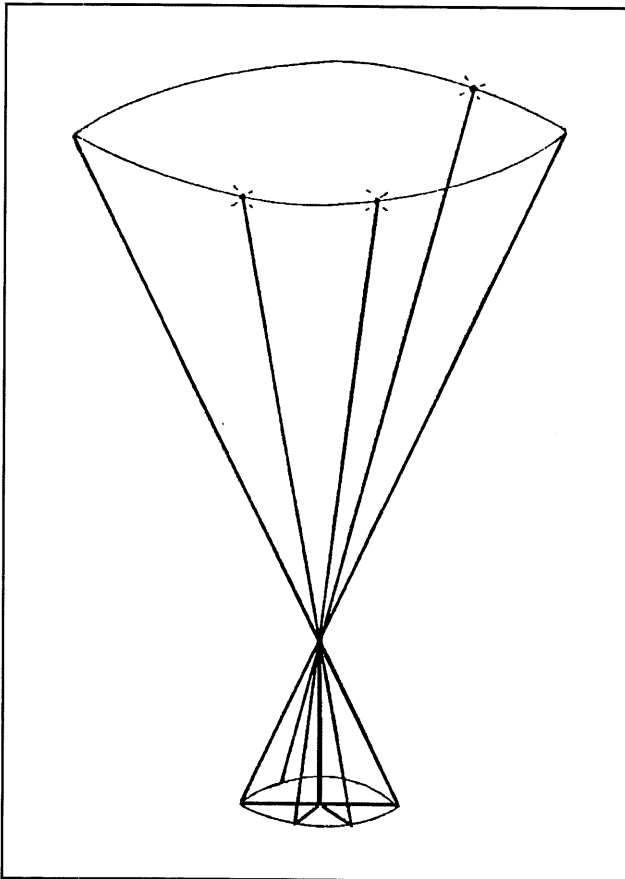


Figura 6

Situandonos por riba do Ecuador ($0^\circ < \text{lat} < 90^\circ$) pode suceder dúas cousas:

a) En Primavera e Verán o Sol está por riba do Ecuador. Supoñamos que o seu percorrido é o do Paralelo "FACD" da figura:

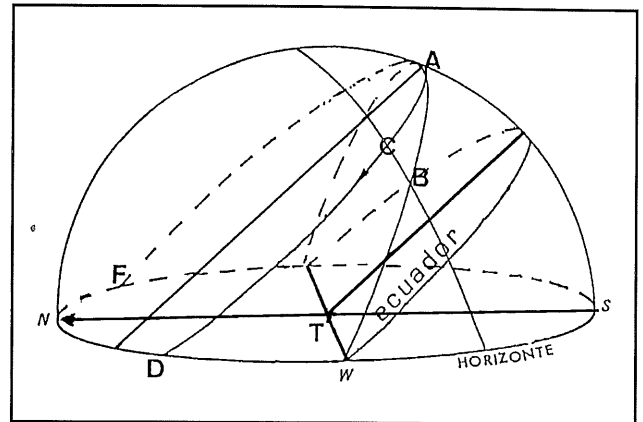


Figura 7

Sexa "EABW" o círculo máximo que interseca ao Paralelo citado en "A" (Figura 7). Se o Sol se move-se por ese círculo máximo o extremo da sombra seguiría unha recta a unha determinada distancia "d" da base do *gnomon* (Figura 8). Como a traxectória aparente do Sol está por riba do círculo máximo citado os extremos das sombras deben aproximar-se máis á base do *gnomon* que a antedita recta. Portanto a traxectória será a curva (mais próxima á base do *gnomon*) da anterior Figura ("B") que só coincide coa recta no punto "A".

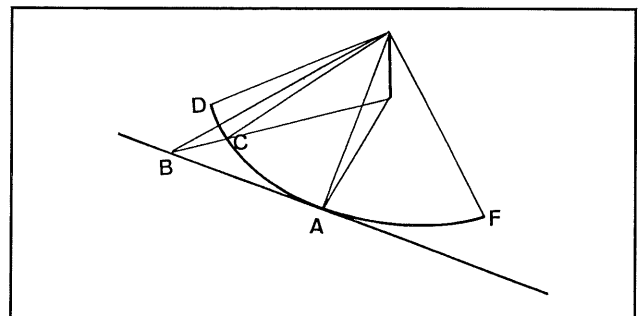


Figura 8

(*) En todo este traballo supón-se ao Sol xirando en círculos arredor da Terra.

b) No Outono e Inverno o Sol está por debaixo do Ecuador e o seu percorrido é como o do Paralelo "FACD" da figura:

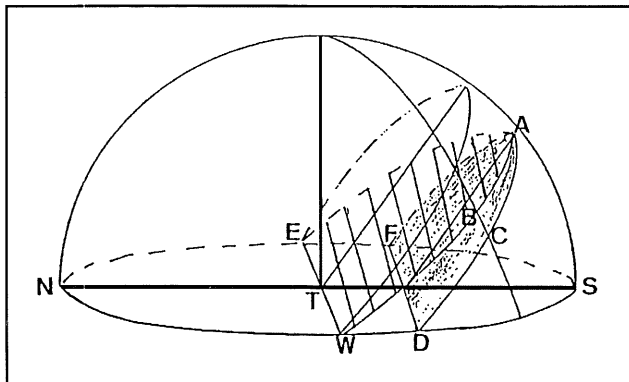


Figura 9

Se o Sol estivesse movendo-se no círculo máximo "EABW" que tem em comum com o anterior o ponto "A", o percurso dos extremos das sombras seria uma linha recta. Como o Paralelo "FACD" está mais baixo que o citado círculo máximo a sombra deve estar *más lonxana da base* do gnomon que esa recta, feito representado na seguinte figura:

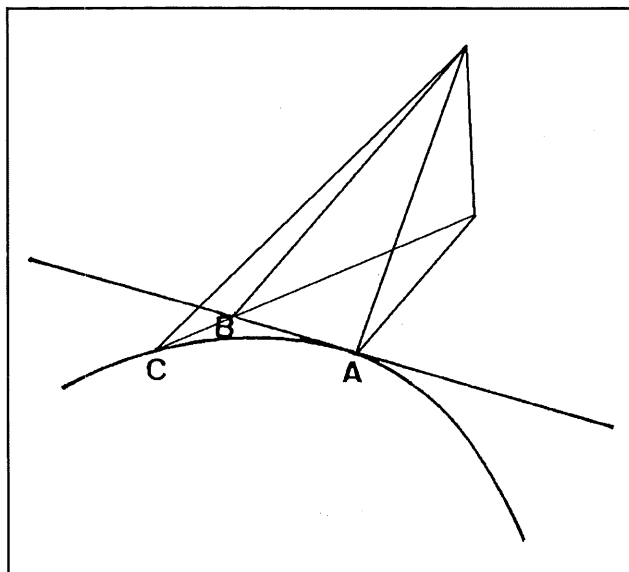


Figura 10

Como casos particulares podemos estudar o seguintes:

1) Nas nosas latitudes na Primavera e Verán a sombra corta á liña E-W dado que o Sol sae polo Nordeste e pon-se polo Noroeste.

No Outono e Inverno a sombra pola contra non chega cortar á liña E-W como se indica nas figuras:

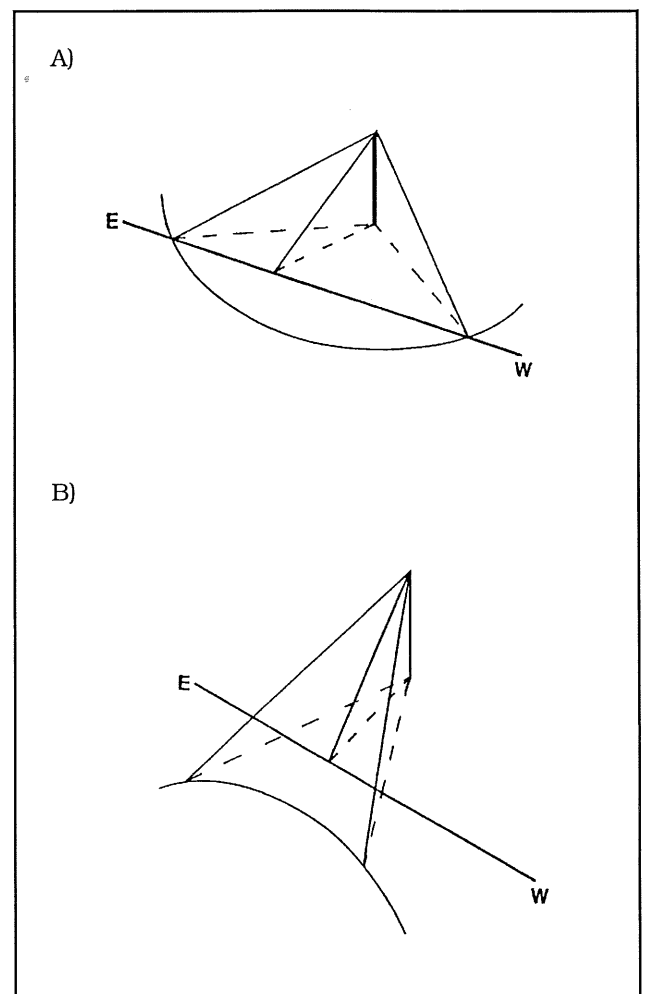


Figura 11

2) Se a latitude é de 23° 27'N (Trópico de Cáncer), o día do Solstício de Verán o Sol está no Cenite a mediodía e nese momento o gnomon non produce

sombra. Agás nese instante, como o Sol está na semiesfera definida polas direccións "ENW", a sombra está no semiplano horizontal "ESW".

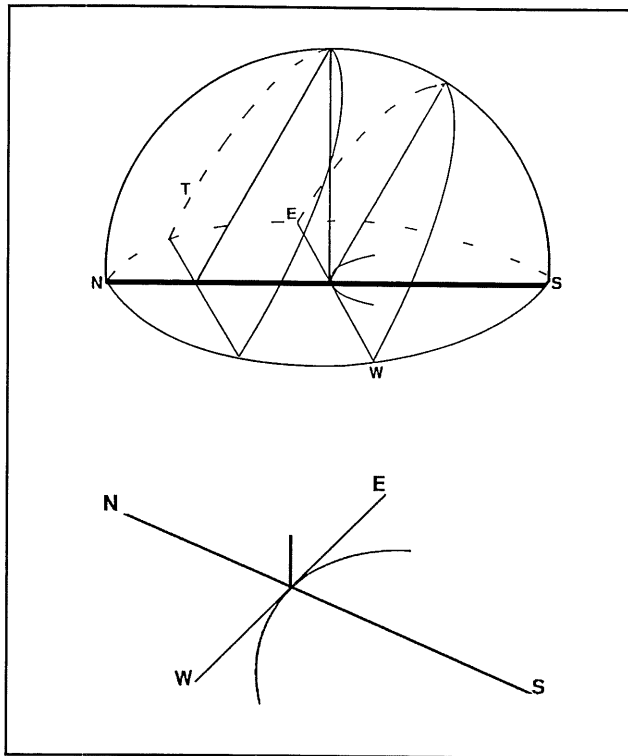


Figura 12

3) Na zona subtropical e segundo a Latitude durante a Primavera e Verán produce-se as sombras da figura:

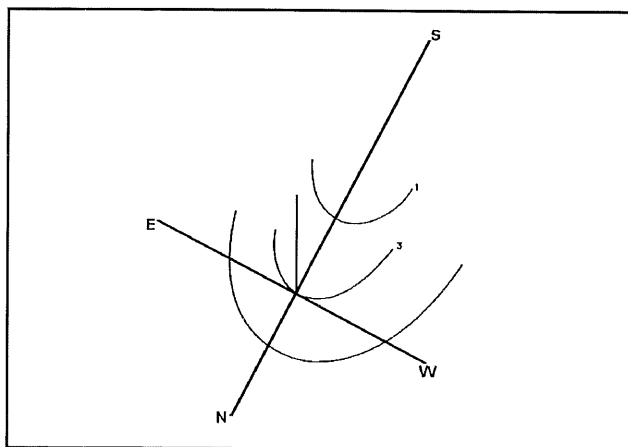


Figura 13

Sendo do tipo 1) os días próximos ao Solstício e do tipo 2) os días próximos ao Equinóccio; do tipo 3) son o día que o Sol pasa polo Cenite.

Finalmente no Ecuador a sombra produce-se no semiplano "ENW" no Inverno e Outono e no semiplano "ESW" na Primavera e Verán sendo unha recta como xa vimos, os días de Equinóccio.

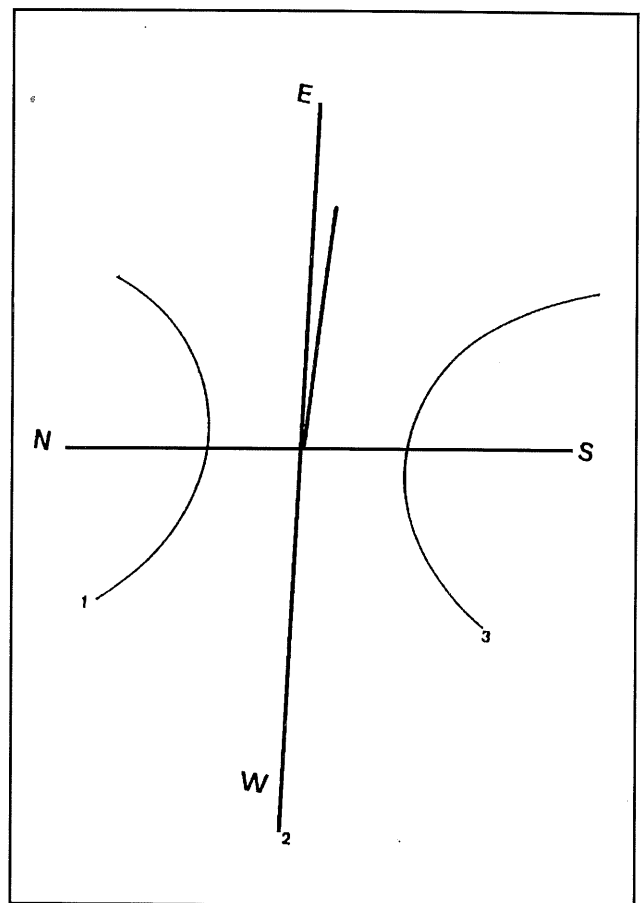


Figura 14

A respecto do tipo de curvas descrito polas sombras, no anterior vimos xa un caso. Nefeito, no Polo Norte na Primavera e Verán as sombras describen *CIRCULOS*:

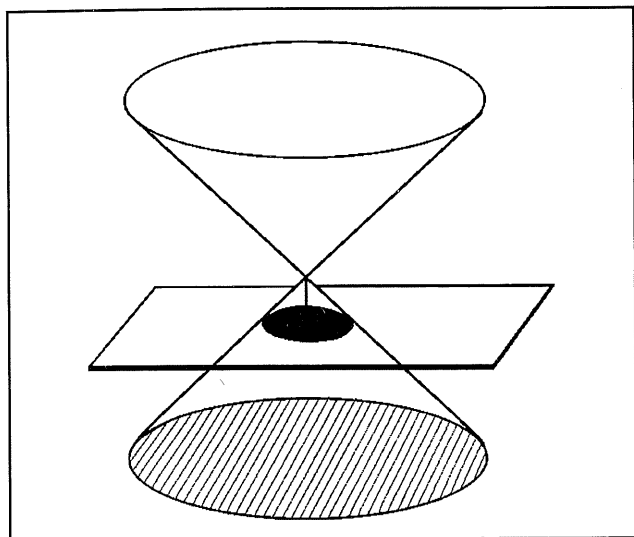


Figura 15

Mais o tipo de cónica varía como imos ver de seguido.

En lugares situados máis arriba do Círculo Polar Ártico ($66^{\circ} 33' < < 90^{\circ}$) cando o Sol está por riba do Horizonte as 24 horas do día, por exemplo no Solsticio de Verán, o Plano do Horizonte interseca á superficie cónica xerada polos raios do Sol coa punta do *gnomon* segundo un plano que corta a todas as xeratrizes sen ser paralelo á base. Trátase así dunha *ELIPSE* segundo mostra a seguinte figura:

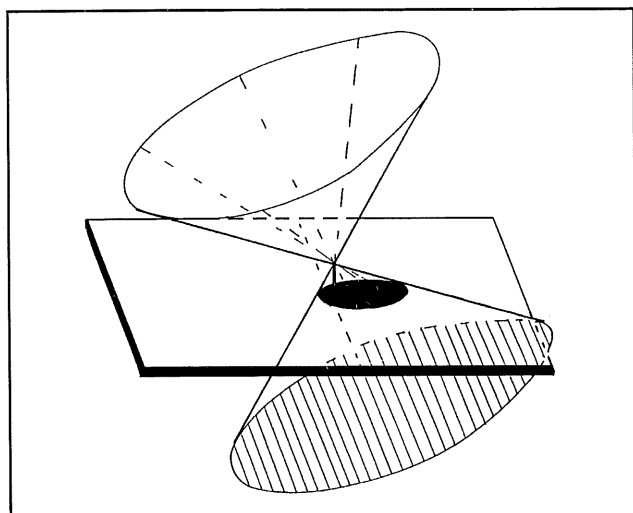


Figura 16

Válida para latitudes comprendidas entre $66^{\circ} 33'$ e 90° .

Cando o Sol se move tanxencialmente ao Horizonte sendo visíbel as 24 horas do día (por exemplo: no Círculo Polar Ártico o día do Solsticio de Verán) a cónica descrita polos extremos das sombras será unha *PARABOLA*:

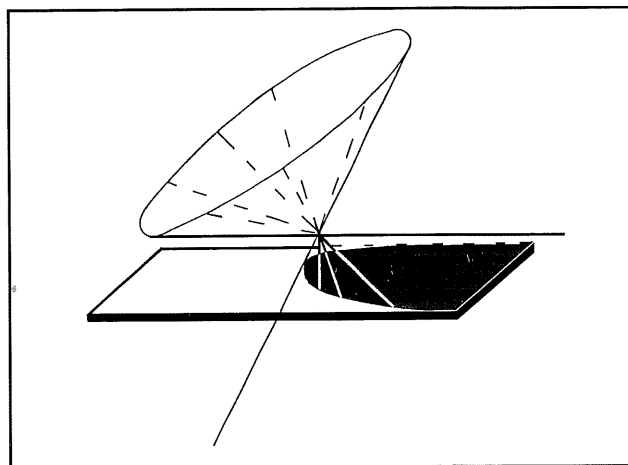


Figura 17

Finalmente en latitudes menores ($0^{\circ} < < 66^{\circ} 33'$) as sombras describen cónicas do tipo *HIPERBOLA*. Neste caso a superficie cónica determinada polo extremo da punta do *gnomon* e o camiño aparente do Sol, camiño que está parte del por riba do Horizonte e parte baixo este, corta ao Plano do Horizonte dúas veces describendo nas catro estacións do ano as dúas ramas dunha *HIPERBOLA*.

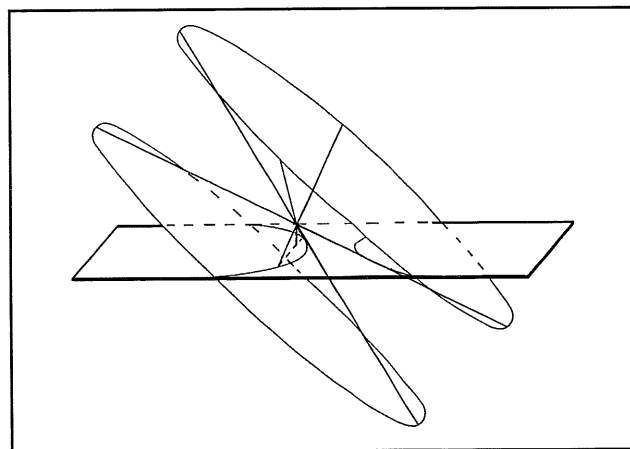


Figura 18

David Bujón/Ana Otero/Antón Otero
I.B. de Cambre/I.B. de Adormideras/I.B. de Monelas.
A Coruña