

## Apéndice 1

*El Rey = Presidente e oydores de la Nuestra Audiencia Real que reside en la Ciudad de la Plata de la Provincia de los Charcas: saued que para tomar las verdaderas alturas de los pueblos de españoles del destrito de essa Audiencia, y aueriguar con precision la longitud y distancia que ay destos Reynos a essos, que hasta agora no esta hecho como combiene, para situarlos en las discripciones y cartas de geographia en su verdadera graduación, y para corregir las nauegaciones y distancias itinerarias y para otros efectos combinientes a Nuestro seruicio, es necesario que se obseruen las cantidades de las sombras, y el tiempo y ora de vn eclipse de la Luna a de auer por el mes de Jullio del año que viene de ochenta y vno, por la orden y forma contenida en las ynstrucciones impresas que para ello se os ymbian, y ansi os Mandamos que tengais particular cuydado de ymbiar a tiempo combiniente vna de las dichas ynstrucciones a cada vno de los pueblos de españoles del destrito de essa Audiencia, ordenando apretadamente a las Justicias dellas que hagan y cumplan lo en ella contenido; y para que no pueda hauer descuydo se lo tornareis apercebir y acordar cerca del dicho mes de Jullio; y mandareis que se haga la dicha obseruación en essa Ciudad por la forma de la ynstruccion, y las relaciones y papeles que de ello resultaren, las ymbiareis con breuedad por dos vias y a buen recaudo como en la dicha ynstruccion se os ordena; y ansi mismo hareis poner luego en execucion de essa Audiencia, conforme a las ynstrucciones ympressas que para ello se os ymbiaron, y reconocer todos los papeles y scripturas tocantes al Gouierno de essa Audiencia, y recoger las demas que juzgaredes ser apropiato para la historia de lo subcedido en essa tierra, ymbiando originalmente los que pudieren hauer, y copia y relacion de los otros, conforme a la orden que se os dio para ello, y auisarnos heis de lo que en todo se hiciere, entendiendo en ello con mucho cuydado, solicitud y diligencia como en cossa de Nuestro seruicio. Fecha en Badajoz a tres de Junio de mill y quinientos y ochenta años. = Yo el Rey. = Por mandado de Su Magestad; Antonio de Herasso. = Entre renglones: Luna que a de auer por el mes de Jullio del año que. = Corregido con su original. = Joan Baptista de la Gasca.*

*Ynstruccion para la obseruacion del eclipse de la luna y cantidad de las sombras que Su Magestad manda hacer el año de mill y quinientos y ochenta y uno en las ciudades y pueblos de españoles de las Yndias para verificar la longitud y altura dellos, que aunque pudiera hauer otros medios matemáticos para ello, se an elegido por mas fáciles los que se siguen.*

*Primeramente el eclipse de la luna del dicho año de mill y quinientos y ochenta y vno sera a quince de Jullio en España despues de media noche, y en las Yndias despues de anochece, mas o menos, segun la mayor o menor distancia y longitud de las prouincias; pero porque en esto ay dubda y en la computacion de la ora diferencia, lo que se a de hacer es lo siguiente:*

*Un dia o dos antes del eclipse, en parte descubierta y desembarazada donde el sol toque en saliendo, y al ponerse sobre alguna cossa de barro duro, cal o yeso, o de madera, se haga vn plano o llanura de hasta vna vara en quadro a rregla y nibel, de manera que quede lisso e ygual de todas partes, y no mas alto ni leuantado por una que por otra, y en el medio del, con un compas, que se podra hacer de madera en casso que no lo aya de otra cosa, hacerse an, dos circulos redondos, vno dentro del otro desde vn mismo centro, que es el punto de en medio del circulo, donde para hacerse se asienta el vn pie del compas, que para vn circulo estara abierto una tercia de vara de medir de punta a punta, y para el otro tercia y media.*

*Y hechos los dichos circulos pondrase hincado en el centro y punto de en medio vn clavo o estilo de yerro o madera derecho, lisso y delgado, de vna tercia de largo justa, sin lo que estuuere metido en el plano, y lebantado a nibel, sin que este mas trastornado ni caydo a vna parte que a otra, que se podra hacer y entender que esta bien ygualado con el compas lo que vbiere por una parte y por otra desde lo alto del estilo hasta la rraya o circunferencia del vno de los circulos.*

*Y hecho esto mirarse a con atencion despues de salido el sol la parte y punto de la rraya del circulo mayor por donde la sombra del estilo viniere a meterse toda en el, y, al tiempo que la estremidad y fin de la sombra estuuere sobre la misma raya y circunferencia y circulo, sin que este nada fuera ni metida del todo dentro, sino sobre la misma linea redonda, harase vna señal o punto sobre ella en el medio del fin de la sombra, y lo mismo se hara despues en el cerco del circulo menor quando la sombra entrare en el, que bien podra subceder en algun tiempo y region que la sombra no se acorte tanto; pero como quiera que sea como la sombra fuere descreciendo y haciendose menor, se le yra siempre arrimando en el fin y extremo della alguna cossa que sirua de señal, para que se vea si siempre decrece, y en la parte donde llegare a ser menor, que sera al punto de medio dia, hacerse a otra señal o punto, y desde el medirse a, con el compas lo que hay justamente hasta la raiz y principio del estilo por la parte donde hecha la sombra, y en vna hoja, no de pergamino, sino de papel, hacerse an, dos rayas o linea de tinta derechas, vna tan larga justamente como la sombra quando mas pequeña fuere, y otra ygual con la largura del estilo desde la raiz y nascimiento del hasta lo alto, sin lo que estuuere yndicado, declarando por scripto sobre cada vna de las dichas lineas, qual es la medida de la sombra y qual la del estilo, y ansi mismo a que parte yba la sombra quando se midio, si hera al Septentrion y Norte o al Sur y Mediodia, y el dia, mes y año quando la dicha obseruacion de la sombra se hizo.*

*Y despues que la dicha sombra voluiere a crecer por la tarde, mirarse a, ansi mismo con atencion por donde sale del circulo menor, si en el hubiere entrado, y hecharse en la circunferencia vn punto quando el fin y estremidad de la sombra estuuere juntamente sobre la misma raya, como se hizo quando entruaua; y lo mismo se hara despues en el circulo mayor de afuera, hechando otro punto por donde la sombra llegare a salir del.*

*Y haviendose tomado los dichos dos puntos de la entrada y salida de la sombra en cada vno de los circulos, hecharase otro punto tercero en la circunferencia de cada vno dellos en medio de los dos primeros, de manera que desde el punto por do la sombra entre en el circulo mayor hasta el dicho tercero punto, aya ygual distancia y pedazo de circunferencia que desde el hasta el otro punto por do la sombra salio, y lo mismo en el otro circulo ynterior y mas pequeño, y quitando el estilo de su lugar, ponerse a una regla bien ajustada desde el punto de en medio del vn circulo hasta del otro, y tirarse a vna linea larga que atrauiese los circulos y el plano, que se llamara linea meridiana, porque hira derecha del Norte a Mediodia, y si estuuiese bien hechada pasara por el punto donde la sombra llego a ser menor, y por el centro y agupro donde el estilo estubo hincado, partiendo cada vno de los circulos en dos partes yguales o medios circulos, que se volueran despues a partir por medio, hechando en el medio la circunferencia de cada vno de los dichos medios circulos vn punto que diste por ygual espacio de los puntos por donde la linea meridiana los diuide y sale fuera de los circulos; y tomados estos puntos en la mitad de los medios circulos, hecharse a, con la regla otra linea que pase por todos ellos y atrauiesse el plano, cruzando derechamente la meridiana en el centro sobredicho y asiento del estilo, la qual linea yra derechamente de Oriente a Poniente, con la qual los sobredichos circulos quedaran diuididos cada vno en quatro partes yguales.*

*Y antes del dia del eclipse hacerse a vn ynstrumento de dos haces en la forma siguiente, que sera facil de hacer.*

*En vn tablero de vna tabla o mas, que sea de largo y ancho como vna vara de medir, derecho y lisso, hacerse en cada vno de los dos haces un circulo puesto el vn pie del compas como en el medio del tablero, y el otro abierto de punta a punta vna tercia justa de vara de medir, y en el punto o centro de cada parte donde se huuiese asentado el pie del compas que estuuio quedo para hacer el circulo, pondrase leuantando vn estilo delgado de hierro o de otra cossa de hasta vna tercia de largo cada vno, derechos y a nibel, de manera que a ninguna parte acuesten mas que a otra, como para la sombra queda dicho, y en el nascimiento de los estilos junto a la tabla, colgaraseles con vna lazada floxa vn hilo delgado con alguna plomadilla al cauo que llegue a salir toda fuera de la circunferencia de los circulos o rraya redonda, pero que no llegue a ygualar el anchor de la tabla.*

*Y el dia del eclipse pondrase con el tiempo el sobre dicho ynstrumento, leuantando de canto sobre el plano do se tome la sombra lo largo del dicho ynstrumento a lo largo de la raya o linea que va de Oriente a Poniente, ajustando con ella de modo que no este por vna parte mas metido en ella ni fuera que por otra, ni mas trastornado a la parte del Norte que a la de Mediodia, sino leuantado derecho, como se podra ver si lo esta por medio de los nibeles o hilos que colgaran de los estilos.*

*Y siendo puesto el dicho ynstrumento como dicho es, hecharanse luego dos puntos, vno en la vna haz y otro en la otra sobre la raya o circunferencia del circulo de cada parte por donde la cortare el hilo del nibel que colgare del estilo de cada vna de las dichas dos haces.*

*Y en anocheciendo, que comenzara a salir la luna llena por la parte del Oriente, ponerse an personas para ello que miren si la luna sale perfectamente redonda como saldra sino saliere ecclipsada, y si al salir se mostrare defalcada en alguna parte de la redondez o toda ella escurecida, asientese luego por memoria que tal sale y en que tanta parte disminuyda, y si saliere perfectamente redonda, estese mirando hasta ver que se comienza a escurecer, y quando determinada y claramente se entendiere que se escurece, hecharse a en la haz en que la luna diere, vn punto a la circunferencia del circulo por donde la sombra del etilo la cortare, y despues de passada la duracion de la tiniebla y obscuridad de la luna, yrase mirando quando la luna acabara de cobrar toda su luz, y en viendose que esta ya limpia de tiniebla y redonda, hacerse a otra señal o punto en la dicha haz y linea circular por donde la sombra, del estilo la cortare; y si en alguna region la sombra no llegase al cerco del circulo, hecharse a el punto en la parte donde la sombra llegare en el fin y estremidad della.*

*Y esto acauado, en vna oja grande, no de pergamino, sino de papel de quatro pliegos justos por las orillas, que vendra a ser tan grande como el tablero, hacerse a, vn circulo del mismo tamaño y anchor que fuere el del aparte y haz del ynstrumento donde la luna y sombra della dio, y señalarase en el punto donde el hilo del nibel cayo sobre la linea circular y los puntos de la sombra del estilo, cada vno a la parte del punto del nibel, y tan apartados justamente del, como el tablero estuuieren, declarando por escripto junto a cada vno dellos qual es el nibel, y qual el del principio del eclipse, y qual el del fin, de manera que en todo y por todo sea semejante la figura del papel a la del ynstrumento y vna misma con ella, de lo qual se hara vn duplicado, y otro del papel de las cantidades y medidas del estilo y sombra del Mediodia, y con los nombres de las personas que se huuieren hallado a todo, lo ymbiaran cada duplicado por si a Su Magestad en su Consejo Real de las Yndias.*

*Y aunque por nublados o otro ympedimento el eclipse no se pueda obseruar el dia sobredicho, tomarase la cantidad de la sombra del Mediodia en otra qualquiera en que se pueda hacer, y imbiarase la medida della y del estilo, como queda dicho, con relacion del dia, mes y año en que se huuiere tomado, auissando de la caussa de no se hauer podido tomar el dia del eclipse. = Corregido con su original. = Joan Baptista de la Gasca.*

## Apéndice 2

Cálculos pertinentes al 10 y 11 de septiembre de 1996, equivalentes al 31 de agosto y 1 de septiembre de 1580, respectivamente

31 de agosto de 1580:

$$\begin{aligned} \text{GHA} &= 60^\circ 48.4' \\ &= 60.806667^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LHA} &= \text{GHA} - \ddot{e}^\circ \\ &= (60.806667^\circ + 360^\circ) - (66.116667^\circ) \\ &= 354.69^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \text{LHA} \div 15 \\ &= 354.69 \div 15 \\ &= 23.646 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= (16 + 24) - (23.646) \\ &= 16.354 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddot{A}_{16} &= 4^\circ 39'.7 & \ddot{a}_{17} &= 4^\circ 38.7' \\ &= 4.6616667^\circ & &= 4.645^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddot{A}_d &= \ddot{a}_{16} - \ddot{a}_{17} \\ &= 4.6616667^\circ - 4.645^\circ \\ &= 0.0166667^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.0166667 \times 0.354 &= 0.0059000 \\ \ddot{a} &= 4.6616667 - 0.0059000 \\ &= 4.6557667 = 4^\circ 39.3' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SinAlt} &= (\cos \text{LHA} \times \cos \ddot{e}^a \times \cos \ddot{a}) + (\sin \ddot{e}^a \times \sin \ddot{a}) \\ &= [\cos(0) \times \cos(18.466667) \times \cos(4.6557667)] + [\sin(18.466667) \times \sin(4.6557667)] \\ &= [(1) \times (0.948508) \times (0.9967003)] + [(0.3167529) \times (0.081169)] \\ &= (0.9453782) + (0.0257105) \\ &= 0.9710887 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sin}^{-1} \text{Alt} &= 0.9710887 \\ \text{Alt} &= 76.189058^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{cenit:} & 90^\circ - 76.189058^\circ \\ &= 13.810942^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sol:} & 13.810942^\circ - 0.53^\circ \\ &= 13.280942^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{refracción:} & 13.280942^\circ - 0.26 \\ &= 13.020942^\circ \end{aligned}$$

**medida calculada:** 13.0°

**medida observada:** ≈12.8°

1 de septiembre de 1580:

$$\begin{aligned} \text{GHA} &= 60^\circ 53.6' \\ &= 60.893333^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LHA} &= \text{GHA} - \tilde{\epsilon}^\circ \\ &= (60.893333^\circ + 360^\circ) - (66.116667^\circ) \\ &= 354.77667^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{\delta} &= \text{LHA} \div 15 \\ &= 354.77667^\circ \div 15 \\ &= 23.651778\text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{T} &= (16\text{h} + 24\text{h}) - (23.651778\text{h}) \\ &= 16.348222\text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddot{\text{A}}_{16} &= 4^\circ 16.8' & \ddot{\text{a}}_{17} &= 4^\circ 15.9' \\ &= 4.28^\circ & &= 4.265^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ddot{\text{A}}\ddot{\text{a}} &= \ddot{\text{a}}_{16} - \ddot{\text{a}}_{17} \\ &= 4.28^\circ - 4.265^\circ = 0.015^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.015^\circ \times 0.348222^\circ &= 0.0052233^\circ \\ \ddot{\text{a}} &= 4.28^\circ - 0.0052233^\circ \\ &= 4.2747767^\circ \\ &= 4^\circ 16.5' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SinAlt} &= (\cos\text{LHA} \times \cos\tilde{\epsilon}^\circ \times \cos\ddot{\text{a}}) + (\sin\tilde{\epsilon}^\circ \times \sin\ddot{\text{a}}) \\ &= [\cos(0) \times \cos(18.466667) \times \cos(4.2747767)] + [\sin(18.466667) \times \sin(4.2747767)] \\ &= [(1) \times (0.948508) \times (0.997218)] + [(0.3167529) \times (0.0745397)] \\ &= (0.9458692) + (0.0236106) \\ &= 0.9694798^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sin}^{-1}\text{Alt} &= 0.9694798^\circ \\ \text{Alt} &= 75.808061^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{cenit:} &90^\circ - 75.808061^\circ \\ &= 14.191939^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sol:} &14.191939^\circ - 0.53^\circ \\ &= 13.661939^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{refracción:} &13.661939^\circ - 0.26 \\ &= 13.401939^\circ \end{aligned}$$

medida calculada: 13.4°

medida observada: ≈ 13.3°