Un astrónomo ruso, Mr. Knorre, ha introducido esta utilísima mejora en el sextante, fundado en que el ángulo de que hice mención es igual al que forma la alidada con el horizonte cuando están en contacto las dos imágenes de un astro, sea cual fuere la altura de éste. En efecto, prolongando hasta el plano del horizonte la dirección EL de la alidada, y atendiendo á que el ángulo FEL es igual á la altura $a = OML$ del astro, puesto que supongo en F el cero de la graduación, el triángulo MOL da: $TOL = a + L$. Pero designando por C el ángulo constante TmF formado por el telescopio T con el radio del cero, se tiene también $TOL = a + C$; é igualando ambos valores, resulta $L = C$. Siendo, en consecuencia, invariable este ángulo para cada sextante, se infiere que colocado un nivel n en la alidada, de tal manera que forme con ella el mismo ángulo, bastará moverla visando la imagen del horizonte, hasta que la burbuja ocupe el centro del tubo, para que se presente la imagen refleja al lado de la directa. Importa advertir que como la amplitud del campo del telescopio excede generalmente de 1°, no se necesita emplear un nivel sensible, ni mucho menos que la burbuja permanezca precisamente en su centro, siendo bastante que el movimiento de la alidada la haga circular á lo largo del tubo.

El nivel debe fijarse á la alidada por medio de un apoyo que permita algún movimiento al tubo con el fin de rectificar su posición. El que he mandado construir últimamente se fija por medio de una pinza y de un tornillo de presión, y tiene otro de aproximación que hace bajar ó subir uno de los extremos del nivel, de manera que pueda variarse el ángulo formado por su tubo con la alidada. El modo de rectificarlo consiste en dirigir el telescopio al horizonte visando las dos imágenes del sol, y moviendo el tornillo de aproximación hasta conseguir que, cuando aquellas se confundan, permanezca la burbuja cerca del medio del tubo. Esta sencilla operación es bastante para que al observar un astro cualquiera visando directamente su imagen en el horizonte, se presente también la otra luego que por el movimiento de la alidada se haya hecho pasar la burbuja de un extremo á otro del tubo.

169.—La medida de las distancias zenitales ó de las alturas de los

astros sirve generalmente para la determinación de la hora exacta ó para la de la latitud del lugar. En uno y en otro caso se anotan las horas de un cronómetro á la vez que se toman las alturas, de tal manera que la indicación de este instrumento sea exactamente simultánea con la del instrumento angular. Muchas veces no es indispensable medir las alturas en momentos determinados, sino simplemente estar seguro de la simultaneidad de las horas y de las medidas angulares. En tales casos es cómodo practicar la operación de manera que las alturas correspondan á un número exacto de grados ó de minutos del sextante, esperando al efecto que el astro adquiera la altura señalada de antemano con el cero del vernier. Si se observa, por ejemplo, un astro al oriente del meridiano, irá aumentando su altura; y si ésta se mide primero aproximadamente, se podrá señalar en el limbo una indicación algo mayor, y esperar, visando hacia el horizonte, á que se verifique el contacto de las dos imágenes, que es el instante que debe anotarse apuntando la hora, minuto y segundo que señale el cronómetro. Al Occidente, las alturas, y en consecuencia, las indicaciones del sextante irán decreciendo; pero en lo demás se procederá absolutamente lo mismo que en el primer caso.

Casi nunca se practica una sola observación, sino que se repiten de 20′ en 20′ ó de 10′ en 10′ de la graduación, según que sea más ó menos rápido el movimiento ascendente ó descendente de los astros; y es de la mayor importancia acostumbrarse á emplear simultáneamente la vista y el oído para observar los contactos y para anotar las horas correspondientes. Con este fin, luego que se haya señalado en el limbo la graduación conveniente, se apunta la hora y minuto del cronómetro y comienzan á contarse en silencio los segundos ó las fracciones de segundo, determinados por los sonidos que produce el volante, á la vez que con la vista en el telescopio se espera el contacto. El número de segundos que se cuente en ese instante, agregado á la hora y minutos que se apuntaron al principio, suministra la indicación correspondiente del cronómetro. Después de apuntarla se señala en el sextante la nueva altura para proseguir la observación del mismo modo.

Algunos observadores no comienzan á contar los sonidos ó golpes del cronómetro sino desde el instante en que miran el contacto, y continúan contándolos hasta ver la indicación de este instrumento, de la cual restan el número de segundos que han contado, para obtener la hora correspondiente á la observación. Ambos métodos son igualmente buenos, y cada cual puede adoptar el que le parezca más fácil, teniendo presente, sin embargo, que al aplicar este último procedimiento es preciso contar *cero* en el momento del contacto, pues es común que los principiantes comiencen por 1, en cuyo caso cometen en la hora un pequeño error por defecto, puesto que cuentan un segundo, ó en general, un golpe de más en el número substractivo de segundos.

Cuando se observan los astros muy cerca del meridiano, ó bien cuando se toman las alturas de estrellas circumpolares, el movimiento ascensional es tan pequeño, que da lugar á bastante incertidumbre la apreciación exacta de la hora correspondiente al contacto. En tales casos, más bien que esperarlo, me parece mucho mejor establecerlo con el tornillo de aproximación, aun cuando la lectura del limbo no produzca una decena exacta de minutos, sino que sea preciso estimar las fracciones que indique el vernier. Si para anotar el tiempo se sigue el primer método que se ha explicado, lo que debe hacerse es contar los golpes del cronómetro á la vez que se mueve el tornillo de aproximación para acercar y sobreponer las dos imágenes; y si se sigue el segundo, se cuenta desde el instante en que éstas se confundan.

A las reglas generales que he establecido para el manejo del sextante, conviene añadir la conveniencia de cambiar de posición la cubierta del horizonte artificial, con el fin de eliminar del resultado algún error que pudiera provenir de la falta de paralelismo de las dos caras de sus vidrios. Para conseguirlo cuando se ejecuta una serie numerosa de observaciones, lo que se hace comunmente es practicar la mitad de las observaciones en una posición de la cubierta, é invertirla después para hacer la otra mitad. De esa manera, el vidrio que al principio estaba del lado del observador, queda en seguida del lado del astro, y así es que si alguno de ellos no está terminado por caras exactamente planas y paralelas, el error que se origine de

este defecto se producirá en sentidos opuestos, y por consiguiente, desaparecerá del promedio de la serie.

Otra regla que siempre debe tenerse presente es la de observar los contactos en el centro del espacio comprendido entre los hilos del telescopio, los cuales conviene colocar paralelamente al plano del limbo. Por lo general, la luz de las estrellas mismas es suficiente para estimar con la aproximación necesaria el centro del campo del telescopio; pero si no fuere así, bastará dirigir sobre el espejo menor una luz débil, tal como la que produce una lámpara colocada á cierta distancia, y si es posible hacia atrás del observador, con el fin de que no le impida ver las imágenes de una estrella pequeña. La necesidad de observar los contactos en medio del campo, suponiendo que la línea de colimación esté bien rectificada, proviene de que en ese punto es donde se obtiene el ángulo verdadero, pues, á uno ú otro lado de esa dirección resultaría mayor del que debe ser.

En las explicaciones precedentes he supuesto que el observador hace uso á la vez del instrumento angular y del cronómetro, sirviéndose simultáneamente de la vista y del oído. Esta práctica es indudablemente la mejor; pero muchas personas acaso por falta de costumbre, siguen la de ejecutar sus observaciones con un ayudante que lee las indicaciones del cronómetro. Por medio de la palabra preventiva "atención," pronunciada 15^s ó 20^s antes del instante en que estiman que debe verificarse el contacto, ó en general, el fenómeno que observan, indican al ayudante que comience á contar los golpes del cronómetro; y por la ejecutiva "op," ú otra voz monosílaba breve, expresan el momento de la observación para que el lector del cronómetro apunte la correspondiente indicación de este instrumento. Proceder de esta manera es sin duda más fácil que contar á la vez el tiempo; pero repito que es preferible acostumbrarse desde un principio al otro método, tanto por ser independiente de la ayuda de otra persona, cuanto por no introducir en los resultados un elemento variable de error, que puede provenir del modo especial que cada uno tiene de apreciar las fracciones de segundo.

Los marinos emplean mucho el sextante, por ser el único que es posible usar sin apoyo fijo; pero no pudiendo servirse del horizonte artificial á causa del movimiento de las embarcaciones, lo que hacen es medir las alturas respecto del horizonte sensible del mar. Con este objeto dirigen el telescopio á la línea que limita la vista, y mueven la alidada hasta que alguno de los bordes del astro se vea tangente á esa línea. Aplicando en seguida la corrección por la depresión del horizonte (Tomo I, número 262), obtienen la altura aparente del mismo borde.

170.—Siguiendo estrictamente todas las reglas que se han expuesto, y practicando con el mayor cuidado posible todas las rectificaciones del sextante, juzgo que con alguna práctica podrá alcanzarse cuanta exactitud es susceptible de proporcionar este instrumento; y sólo falta indicar el modo de deducir la distancia zenital aparente del astro que se haya observado. Designando por e_0 el error inicial, por G la lectura obtenida y por c la corrección que corresponda al punto de coincidencia, según lo expuesto en el número 166, tendremos que la doble lectura, corregida por los errores instrumentales, es $2a = G + c - e_0$. La altura aparente será, pues:

$$a = \frac{1}{2}(G + c - e_0)$$

y en consecuencia la distancia zenital:

$$z' = 90° - \frac{1}{2}(G + c - e_0)$$

Esta cantidad es la que corregida por refracción, paralaje y semidiámetro, suministra la distancia zenital verdadera del centro del astro, según lo indican las expresiones generales de los números 145 y 146:

Tratándose de una serie de observaciones, G y c representan respectivamente los promedios de las lecturas del limbo y de las correcciones que les corresponden. En cuanto á e_0, expresa el término medio de los errores iniciales determinados al comenzar y al terminar la serie. Aquí conviene advertir que ya sea á consecuencia de algunos pequeños movimientos que tengan los espejos, ó bien simplemente á causa de la diversa dirección en que obra la pesantez en las

diferentes partes del sextante, suelen notarse en algunos de estos instrumentos ligeros cambios en el valor de e_0, según sean las alturas de los astros por cuyo medio se determinen. La existencia de este defecto se comprueba fácilmente midiendo el error inicial con estrellas diversamente elevadas y comparando los resultados, pues de ese modo si se hallan diferencias sensibles, puede aplicarse una corrección en cada caso particular; pero es más seguro eliminarlo completamente determinando el valor de e_0 en la misma posición que guarda el sextante en cada observación. A este fin se mide el error inicial con el telescopio dirigido al horizonte, estableciendo la coincidencia de las dos imágenes reflejadas por la superficie del mercurio. Practicada esta operación al principio y al fin de la serie, se obtiene el valor de e_0 que conviene á la posición del sextante en que se observa el astro.

171.—En la obra de Mr. W. H. Simms que tiene por título "*The sextant and its applications*," publicada en Londres en 1858, trata el autor ampliamente de todos los errores del sextante y la manera de corregirlos ó de llevarlos en cuenta. Aunque el plan de mi libro no me permita exponer todos los procedimientos de Mr. Simms, me propongo indicar sus principales resultados, que son los que importa consignar en una obra práctica; pues el lector que lo desee puede consultar aquel tratado para imponerse de los fundamentos de que se derivan las conclusiones del autor. (1)

Si designamos por G una lectura cualquiera del sextante, por e_0 su error inicial, por η el pequeño ángulo formado por el telescopio con el plano del limbo, por λ otra pequeña cantidad angular que proviene de la falta de paralelismo de las dos caras que limitan el espejo mayor, y finalmente por c el efecto de la excentricidad, Mr. Simms establece la siguiente expresión del ángulo correcto:

$$A = G - e_0 - \eta^2 \tan.\frac{1}{2} G \operatorname{sen.} 1'' + B\lambda + c \quad .... (1)$$

(1) También puede consultarse la obra de Mr. Chauvenet que lleva por título "*A Manual of spherical and practical Astronomy*," Filadelfia, 1864. El Capítulo IV del tomo II se ocupa de los instrumentos de reflexión, con la amplitud y el acierto que caracteriza á ese excelente tratado de Astronomía práctica.

en la cual B representa un coeficiente que depende del índice de refracción n del vidrio, y del ángulo β de incidencia en el espejo menor, ó sea el formado por el telescopio con el mismo espejo. Llamando g el punto de coincidencia correspondiente á la lectura G (número 166), las expresiones de B y c son:

$$B = \sqrt{\frac{n^2 - \text{sen.}^2(\frac{1}{2}G+\beta)}{\cos.^2(\frac{1}{2}G+\beta)}} - \sqrt{\frac{n^2 - \text{sen.}^2\beta}{\cos.^2\beta}}$$

$$c = b\,\text{sen.}\,\frac{1}{4}g\cos.\left(\omega + \frac{1}{4}g\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

La cantidad b que entra en el valor de c es una constante para cada instrumento, que depende de su radio y de la pequeña distancia que haya del centro del movimiento de la alidada al centro de la graduación. El ángulo ω es el formado por la dirección de la pequeña distancia que acaba de mencionarse con el radio que pasa por el cero de la división.

172.—Una vez conocida la expresión general del ángulo correcto, se determinan por la observación, para cada sextante, las constantes η, β, λ, b y ω de la manera que procuraré trazar brevemente. La determinación de η supone conocido el espacio angular a comprendido entre los hilos del telescopio, el cual se mide haciendo girar el tubo hasta que los hilos queden sensiblemente perpendiculares al plano del limbo, y visando en seguida un objeto, de manera que, por el movimiento de la alidada, la imagen directa se coloque en uno de los hilos y la refleja en el otro. Entonces, siendo γ la lectura y e_0 la indicación correspondiente á la coincidencia de ambas imágenes, se tiene: $a = \gamma - e_0$.

Para determinar ahora la constante η se mide el ángulo entre dos objetos distantes, estableciendo la coincidencia de sus imágenes, no en el centro del campo, sino sucesivamente en cada uno de los hilos, situados de nuevo en su posición natural paralela al limbo. Siendo G_1 y G_2 las dos lecturas que se obtengan, el valor de η es:

$$\eta = (3.2352)\frac{G_1 - G_2}{a}\tan.\frac{1}{4}(G_1 + G_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Con este valor ya podrá calcularse el término $-\eta^2\tan.\frac{1}{2}G\,\text{sen.}\,1''$

que forma parte de la expresión general (1), ó tomarlo de la Tabla siguiente, sin olvidar que esta corrección es siempre substractiva.

Se ve por la expresión de η y por la Tabla de las correcciones que origina, que el efecto de ese error crece rápidamente con el valor del ángulo. Por eso para determinarlo con precisión importa mucho elegir dos objetos cuya distancia angular exceda de 90°, y si es posible, que sea tan grande como la pueda medir el sextante.

G	10′	20′	30′	40′	50′
10°	0″.2	0″.6	1″.4	2″.4	3″.8
20	0 .3	1 .2	2 .8	4 .9	7 .7
30	0 .5	1 .9	4 .2	7 .5	11 .7
40	0 .6	2 .5	5 .7	10 .2	15 .9
50	0 .8	3 .3	7 .3	13 .0	20 .3
60	1 .0	4 .0	9 .1	16 .1	25 .2
70	1 .2	4 .8	11 .0	19 .6	30 .6
80	1 .5	5 .9	13 .2	23 .4	36 .6
90	1 .7	7 .0	15 .7	27 .9	43 .6
100	2 .1	8 .3	18 .7	33 .3	52 .0
110	2 .5	10 .0	22 .4	39 .9	62 .3
120	3 .0	12 .1	27 .2	48 .4	75 .6

Aplicando este método á un sextante mío, cuyos hilos formaban un ángulo $a = 64'$, medí varias series de distancias de la Polar á las estrellas α *Pegasi* y α *Piscis australis* poniendo los contactos en los dos hilos sucesivamente, obtuve por término medio de cuatro determinaciones $\eta = 12'.0$, siendo los resultados extremos 10′.6 y 13′.1. En consecuencia, la mayor corrección originada por η, que es la correspondiente á la graduación extrema 120° del instrumento, es sólo de $-4''.5$.

173.—Pasemos ahora á la determinación de λ. Como el coeficiente B de este error en la fórmula general, es una función de β, lo primero que debe hacerse es medir este ángulo, que por lo regular está comprendido entre 18° y 20°. Se puede obtener su valor aproximativo midiendo los lados del triángulo que tiene por vértices el medio del espejo mayor, el del menor y el centro del collar en que se atornilla el telescopio. Calculando con estos datos el ángulo cuyo vértice está en el espejo menor, se obtendrá el valor de β, que es la mitad de aquel.

Para medirlo con más exactitud, se desatornilla la armadura del espejo mayor para separarlo de la alidada. Entonces colocado horizontalmente el sextante, y llevando su alidada hacia el extremo del arco, se dirige el telescopio á un objeto distante. A la vez que este se mire directamente, se observará en coincidencia con él, la imagen de otro objeto, reflejada por el espejo menor y cuyos rayos incidentes han podido herirlo á causa de la remoción del mayor. Es claro que estos dos objetos forman entre sí un ángulo de $180° - 2\beta$, y por tanto, si el observador se fija bien en el que produce la imagen refleja, á fin de que lo pueda distinguir de los objetos inmediatos, quedará en aptitud de medir al ángulo $180° - 2\beta$ con un teodolito, ó con el mismo sextante después de repuesto el espejo mayor en su lugar. El sextante, sin embargo, no permite medir de una sola vez un ángulo tan considerable; pero puede hacerse la operación por partes, sirviéndose de un objeto intermedio para tomar los ángulos que forma con aquellos, y cuya suma da el valor de $180° - 2\beta$, del que se deducirá en seguida el de β. De esta manera encontré que en mi sextante, β es de 18°.8.

Con el valor de este ángulo pueden ya calcularse los de B para diversos valores de G desde 0° hasta 125°, que es el límite ordinario del sextante; pero como en todos los instrumentos de construcción moderna, el ángulo β está comprendido entre 18° y 20°, pongo en seguida una tabla de los coeficientes B que corresponden á los valores 18°, 19° y 20° de β, y de la cual se puede interpolar.

G	β			G	β		
	18°	19°	20°		18°	19°	20°
0°	0.00	0.00	0.00	80°	0.81	0 86	0.91
10	0.03	0.03	0.04	90	1.14	1.22	1.30
20	0.07	0.08	0.08	100	1.64	1.76	1.90
30	0.13	0.13	0.14	105	1.99	2.16	2.34
40	0.20	0.21	0.22	110	2.46	2.68	2.94
50	0.29	0.31	0 32	115	3.09	3.41	3.78
60	0.41	0.44	0.47	120	4 00	4.48	5.05
70	0.58	0.61	0.65	125	5.40	6.19	7.20

Tomando de esta Tabla el coeficiente B que corresponda al valor de β en el instrumento que se examine, se mide la distancia angular entre dos objetos, ó mejor entre dos estrellas. Sea A el ángulo exacto, G la indicación del sextante y e_0 su error inicial: la ecuación (1) dará:

$$A = G - e_0 - \eta^2 \tan.\frac{1}{2}G \operatorname{sen.} 1'' + B\lambda + c$$

En seguida se quita el espejo mayor y se invierte, de manera que su borde superior quede hacia abajo y vice versa. Se comprueba su perpendicularidad y se determina de nuevo el error inicial, que designaré por e'_0, pues generalmente no será igual al primitivo. Con esta segunda posición del espejo, se vuelve á medir el mismo ángulo A, y como el valor de λ producirá un efecto contrario, tendremos, designando por G' la nueva lectura y suponiendo iguales las pequeñas correcciones por η y por la excentricidad, como lo son sensiblemente en realidad:

$$A = G' - e'_0 - \eta^2 \tan.\frac{1}{2}G \operatorname{sen.} 1'' - B\lambda + c$$

La combinación de estas dos ecuaciones produce:

$$\lambda = \frac{(G' - G) - (e'_0 - e_0)}{2B} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Cuando A expresa la distancia angular aparente de dos estrellas, varía generalmente de la primera observación á la segunda; pero es muy fácil tomar en cuenta la variación, como en el ejemplo siguiente, hecho, entre otros, para corregir mi sextante. El 6 de Noviembre de 1861 medí la distancia de la Polar á *α Piscis australis*, cuyo valor exacto era $A = 119° 8' 4''.8$, y habiendo hallado.................. $G = 119° 9' 10''.8$, $e_0 = 28''.0$, y siendo $-4''.4$ la corrección por η, se tiene la ecuación:

$$119° 8' 4''.8 = 119° 9' 10''.8 - 28''.0 - 4''.4 + 4.16\lambda + c$$

ó bien reduciendo:

$$-33''.6 = 4.16\lambda + c$$

Al día siguiente, habiendo invertido el espejo, volví á medir la distancia entre las mismas estrellas, cuyo valor calculado era .... $A = 119° 8' 9''.4$, hallando

$$G' = 119° 8' 18''.3 \text{ y } e'_0 = 3''.9.$$

Por consiguiente, la nueva ecuación será:

$$119° 8' 9''.4 = 119° 8' 18''.3 - 3''.9 - 4''.4 + 4'' \lambda + c$$

que reducida produce:

$$-0''.6 = -4.16 \lambda + c$$

Combinando las dos ecuaciones se obtiene:

$$8.32 \lambda = -33''.0$$

$$2.00 c = -34''.2$$

de las que resulta $\lambda = -3''.97$ y $c = -17''.10$. Por muchas observaciones de la misma especie encontré en término medio $\lambda = -4''.4$. Tomando de la Tabla precedente los valores de B que corresponden á $\beta = 18°.8$, se podrá calcular, por consiguiente, la corrección $B\lambda$ que conviene á cada lectura G de este sextante. Es claro que el cálculo da el valor de λ con el signo corespondiente á la primera posición del espejo, y que para la segunda deberá tomarse con signo contrario.

El valor de la distancia A se determina calculando, para el instante preciso de la observación, las distancias zenitales verdaderas de las estrellas y sus azimutes, por las fórmulas (3) y (4) de los números 124 y 125. Restando la refracción se obtienen las distancias zenitales aparentes; y entonces en el triángulo formado por el zenit y las dos estrellas se conocerán dos lados y el ángulo comprendido, siendo los primeros las distancias zenitales aparentes; y el segundo la diferencia de los azimutes de las dos estrellas. La resolución dará, en consecuencia, el tercer lado; que es el valor de A. Conviene escoger las estrellas de manera que A sea considerable, para que lo sea

también el divisor $2B$ de la fórmula (4), pues así se disminuirá el efecto de los pequeños errores de observación.

174.—Obtenidos de este modo dos valores c_1 y c_2 de la corrección de excentridad, correspondientes á los puntos g_1 y g_2 de coincidencia, tendremos, según la ecuación (2):

$$c_1 = b \,\text{sen.}\, \frac{1}{4} g_1 \cos.\left(\omega + \frac{1}{4} g_1\right)$$

$$c_2 = b \,\text{sen.}\, \frac{1}{4} g_2 \cos.\left(\omega + \frac{1}{4} g_2\right)$$

Eliminando la constante b se obtiene sin dificultad la otra constante ω, por la fórmula:

$$\tan.\omega = \frac{c_1 \,\text{sen.}\, \frac{1}{2} g_2 - c_2 \,\text{sen.}\, \frac{1}{2} g_1}{2(c_1 \,\text{sen.}^2 \frac{1}{4} g_2 - c_2 \,\text{sen.}^2 \frac{1}{4} g_1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

y por último, cualquiera de las ecuaciones primitivas da:

$$b = \frac{c_1}{\text{sen.}\, \frac{1}{4} g_1 \cos.(\omega + \frac{1}{4} g_1)} = \frac{c_2}{\text{sen.}\, \frac{1}{4} g_2 \cos.(\omega + \frac{1}{4} g_2)} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Aplicando este método, hallé para mi sextante $\omega = -81° 2'$ y $\log. b = 1.652$—, pudiendo; por tanto, calcular el valor de la corrección c para cualquier punto g de coincidencia, por medio de la fórmula (2).

175.—Cuando se hayan determinado las cuatro constantes η, λ, b y ω del instrumento, se construyen Tablas de las tres correcciones:

$$c = b \,\text{sen.}\, \frac{1}{4} g \cos.\left(\omega + \frac{1}{4} g\right) \qquad c' = -\eta^2 \tan.\, \frac{1}{2} G \,\text{sen.}\, 1'' \qquad c'' = B\lambda$$

con lo cual para cualquiera lectura G y su correspondiente coincidencia g, se tendrá por ángulo correcto:

$$A = G - e_0 + c + c' + c''$$

Con el fin de presentar la forma de estas Tablas, pongo á continuación las que formé para mi sextante desde 40 hasta 120°, que es la parte de la graduación que se usa con más frecuencia.

g	c
40°	$-2''.5$
50	3 .6
60	4 .7
70	6 .0
80	7 .4
90	9 .0
100	10 .6
110	12 .3
120	-14 .1

G	c'
40°	$-0''.9$
50	1 .2
60	1 .5
70	1 .8
80	2 .2
90	2 .6
100	3 .1
110	3 .7
120	4 .5

G	c''
40°	$0''.8$
50	1 .2
60	1 .7
70	2 .4
80	3 .4
90	4 .8
100	7 .0
110	10 .6
120	17 .6

La última está calculada con $\lambda = 4''$ y con los valores de B que corresponden á $\beta = 18°.8$. Como λ resultó negativa para la primera posición del espejo, las correcciones de esta Tabla serán substractivas siempre que se emplee el sextante con el espejo en esa primera posición, y positivas para la segunda. Además, las Tablas segunda y tercera tienen el mismo argumento G, y por consiguiente, es cómodo formar de ambas una sola Tabla colectiva para cada posición del espejo, reuniendo las correspondientes correcciones, de esta manera:

PRIMERA POSICIÓN.	
G	$c'+c''$
40°	$-1''.7$
50	2 .4
60	3 .2
70	4 .2
80	5 .6
90	7 .4
100	10 .1
110	14 .3
120	-22 .0

SEGUNDA POSICIÓN.	
G	$c'+c''$
40°	$-0''.1$
50	0 .0
60	$+0$ .2
70	0 .6
80	1 .2
90	2 .2
100	3 .9
110	6 .9
120	$+13$ .0

Estas correcciones y las que suministra la primera Tabla con el punto de coincidencia g por argumento, permiten corregir inmedia-

tamente las lecturas del sextante. Aunque por comodidad para las aplicaciones se formen estas últimas Tablas colectivas, conviene, sin embargo, conservar las primitivas; porque los valores de c' dependiendo de η, que es susceptible de variación, puesto que representa el pequeño ángulo del telescopio con el limbo, si este error se hace variar se habrán modificado igualmente los valores de c', en cuyo caso será muy fácil formar una nueva Tabla colectiva de éstos y los de c'' que no varían. Por otra parte, creo que aplicando con todo el cuidado posible el método de corrección del número 165, puede tenerse seguridad de reducir el error η á un valor bastante pequeño para que sea permitido suponer su influencia sensiblemente nula; y entonces serán sólo c y c'' las correcciones de los ángulos.

Tales son los resultados prácticos del método de Mr. Simms, para determinar y llevar en cuenta los principales errores del sextante; y espero que se comprenderá toda su importancia sabiendo que en muchos de estos instrumentos asciende á más de 1′ la suma de los errores, y que acaso todos ellos están sujetos á uno considerable de excentricidad.

176.—La teoría del sextante es igualmente aplicable al círculo de reflexión, ya sea simple ó repetidor. La ventaja esencial de estos últimos respecto de aquel consiste en que el principio de la repetición elimina casi del todo el error de excentricidad; pero en cambio son de un manejo algo más complicado. En el círculo de reflexión además de la alidada que se mueve con el espejo mayor, hay otra á la cual está fijo el menor y el telescopio, que se mueven con ella sin que se altere su posición relativa, quiere decir, el ángulo que forma la línea de colimación con este último espejo. Las dos alidadas tienen movimientos independientes, y un vernier cada una de ellas.

Suponiendo que las divisiones estén numeradas de izquierda á derecha, para medir con este instrumento el ángulo de dos objetos, se fija la alidada del espejo mayor en 0° ó en otro punto cualquiera del limbo, y teniendo el telescopio dirigido á la señal de la derecha, se mueve el círculo hasta que la imagen de la izquierda, doblemente reflejada, se vea en contacto con ella. Entonces se fija la alidada del espejo menor, y mirando directamente la señal de la izquierda, se pone en movimiento la otra alidada en el sentido de la numeración creciente hasta que se vea por la doble reflexión el objeto de la derecha en coincidencia con el de la izquierda. Como en este movimiento ha recorrido la alidada del espejo mayor un arco cuya numeración es doble del ángulo de las señales, la semidiferencia de sus indicaciones suministrará el valor de este ángulo. Si se desea repetir la medida se vuelve á comenzar la operación partiendo de la posición en que haya quedado fijada la alidada del espejo mayor, y por el mismo procedimiento se obtiene de nuevo el doble ángulo, ó bien el cuádruplo respecto de la primera indicación del viernier de esta alidada al comenzar la serie. De una manera idéntica se obtiene el séxtuplo, el óctuplo, etc., del mismo ángulo.

En la fábrica de Pistor & Martin, de Berlin, se construyen en la actualidad sextantes y círculos de reflexión llamados prismáticos, por tener un prisma de cristal en lugar del espejo menor. Presentan sobre los instrumentos comunes la ventaja de permitir la medida de ángulos de cualquiera amplitud, á causa de la situación del prisma, muy inmediato al objetivo del telescopio. Por lo demás, su uso es del todo semejante al de los demás instrumentos de reflexión.

CAPITULO VII.

DETERMINACIÓN DE LA HORA.—MÉTODO DE DISTANCIAS ZENITALES.

177.—En el número 123 se ha dado una idea general de la resolución de este problema, la cual consiste esencialmente en calcular el ángulo horario del astro con los datos: distancia zenital z medida directamente, latitud φ de la estación y declinación δ del astro; y en combinar después el ángulo horario calculado, con la ascensión recta, á fin de obtener la hora exacta de la observación, que comparada con la que señalaba el cronómetro en el mismo instante, da á conocer el error de este instrumento respecto del tiempo real de la estación.

Si siempre pudieran suponerse exactos todos los elementos del cálculo, no habría inconveniente en aplicar esta resolución, cualquiera que fuese la posición del astro respecto del meridiano del observador; pero como en la práctica es casi imposible alcanzar esa rigurosa precisión, se hace indispensable investigar en qué circunstancias tienen la menor influencia posible los pequeños errores que pueden existir en los datos suministrados por la observación directa, y aun en los que se toman de las Tablas astronómicas. Con este objeto, suponiendo en z, φ y δ los pequeños errores ó variaciones Δz, $\Delta \varphi$ y $\Delta \delta$, el ángulo horario h resultará con el error Δh, que consideraré como el resultante de los anteriores, ó sea como una función de los mismos; y en consecuencia, limitándome á sus primeras potencias á