SUPLEMENTO

DE LA FABRICA Y USO

DEL QUARTO DE CÍRCULO,

POR EL Sr. D. JORGE JUAN.

DE LA FABRICA Y USO

DEL QUARTO DE CIRCULO.

El adelantamiento de la Astronomía depende de la repeticion y considerable número de exâctas observaciones celestes: el siglo pasado nos dió patentes muestras de ello con la aplicacion de varios académicos á la práctica de esta ciencia; la descubierta de los satélites de Júpiter de *Galileo*, que nos dan hoy dia tan exâctas las longitudes geográficas; la proporcion ó analogía de las revoluciones de los planetas con sus distancias del Sol de *Keplero;* la descubierta del anillo y segundo satélite de Saturno de *Mr. Huguens;* y despues la de los otros quatro de *Mr. Cassini*, quien tambien notó la luz del Zodiaco, sin otro número considerable de descubiertas muy provechosas, nos hacen ver la utilidad de practicar esta admirable ciencia: mas no es suficiente el hacer repetidas observaciones, es preciso á mas que estas sean de un cierto grado de justificacion, cuya propiedad, si hubieran obtenido las que hicieron los antiguos astrónomos, pudiera estar algo mas adelantada la Astronomía, pues no dudáramos de muchas de sus operaciones.

El principal fundamento para prevenir á la exâctitud es el valerse de buenos instrumentos; y el que hoy en dia se conozca mas adequado es el quarto de círculo, debaxo de cuyo nombre pueden entrar los sextantes y demas instrumentos ideados nuevamente de 12, 15 ó 20 pies de largo, como aquel de quien nos valimos para la medida del grado terrestre, en cuyo tratado doy su descripcion.

Rara operacion hay en la Astronomía que no necesite valerse de este instrumento, por cuyo motivo es de suma importancia el conocimiento de su fábrica y manejo: el continuo trabajo de algunos años en la medida de la meridiana y observaciones astronómicas, de que S. M.

me hizo cargo, me dieron alguna practica de él, y logré el corto conocimiento y reflexîones que se verán en adelante; las que no he querido dexar de exponer para que se valga de ellas el que se quisiere dedicar á estas ciencias en nuestros Reynos de España, en donde parece que al presente se hallan algunos genios que les dan la estimacion que merecen, lo que no era asi no há mucho tiempo, pues apenas se hallaban sugetos que ocupasen las cátedras de Matemáticas: este y otros muchos beneficios debemos á nuestro presente Soberano, de quien espero ponga en estado de mayor perfeccion estas ciencias, que conoce de suma utilidad para el adelantamiento de sus vasallos.

SECCION I.

De la fábrica del quarto de círculo.

La primer atencion que se ha de tener en la construccion de semejantes instrumentos es el aseo, exâcta union y solidez de las piezas que le componen, de lo que estan bien informados los hábiles artistas; el movimiento es necesario se haga con gran suavidad y sin saltos, lo que pende de guardar bien el precepto de arriba, pues sin ello no se prevendrá jamas á la exâctitud que se requiere: el equilibrio en las piezas es preciso para esta misma propiedad, el qual se conserva con guardar proporcion entre ellas; por cuyo motivo inserto, no solo su colocacion ó distribucion, mas su solidez ó dimensiones de longitud, latitud, y profundidad ó grueso para un quarto de círculo de dos pies de radio: sin embargo, no es preciso se guarden á rigor las proporciones que se expusieren, pues el práctico en esta materia, é igualmente el hábil operario, podrán mudarlas segun les pareciere mas conveniente ó ventajoso.

Fabrícase pues de una pieza la cruz de hierro ABCD en la forma que se ve en la *figura 1*, dándole de ancho

á la barra ó regla AB poco menos de dos pulgadas, de largo de A hasta B dos pies, y de grueso (que es general para esta y todas las demas reglas que se mencionaren) una línea con corta diferencia; dándole asimismo á la otra regla CD de largo dos pies poco mas, y de ancho $1\frac{1}{4}$ pulgadas.

Esta cruz, como es la principal armazon del instrumento, se debe fortificar de suerte que no le quede el menor movimiento; para ello se le aplican las dos reglas FC, FD de una pulgada de ancho, y de longitud necesaria, para que saliendo del punto F, se terminen en G y H; las quales se unen por medio de las planchas I de hierro, que se clavan á ambas piezas.

A mas de esto, para evitar generalmente la flexîon, se clavan y remachan á lo largo, y en medio de todas las reglas, otras que van perpendiculares á ellas ó de canto, cuyo ancho es de $1\frac{1}{4}$ pulgadas (las que van denotadas en la figura por las dos líneas tiradas en medio de las reglas planas como FE); estas se deben considerar levantadas sobre las otras de todo su mcho. Remáchase primero la regla de canto BK, despues las dos GF, HF, las quales doblándose en F (por encontrar con la primera), prosiguen hasta terminarse las tres en K, en donde se les une el círculo de canto LM, que tambien se remacha á la regla plana para que quede fortificada esta parte. La regla de canto $\left\{\begin{matrix}ED\\EC\end{matrix}\right\}$ tiene clavada en su extremo E otra pieza de canto, como se ve en la figura, que sirve para unirla en dicho extremo E á la otra BK; saliendo pues dicha pieza de E, se dobla en $\left\{\begin{matrix}D\\C\end{matrix}\right\}$, y viene á terminarse en $\left\{\begin{matrix}G\\H\end{matrix}\right\}$, sirviendo la parte $\left\{\begin{matrix}DG\\CH\end{matrix}\right\}$ para clavarla contra la otra regla $\left\{\begin{matrix}FG\\FH\end{matrix}\right\}$.

A mas en los extremos de estas reglas de canto G, B H se clavan otras pequeñas tambien de canto como NO

en las quales se abren dos agujeros, y otros dos en la regla plana cercanos á ellos, en donde se ponen quatro tornillos, que sirven para lo que se dirá en adelante.

En el punto P se abre un agujero redondo de una pulgada de diámetro, en el qual se pone el centro del Instrumento, segun se explicará en su lugar.

Esto dispuesto se hace una regla de canto QBR circular, cuyo radio, como se ve, es PQ, en la qual se remachan á cada tres pulgadas poco mas, unas piezas de hierro en ángulo recto, que van siguiéndose una de un lado y otra de otro á modo de curvas, cuyas piernas tienen cosa de 8 líneas de largo; en cada una se abre un agujero para poner un tornillo de una linea de diámetro.

Se hace despues una regla plana de hierro STVX circular de dos pulgadas de ancho, cuyos radios de sus cantos son PS, PT: pónese en medio de esta la regla de canto QR, y se le van señalando y abriendo á la regla plana todos los parages donde correspondieren los agujeros de las curvas ó piezas rectángulas, que se remacharon á la regla de canto, en cada qual se hace una rosca hembra, y en ella se afirma el tornillo que se puso á cada curva; con lo qual queda la regla plana STVX ligada con la de canto QR.

Para unir la armazon SQTXRV de las reglas plana y de canto á la armazon HFGB, se pone la parte SQRV de la regla plana debaxo de los extremos de las reglas HF, BF, GF en los puntos H, B, G; de suerte que queden las porciones QH, GR, que salen fuera del cuerpo con corta diferencia iguales; y marcando los parages en donde corresponden los agujeros que se hicieron en los extremos de las reglas H, B, G, y tambien los que corresponden en las piezas de canto como la NO, que van pegadas á la regla de canto QR, y abriendo roscas en dichos parages, se afirmarán por medio de ellas con tornillos las dichas armazones; y queda construida casi toda la figura primera ATX.

Debaxo de los parages H, B, G de las reglas planas

se ponen unos coxinillos de cosa de dos líneas de grueso para que dichas reglas planas queden desviadas de la otra STXV.

Debaxo asimismo de la regla plana circular STXV se aplica, clava y une otra de cobre ó laton ABCD (*figura 2.*) del mismo largo, ancho y grueso, que es el limbo del instrumento, en el qual se deben hacer las divisiones de los grados, como se dirá en adelante; porque antes es necesario colocar el centro del instrumento, y señalar el parage donde se debe situar el anteojo fixo.

Se hace un círculo de cobre AB (*fig. 3.*) igual á ALKM (*fig. 1.*), y sobre este se levanta otro círculo ó sortija (pero de la misma pieza) CD, cuyo diámetro sea igual al círculo ó agujero P de la figura 1ª: en medio de este círculo ó sortija CD se abre á torno un agujero bien redondo E de 6 líneas de diámetro, en el qual entra el centro del instrumento. Esta misma pieza de la figura 3 se ve de canto en la figura 4, en donde AB es el diámetro de la sortija grande, y CD el de la pequeña; teniendo de grueso de C á E una pulgada 6 líneas: aplícase esta pieza de suerte que la sortija CD, entrando en el agujero P (*fig. 1.*) por la parte de arriba, la porcion CD quede á la de abaxo de dicho agujero P, y la ABFE á la de arriba; con lo qual quedará AK (*fig. 1.*) en la propia figura que la tercera.

Se hace otra sortija de cobre ó laton AB (*fig. 5.*), cuyo diámetro interno CD sea igual á CD (*fig. 4.*), y del profundo DF de la misma figura menos una linea, como se ve en la 6. Esta se pone de suerte que la parte CD (*fig. 4.*), que como se dixo quedó debaxo del agujero P, entre por su agujero, y quede esta pieza aplicada contra la regla AK (*fig. 1.*) por la parte de abaxo: de esta á la otra que se puso á la parte de arriba se clavan clavos, y remachan, con lo qual quedan dichas piezas firmes contra la regla; y AMKL representará entonces la misma figura que la tercera, con solo un agujero en el centro como E, cuyo profundo será la distancia CE (*fig. 4.*)

Dentro de este agujero y por la parte de arriba se pone la pieza movible que se ve en la figura 7, que llaman el centro: este es un cilindro de laton, cuyo largo EG es igual á CE (*fig. 4.*), y su diámetro igual al del agujero E (*fig. 3.*), donde debe entrar; en el extremo ó base de este cilindro E, y en el centro de él, se señala un punto, el qual sirve de centro del instrumento.

Esta pieza sirve solo quando se toman ó observan ángulos verticales, y para los horizontales se dispone otra en distinta conformidad. Para que quede pues descrito del todo este centro, se le abre en su extremo y á un lado del punto que se marcó por centro del instrumento un agujero quadrado, en donde se pone una pieza de acero quadrada BCD, para cuya fixeza se abre al lado del cilindro una rosca A, que atraviese hasta el agujero, en donde se pone un tornillo, quien apretando la pieza de acero en D impide que pueda moverse. En el extremo B de la pieza de acero se aplica una caxera de laton CF, la qual tiene en su parte interna y baxa un canal por quien se introduce una aguja fina, cuya punta se afirma en el punto que se señalo en el centro del cilindro que sirve de centro del instrumento: para que esta caxera y aguja no se muevan se pone á la parte de arriba de la caxera un tornillo, el que apretado contra la pieza de acero impide el movimiento.

De la aguja se pende un cabello EH (con una bala de una onza poco menos), el qual rasando el limbo del instrumento en donde estan las divisiones, muestra los grados de altura.

Para que este cabello y bala, si se hace la observacion en parage donde haya viento, no oscilen, se hace una caxa de laton, que llaman *guardahilo* (*fig. 8.*); AB la representa en plano, y CD de perfil: del punto A ó C queda suspensa por la pieza de laton AB (*fig. 5.*) que está á la parte de abaxo de P (*fig. 1.*), y los dos dientes E y F agarrando el limbo del instrumento, libremente puede correr toda la circunferencia sin desviarse: por dentro de esta

caxa pende el cabello con su bala, lo que le resguarda del movimiento que pudiera ocasionarle el viento. G, H son dos puertas, la de arriba para poder componer el cabello en el centro sin quitar el *guardahilo*, y la de abaxo para componer la bala; cada una de estas puertas tiene una vidriera, para que manteniéndolas cerradas, porque no entre el viento en la caxa, se pueda ver el centro arriba, y abaxo la division y grado que corta el cabello.

Para que podamos disponer al presente el parage donde se debe asentar el anteojo fixo, cuya aplicacion merecemos á *Mr. Picard, de la Academia Real de las Ciencias de Paris*, que ha perfeccionado muchísimo este instrumento, daré primero la construccion de las piezas que le componen.

Se hace (*fig. 9.*) un cañon de laton AB de dos pies de largo, y de una pulgada y media de grueso con corta diferencia. Se hace asimismo otro cañon AB (*fig. 10.*), cuya longitud sea de $4\frac{1}{2}$ pulgadas, y en su extremo A se le suelda una plancha de laton CD quadrada, que tenga de lado 1 pulgada, 8 lineas; siendo el grueso de este cañon tal que la parte EB entre dentro del cañon AB de la figura 9.

A mas otro cañon AB (*fig. 11.*), cuya longitud sea de 4 pulgadas, y en su extremo A se le suelda un quadrado de laton CD, que tiene igual longitud á CD (*fig. 10*), y grueso 6 lineas: en cada lado se le abren dos roscas, y en cada una se pone un tornillo: el grueso de este cañon ha de ser tal que pueda entrar todo desde B hasta A dentro del cañon AB (*fig. 10*).

Se construye asimismo un quadrado de laton AB (*figura 12.*), que tenga de largo 1 pulgada, 2 líneas, dentro del qual se pone el vidrio objetivo, de suerte que no se mueva: este quadrado entra dentro del CD (*fig. 11.*), y por medio de los tornillos que dispusieron en este que le aprietan los unos contra los otros, se le quita todo movimiento.

[1] La abertura ó agujero que tiene en medio debe ser segun *Mr. Newton* como las raices quadradas de las longitudes de los anteojos; y

Se hace tambien otro cañon de laton (*fig. 13.*) de una pulgada de largo y del grueso de los antecedentes; en uno de los extremos se le suelda una plancha quadrada AB del largo de los quadrados antecedentes, y se le abre en cada esquina y medio de ella un agujero donde en cada uno se pone un tornillo: esta plancha quadrada ha de tapar el quadrado CD (*fig. 11.*), y por medio de sus tornillos, que han de traspasar todos los quadrados (menos el de la figura 12), quedan ligados los unos á los otros, y sin movimiento alguno.

Bien se puede considerar que las planchas que se han unido á los extremos de los cañones han de estar agujereadas en los parages que correspondan á los huecos de los cañones para que no impidan la vista.

Se dispone otro cañon de laton (*fig. 14.*), que tenga de largo dos pulgadas, y en su circunferencia AB se le abren quatro agujeros en cada uno, de los quales se le pone un tornillo. Tambien otro AB (*fig. 15.*) que tenga de largo 3 pulgadas 4 líneas, y su diámetro sea tal que solo el extremo B entre ajustado dentro del cañon de la figura 14, cuyos tornillos, abrazándole, quedarán unidos ambos. Dixe que solo el diámetro en B ha de entrar ajustado, porque el residuo ha de ser tal, que el cañon de la figura 15 ha de entrar dentro del de la figura 9 por su extremo B; y el de la figura 14, aunque unido al de la 15, ha de comprehender el de la figura 9 hasta CE.

Se fabrica á mas otro cañon AB (*fig. 16.*), en cuyo extremo B se le ponen dos hilos de seda simple cruzados en ángulos rectos BD, CE; su diámetro ha de ser tal que entre dentro del de la 15 por su extremo A bien ajustado, para que no pueda moverse; porque de lo contrario no quedarán los hilos de seda fixos, ó sin movimiento, lo que se necesita precisamente: sin embargo, ha de poderse

asignando á uno de 64 pies de largo $1\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro á la abertura, á este que no tiene mas de 2 pies de largo le corresponden de diámetro á la abertura 6 líneas.

sacar mas ó menos de donde está incluso; cuyo movimiento sirve para poder poner los hilos en el focus del vidrio objetivo (que es donde se representan las imágenes como se demuestra en la óptica), porque con eso se ven los hilos como si estuvieran en el mismo objeto, y no hay ó se forma paralaxe alguna; y de lo contrario, moviendo el ojo el observador quando mira por el anteojo, ve tambien moverse el objeto en los hilos; lo que causa fixamente varios yerros.

Se hace últimamente otro cañon (*fig. 17.*), cuya longitud sea de pulgada y 4 líneas, en cuyo extremo A se fixará el vidrio ocular; su grueso será tal que entre dentro de los de las figuras 14 y 15, que ya se dixo estan tambien uno dentro de otro: este cañon no ha de estar muy ajustado, pues se ha de poder sacar mas ó menos suavemente para adaptar la longitud del anteojo á la vista del observador.

Todas las piezas desde la de la figura 9 hasta la 17 unidas como se tiene explicado forman el total anteojo que queda en la figura que muestra la 18.

Para afirmarle al quarto de círculo se le suelda una plancha de laton AB (*fig. 18.*) del mismo tamaño que el rombo que se ve junto al centro P (*fig. 1.*), á la qual se le abren dos agujeros, uno de un lado, y otro del otro, y dos roscas al rombo, sobre el qual ha de ir, y por medio de dos tornillos se aprieta una pieza contra la otra, y queda el anteojo firme en este parage. Se le suelda á mas el quadrado CD que tiene de largo 2 pulgadas 3 líneas, y de grueso 6 líneas, el qual se aplica encima de la figura 1 de Y á Z; y para afirmarle se hace una pieza de hierro como la de la figura 19, que tenga de ancho lo mismo que tiene de grueso el quadrado, y de grueso una y media líneas, cuyo largo será poco mas que el del quadrado: en la parte alta de esta pieza se ponen dos tornillos A y B, en cada lado otro C y D, y en cada extremo otro E y F; con lo qual, poniendo esta pieza sobre el quadrado del anteojo que se colocó de Y á Z (*fig. 1.*), y afirmando dicha pie-

za por medio de los tornillos E y F contra la regla plana ST (*fig. 1.*), se afirma por medio de los demas el quadrado, forzando los unos tornillos contra los otros. Siendo como tengo dicho la pieza de hierro mayor que el quadrado, es claro que afloxando el tornillo de un lado, y cerrando el del lado contrario, se hará ir el anteojo del lado del tornillo que se afloxó; y lo mismo se podrá executar del lado contrario haciendo la operacion inversa, cuyo movimiento se aplica al anteojo para colocarle en la situacion paralela á la que se requiere. Esto hecho se mira ó apunta el anteojo; esto es, la interseccion de los dos hilos de seda á un objeto distante que se halle con corta diferencia en el horizonte, á cuyo tiempo, pendiendo el cabello y bala del centro, se marca con un punto delicado el parage donde corta el limbo; se trastorna el instrumento; se vuelve á apuntar el anteojo al mismo objeto, y se busca un punto sobre el limbo del instrumento, del qual pendiendo el cabello con su bala pase por el centro, y se marca dicho punto; se divide en dos partes iguales la distancia entre los dos puntos marcados, cuyo medio es el punto cero ó principio de la division; con el qual y el centro se continúa toda ella en el limbo como sigue.

Suponiendo que el punto o de la figura 2 sea el principio de la division con su distancia al centro P se describe el círculo o.90, sobre el qual se van señalando todos los demas puntos. Se toma con un *compas de vara* el radio del círculo descrito, se pone de o á 60, y se tiene el arco ó grado 60°: se divide este en dos partes iguales, y se tiene el de 30°: se pasa este mismo arco de 60° hácia adelante, y se tiene el arco 90°: se divide cada 30° en dos partes iguales, y se tienen todos los grados de 15 en 15: se divide cada uno de estos en 3, y se tienen todos los 5°, y asi de los demas hasta dividir cada grado de 10 en 10 minutos, que es lo estilado; con lo qual quedan sobre una misma circunferencia señalados los puntos para cada 10 minutos.

A mas de esta division se hace otra de transversales.

describiendo del centro P (*fig.* 2.) dos círculos concéntricos EF, GH, y entre ellos otros nueve en la proporcion que diré despues; y poniendo una regla desde el centro á cada punto de la division antecedente, se señalan los parages donde dicha regla corta los dos círculos concéntricos externos; y haciendo esta operacion en todos los puntos que se marcaron, quedan tambien señalados en dichos dos círculos; tirando despues líneas transversales (por exemplo) de la division alta 0 á la division baxa 10 minutos, y de la division alta 10 minutos á la baxa 20, y asi para todos los demas, queda dividido todo el quarto de círculo de minuto en minuto: cuya operacion es bien sabida, pues se ve practicada en varios instrumentos.

Los nueve círculos concéntricos si se tiran igualmente distantes uno de otro (como lo practican todos los autores españoles que he conocido traten de esta division), no estarán divididos por las transversales en ángulos iguales; cuyo defecto es necesario entonces enmendar con hacer las transversales porciones de espirales, cuya operacion es en la práctica muy dificultosa; y para evitarla se ponen los círculos concéntricos á cierta proporcion uno de otro. La figura 20 representa un grado del quarto de círculo, cuyos círculos externos AB, CD estan divididos en 6 partes iguales, de las quales se tiran las transversales como tengo dicho: supongamos se quiere hallar el parage por donde se ha de tirar el círculo EF, que es el de en medio: véase figura 21 (que representa una de las 6 partes de la figura 20), en donde AC, BD son los radios que continuados van al centro del quarto de círculo, AD la transversal, y EF el círculo que se busca, que siendo el de en medio, las dos porciones EG, GF han de ser iguales: para hallar pues el punto G, por donde tirando un círculo concéntrico esté dividido por la transversal en dos partes iguales, se hará esta analogía GD : GA :: CD : AB: la razon es clara: supongamos $AD = a$ $CD = b$, $AB = c$ $AG = x$, y $EG = GF = z$, y tendremos en el triángulo ACD $a : x :: b : z$, y en el triángulo ABD $a : a - x :: c : z$, y estas

dos igualaciones $az = bx = ac - cx$; luego $bx + cx = ac$, y serán proporcionales $b + c : c :: a : x$, y dividiendo $b : c :: a - x : x$; esto es, DG : GA :: CD : AB; pero como CD á AB asi es el radio del arco CD al radio del arco AB, luego DG á GA serán tambien como estos radios. Si se quiere hallar el punto K, por el qual pasa el círculo HI, de suerte que HK : KI :: 3 : 7, serán $7b : 3c :: a - x : x$: de la misma suerte se colocarán todos los demas puntos.

Gran facilidad se presenta á la primer vista en hacer las divisiones; mas si estas se piden de un cierto grado de exâctitud, no hay cosa mas difícil de ser bien executada: ¿quién puede asegurar haber tomado (empezando desde la primera operacion) la distancia del centro al punto o á 5 segundos de diferencia, quando estos no valen mas de $\frac{7}{1000}$ de línea? ni tampoco de haberla trasladado á la misma diferencia de o á 60°; parece que de esta, y aun de otra mayor puede qualquiera equivocarse: por lo qual el arco señalado ha de ser erróneo; y como de este nacen los demas no pueden dexar de tener este mismo inconveniente, á menos de ser enmendado por otra mala operacion; las que pudiendo ser positivas ó negativas, se sigue que unos arcos deben ser grandes, otros pequeños, como lo experimentamos en la práctica.

De los puntos mal divididos provienen las transversales, y por consiguiente mal divididas; á quienes se les agrega nuevo yerro, pues poniendo la regla desde el centro al punto, y señalando por ella los parages donde corta los dos círculos externos, es cierto que inclinando la mano hácia dentro ó fuera, quedarán dichos parages marcados mas adentro ó fuera de lo que se requiere; y si la mano se inclina para dentro en el punto de arriba, y para fuera en el de abaxo, el arco de arriba será (por exemplo) grande, quando el de abaxo será pequeño. Lo mismo se dice de la operacion de tirar la transversal y señalar los puntos por donde deben pasar los círculos concéntricos.

Del limbo del instrumento nace tambien otro yerro,

que proviene de la dificultad de ponerle todo en un mismo plano; y aunque no sea considerable, no por eso se debe dexar de hacer atencion: aunque se hubiera colocado exâctamente el arco 60°, si este no está todo en un mismo plano, es cierto que su mitad será mayor de 30°, y por consiguiente puesto este de 60° á 90°, el arco de 90° será mayor que el verdadero: todos estos inconvenientes se hallan en estas operaciones, de quienes proviene que raro arco en el quarto de círculo tiene la longitud precisa.

Teniendo ya construido el quarto de círculo, fabricaremos el pie sobre el qual se ha de mantener, y los exes que le han de dar los movimientos que le son necesarios.

Se construye (*fig.* 22.) una pieza de hierro AB, que tenga de longitud 2 pies, de grueso 8 líneas, de ancho en su medio C, 2 pulgadas poco mas, y que vaya en disminucion hácia sus extremos, en los quales ha de tener dos círculos, que tengan de diámetro las mismas 2 pulgadas poco mas; se abre en cada uno de ellos una rosca hembra, en donde se pone un tornillo como DE de 8 líneas de diámetro con 4 pulgadas de largo: en medio de la pieza se lima la porcion FG igual al ancho de ella hasta la mitad de su grueso; y en los puntos H. H. se abren dos quadrilongos.

Se hace otra pieza semejante (*fig.* 23.), con sola la diferencia, que la limadura ó diente FG de la primera ha de estar á la parte de arriba, y la de la segunda á la de abaxo; con lo qual puesta la una sobre la otra en cruz, de suerte que encaxen las limaduras ó dientes uno dentro de otro, se les abre un quadrado I de una pulgada, que traspase ambas piezas, que se llaman los *pies*.

Se hace tambien (*fig.* 24.) otra pieza de hierro AB, que llamaré el *árbol*, de 2 pies 2 pulgadas de largo, y 14 líneas de grueso; en la extremidad B se le hace una cabeza, debaxo de la qual se abren quatro agujeros; en el otro extremo A esta pieza ha de ser quadrada de la cantidad AC de 2 pulgadas, teniendo de ancho el mismo del

agujero quadrado I (*fig. 22 y 23.*): en este parage se le hace una abertura ó caxera que tenga una pulgada de largo, dexando del canto D de la abertura á C poco menos de las 8 líneas que tuvieron los *pies* de grueso.

Pónese esta pieza perpendicular sobre los *pies*, de suerte que la parte AC entre dentro del agujero que se les hizo, y la abertura ED quedará entonces á la parte de abaxo de dichos *pies;* por esta se clava una clavija como la de la figura 25, que venga ajustada, con lo qual queda dicha pieza ó *árbol* unido á los *pies:* para mayor fortaleza, y que no tenga movimiento alguno, añaden quatro varas de hierro como AB (*fig. 26.*), que se ponen desde los quadrilongos de los *pies* H (*fig. 22 y 23.*) á los agujeros de la cabeza B (*fig. 24.*), cuyo *árbol* queda de esta conformidad bien sólido.

A mas de esto ha de estar taladrado por su cabeza B desde B á E cilíndricamente, como lo denotan las líneas de puntos; y el diámetro del taladro tendrá 9 líneas: en G se le abre una abertura ó caxera, y en F se le pone un tornillo.

Como esta pieza no es suficiente larga para observar con comodidad los ángulos verticales, se hace otro cilindro (*fig. 27.*), que tenga tambien de largo 2 pies, 2 pulgadas, y de diámetro en B 13 líneas; este ha de tener el mismo taladro de B á F que BE (*fig. 24.*); en D se le abre una rosca, en la qual se ajusta el tornillo F (*fig. 24.*); la porcion cilíndrica AC ha de tener el largo y grueso competente para que entre dentro del taladro BE (*fig. 24.*), en cuya situacion se le abre la abertura E correspondiente á la G (*fig. 24.*), en donde poniendo una clavija como la de la figura 25, quedan dichas piezas como una: estas se hacen de ordinario de una ó la misma pieza; pero las he descrito en esta conformidad en que estaba el quarto de círculo de S. M., por ser en el uso de mas conveniencia.

Esto hecho nos falta solo describir los *exes*, que los latinos llaman *genu:* para observaciones verticales solo

dos son necesarios; pero para las horizontales tres. Para construir el primero se hace un cilindro de hierro AB (*fig. 28.*), que tenga de largo y grueso lo necesario para que entre ajustado dentro de los taladros EB (*fig. 24.*), y FB (*fig. 27.*), que es donde se ha de poner; el cabo B se terminará con una plancha de hierro CD, que tenga de largo 2 pulgadas, 6 líneas; de ancho una pulgada 6 líneas, y de grueso 2 líneas; y á cada lado se le abre un agujero donde se pone un tornillo.

Se hace á mas un cilindro de laton (*fig. 29.*) hueco por dentro, que tenga de largo 6 pulgadas, de diámetro exterior 2 pulgadas 2 líneas, y de diámetro interior una pulgada 9 líneas: las dos figuras 29 denotan el mismo cilindro, pero visto en la una de lado, y en la otra de arriba abaxo: en el parage A se le dexa un realce de laton del mismo largo y ancho que la plancha CD (*fig. 28.*), al qual se le dará una superficie plana, y abriéndole dos roscas se le unirá con dos tornillos la figura 28: tambien se le abre por la parte de arriba un quadrado BC con un canal á un lado CD, en el qual se ajusta un muelle de acero AB (*fig. 30.*), que se afirma con un tornillo puesto en D: el quadrado del muelle es preciso que por su juego pueda entrar dentro del cilindro de laton de cosa de un quarto de línea con corta diferencia: se le abren á mas quatro roscas E, F, G, H, en quienes entra un tornillo en cada una; y se hace (*fig. 31.*) una pieza de laton, con la misma corva que la del cilindro, en cuyo medio A se abre una rosca, en quien se pone el tornillo A (*fig. 32.*); en cada lado se le abren dos agujeros, y en ellos se ponen tornillos, con los quales se une la pieza al cilindro de laton entrando en las quatro roscas que se le hicieron E, F, G, H; con lo qual es claro que el tornillo A (*fig. 32.*), puesto en A (*fig. 31.*), cae perpendicularmente sobre el quadrado del muelle, y sirve para apretarle ó afloxarle. Todas las piezas que componen este exe se ven unidas, y como deben quedar, en la figura 33, que es la que llamo *primer exe*.

El *segundo exe* sirve solo para observar *ángulos horizontales*, y es de la misma fábrica que el primero, con sola la diferencia que en lugar del cilindro AB (*fig. 33.*) de hierro, se le pone otro AB (*fig. 34.*) de laton, cuyo largo y grueso ha de ser tal que entre ajustadamente dentro del cilindro de laton de la figura 33.

El *tercer exe* AB de laton (*fig. 35.*) tiene tambien el competente largo y grueso para entrar dentro de los cilindros de las figuras 33 y 34: en su remate B tiene una plancha de laton CD redonda de 2 pulgadas 9 líneas de diámetro, y de 3 á 4 lineas de grueso: en su bordo, que sale fuera del *exe*, se le abren quatro agujeros en quienes se ponen quatro tornillos, que sirven para fixar este *exe* perpendicularmente en la espalda del quarto de círculo: esto es, en E (*fig. 1.*), de esta suerte.

Se hacen quatro piezas de laton como la de la figura 36, que es la que falta en E (*fig. 1.*), las quales juntas hacen un círculo puestas una en cada esquina ó ángulo entrante; y un círculo igual á CD de la figura 35: estas deben tener de alto lo que tienen las reglas de canto, y clavándolas por la parte baxa contra las reglas planas bien firme, se les abre en la alta á cada una una rosca que correspondan á los quatro agujeros de la figura 35; en ellas se afirman los quatro tornillos que se pusieron en esta, con lo que quedará el *tercer exe* perpendicular y firme en este sitio ó punto de suspension del instrumento.

El modo de colocar los exes, para que el quarto de círculo quede vertical ó horizontal, es mas inteligible que qualquiera explicacion con la sola vista de las figuras 42 y 43: y asi pasaremos últimamente á la construccion del centro y alidada necesarios para observaciones de *ángulos horizontales*.

Se hace (*fig. 37.*) un cilindro de laton AB, que tenga de B á C lo mismo que el agujero del centro E (*fig. 3.*) tiene de hondo, que es la cantidad CE (*fig. 4.*) y su mismo diámetro, pues ha de entrar dentro de él: de C á E se le darán quatro líneas prosiguiendo el cilindro ó

centro; y de E á A se le darán 6, haciendo de esta porcion una rosca ó tornillo, y á mas de A á C se hará un canal de una línea de ancho y media de hondo como CA.

Se hace tambien una sortija A (*fig. 38.*) de tres líneas de grueso, por cuyo agujero pueda entrar el cilindro ó centro; dexándole un diente A, el qual pasa por la abertura ó canal que se hizo en el cilindro, el que sirve para que este no pueda moverse dentro de la sortija.

Se construye á mas una tuerca ó rosca hembra D (*fig. 39.*), con la qual se prende el tornillo del centro, quedando la sortija en medio, en donde debe tambien ir la alidada; por lo que es necesario construirla antes de disponer la colocacion de estas piezas.

Se fabrica una regla plana de hierro ABCD (*fig. 40.*) que tenga de A á D 2 pies, de ancho de C á D, y de A á B, 2 pulgadas y media, teniendo de grueso una línea como todas las demas, sobre la qual se remacha perpendicularmente la regla de canto EF, que tiene una pulgada de ancho: se taladra en G un agujero del mismo diámetro que el cilindro de la figura 37: se hace una pieza de laton HIKL de 4 pulgadas de largo, y de una de ancho, en su medio; en cuyo extremo se suelda una puerca, y en el punto M de la regla de hierro se clava una pieza de laton, y en ella se abre un agujero por quien entra un tornillo fixo, que pasando por la puerca del extremo de la pieza, y apoyado contra la regla de canto, por medio de rodar este tornillo, se hace que este extremo de la pieza de laton vaya hácia el lado de la regla de canto, ó hácia el lado de afuera; fabricando el mismo tornillo fixo al otro extremo de la pieza de laton, se hace la misma operacion ó movimiento, y por consiguiente toda la pieza irá de un lado á otro rodando los dos tornillos, con lo que se da á esta pieza la direccion que necesita: se abre á mas el quadrilongo NPQR en la misma pieza, y se corta la parte de la regla de hierro que tiene debaxo: en los puntos S, T cercanos al quadrilongo, se abren los agujeritos S y T, por quienes se pasa un cabello (ó hilo de plata

que es mejor), quedando este en la parte baxa de la pieza, en donde se harán dos canales desde el agujero al canto del quadrilongo, para que encaxe ó entre dicho cabello ó hilo, y no se roce quando la pieza corra por encima del limbo del instrumento: si fuere cabello, se puede afirmar con una poca de cera; pero si fuere hilo de plata, se afirma el un cabo con un botoncillo, y el otro se rolla en un tornillo ambos puestos sobre la pieza de laton; rodando ó virando dicho tornillo se templa mas ó menos el hilo, que debe ser bien fino, pues se pone en lugar de un cabello. Pónense entre el quadrilongo y los tornillos fixos á cada lado un tornillo que haga presa en la regla de hierro, dexando el agujero por donde han de pasar en la pieza de laton algo grande, para que no impidan el movimiento que se le dió á la pieza; sirven estos para impedir que la misma no se desvie de la regla de hierro hácia arriba. En la parte EF de la regla se afirma un anteojo de la propia magnitud que el fixo; y de suerte que con corta diferencia su exe quede paralelo á la línea tirada del centro del agujero G al hilo ó cabello.

Se pasa (*fig. 37.*) el centro AB por la espalda del instrumento en el agujero P (*fig. 1.*), que ya se dixo quedó de la magnitud de E (*fig. 3.*), y por delante del instrumento sobresaldrá la porcion AC: póngase la alidada de suerte que dicha porcion entre en el agujero G de ella, sobre la qual se moverá de un extremo á otro del quarto de círculo, quedando siempre el quadrilongo y cabello ST encima de las divisiones del instrumento: se pone por el resto de la porcion del centro la sortija de la figura 38, la que teniendo de grueso 3 líneas, y la regla de la alidada, una hacen 4, que tuvo la porcion EC (*fig. 37.*) del centro, con lo qual no quedará mas que AE la parte del tornillo que prenderá la puerca (*fig. 39.*), que apretada no le dexará movimiento al centro, y solo á la alidada.

Para que esta se pueda tener firme en qualquier parte del quarto de círculo, se hace una pieza de laton (*fig. 41.*)

á modo de un escalon, que se afirma debaxo de DF de la alidada por dos tornillos A y B, con lo qual la parte CD viene á quedar á la espalda del instrumento, en donde hay un tornillo E, que apretado contra el instrumento dexa firme la alidada en el parage que se requiere.

Aunque en lo que tengo dicho he dado el método de construir todas las piezas de por sí que contiene el quarto de círculo, y el modo de unir las unas á las otras, hasta ponerle en estado de observar los ángulos verticales ó horizontales; sin embargo, pareciéndome dificultosa la comprehension de lo referido, he añadido las figuras 42 y 43 de dos quartos de círculo totalmente montados, el de la 42 vertical, y el de la 43 horizontal, con las quales se puede llegar á mejor inteligencia, teniéndolas presentes al tiempo que se leyere.

NOTAS.

Antes de empezar el instrumento es preciso se calcule ó tantee el parage donde se ha de colocar el punto de suspension E (*fig. 1.*); pues debe de estar lo mas cerca que se pudiere poner del centro de gravedad del todo del instrumento, con lo que se facilita su manejo.

A mas de los 90° que contiene el quarto de círculo se le dan 6, 8 ó 10 grados mas á cada extremo; los unos sirven para observar las *depresiones* y ángulos mayores de 90°, y los otros para rectificar el instrumento por alguna estrella cercana al zenit.

El agujero E (*fig. 3.*) por quien ha de pasar el centro del instrumento, es preciso que sea exâctamente redondo, y su superficie cóncava bien unida; y lo mismo los cilindros de las figuras 7 y 37, pues estando estos exâctamente torneados, ajustados y sin movimiento en el agujero, no hay duda que uno y otro centro de los cilindros lo será tambien del agujero; y por consiguiente ambos darán un mismo centro en el quarto de círculo. Dixe que sean exâctamente torneados, porque se tomen todas las pre-

cauciones posibles para acercarse lo mas que se pueda á la exâctitud; pues en la práctica es casual obtener tal grado de perfeccion: lo que muestra que el centro del quarto de círculo quando se toman ángulos verticales no es el propio que quando se toman horizontales: operando con cuidado se podrá ir á $\frac{1}{50}$ de línea de exâctitud.

Aunque el cilindro de la figura 7 esté bien torneado, es dificultoso el que se le señale el punto que sirve de centro del instrumento exâctamente en su verdadero centro; por lo qual siempre que se ruede dicho cilindro en su agujero, esto es, que no se ponga en la misma situacion que el operario le puso quando graduó el instrumento, se tendrá distinto centro; y para evitar este inconveniente será bueno que los operarios, una vez puesto el centro en su sitio, le hagan una señal, para que siempre se ponga en la misma situacion.

No siendo el centro de que se sirven centro de las divisiones, estas no le pueden corresponder, por lo que habrá en ellas nuevo yerro, que será mayor ó menor segun el parage donde se hubiere colocado el centro erróneo. A mas del qual la alidada produce segundo; porque siendo preciso que tenga su poco de juego para moverse al rededor el cilindro, es claro que no se moverá siempre sobre el mismo punto; luego el centro del quarto de círculo en situacion horizontal no será permanente, y mudará á cada movimiento de la alidada ó ángulo que se tomare; y asi para cada uno habrá diferente yerro correspondiente al centro. Este no se halla estando el quarto de círculo vertical, pues aunque por algun movimiento que se diera al cilindro despues de haberse hecho las divisiones, el punto del centro no fuera centro de ellas, teniendo cuidado de ponerle siempre en aquella misma situacion, nunca se mudará de centro. Lo mismo digo en quanto el cilindro ó centro de los *ángulos horizontales.*

De lo dicho se sigue haber tres yerros distintos, que se han de corregir en la práctica de este instrumento; uno por lo mal dividido de los grados; otro por lo mal subs-

tituido del centro, y otro por no estar todo el limbo en un mismo plano: estos se reducen á uno en la práctica, teniendo (como tengo dicho) cuidado de poner el centro siempre en la misma situacion; pues es evidente que en tal caso, aunque se mude de centro en cada ángulo que se observe, en todas las ocasiones que se repita mudará de la misma forma; y averiguando el yerro para cada uno de ellos, siempre tendremos el mismo, proceda solo de las divisiones, proceda de las divisiones y centro, ó proceda de las divisiones, centro y limbo: solo sí habiendo exâminado el yerro para los ángulos horizontales, que no es el propio para los verticales, será preciso hallar tambien el que á estos les compete.

El vidrio objetivo de los anteojos no ha de tener el mas mínimo movimiento; pues de lo contrario, estando observando un ángulo, tambien se moverán los objetos dentro del anteojo, y por consiguiente no se podrá tomar bien. Algunos pretenden que este vidrio esté bien centrado: esto es, que el exe de él coincida con el del anteojo; pero es inútil esta operacion, pues si tiene algun yerro, por este motivo el mismo tendrá quando se rectifiquen los dos anteojos; y recompensando el uno al otro, es lo propio que si fuese nulo.

Los hilos de seda de los anteojos han de estar firmes y bien tendidos por no concurrir en el mismo caso que dixe de los vidrios objetivos: y todo el anteojo junto es necesario que quede bien firme contra el quarto de círculo, para no estar cada instante corrigiendo los anteojos, que es operacion trabajosa, y mas en la situacion vertical.

En lugar del quadrado de acero (*fig. 19.*) que sirve para detener el anteojo fixo, y darle movimiento de un lado á otro por medio de los tornillos que se le pusieron, se sirven otros de una plancha de laton soldada al anteojo, la que hacen firme por dos tornillos al instrumento en el parage donde debe estar; y con un tornillo fixo se le da el movimiento necesario. Lo mejor me parece omitir el movimiento, pues de ordinario no se usa; y hacer la cons-

truccion segunda, que es menos voluminosa.

Los tornillos de las figuras 22 y 23 deben rematarse en punta, y que esta esté en el exe del tornillo, con lo qual por mas que se ruede, siempre quedará en el mismo sitio; lo que no sucede tornando sobre un punto excéntrico, pues al paso que se rueda va caminando dicho tornillo: rematándose en punta no hay duda que por el peso del instrumento (si el terreno no es solido) se encaxará esta dentro de la tierra, y muchas veces todo el tornillo; por lo que añaden algunos la plancha de hierro KE (*figura 22.*) clavada en K, la que hace muelle para que no impida el levantar ó baxar el tornillo, pero sí que no entre dentro de la tierra.

Otra forma se practica tambien de detener el movimiento de los *exes* sin el muelle de la figura 30 puesto sobre el de la 29, y es con una plancha de hierro redonda del mismo diámetro que el del cilindro (*fig. 29.*); á esta se le hace un agujero en su centro, en el qual se pone un tornillo, el que prendiendo una rosca, que tiene en su extremo el *exe* que entra en el cilindro, y apretándole bien le dexa sin movimiento.

Muchos métodos se pudieran dar de construir las mas de las piezas que tengo descritas; el que he dado es con el qual se construyó el quarto de círculo que S. M. mandó remitirnos de Paris: la habilidad y experiencia de los artistas podrán dar nuevas ideas de su fábrica.

SECCION II.

De la fábrica del micrómetro.

El micrómetro se puede mirar como pieza inherente al quarto de círculo, pues por su medio se facilitan las operaciones, y se consiguen de mayor exâctîtud; por lo que me ha parecido preciso incluir su fábrica y uso. *Mr. Auzout* fue quien nos dió conocimiento de este instrumento, aunque los ingleses pretenden haberle discurrido

Mr. Gascoigne; mas sea de uno ó otro, debemos concederle haber adelantado mucho por él la Astronomía: los semidiámetros de los planetas; las cantidades obscurecidas en los eclipses parciales, y todo género de proporcion ó ángulo pequeño, se adquiere con este instrumento á bastante exâctitud, siendo su manejo sumamente fácil: su construccion es en varias maneras, y segun al instrumento á que se aplica, pero la que mas adequada me haya parecido para el quarto de círculo es la siguiente:

Se hace el quadrilongo de laton ABCD (*fig. 44.*), que tenga de ancho con corta diferencia los tres quartos de su largo; dando de ancho á las piezas cosa de 3 lineas, mas el de la de arriba será de 6, siendo su grueso en general de poco mas de una linea. En el ángulo D se le soldará la pieza de laton D, que sobresalga del quadrilongo de la misma cantidad que la pieza, y se abrirá en ella el agujero D. Se abrirá tambien en la pieza alta el agujero E de dos lineas de diámetro; y los otros F, G, H en los parages correspondientes, para que sirvan en lo que en adelante se dixere.

Se hará (*fig. 45.*) la pieza de laton JKLM, que llaman el *corredor,* y en ella se abrirá el arco MNL en forma de puente; en el parage J se le hará el canal O, que corra desde este punto por toda la pieza hasta M, el que ha de tener el ancho competente para que entre en él la barra AD (*fig. 44.*). Al otro lado del *corredor* se hace el diente KP por todo su largo; y teniendo esta pieza de ancho desde el canto izquierdo del canal O hasta el ángulo del diente KP lo mismo que tiene el quadrilongo de la figura 44, podrá entrar dentro de él; el canal comprehenderá la barra izquierda, y el diente correrá por encima de la derecha, de suerte que se llevará dicha pieza ó *corredor* libremente de alto abaxo del quadrilongo. Se le dará tambien al *corredor* el realce QR en ángulo recto, de suerte que puesto dentro del quadrilongo tenga el mismo alto que la barra alta AB (*fig. 44.*). Se le abrirá á este realce la rosca S de dos lineas de diámetro partida por una aser-

radura TV, y poniendo un tornillo en X, se obtendrá por cerrar este mas ó menos que se cierre tambien mas ó menos la rosca.

Se hará el tornillo YZ (*fig. 46.*) de acero, cuya longitud YZ sea igual á ED (*fig. 44.*), y su grueso tal que entre en la rosca de la figura 45. Su cabeza Y& contiene el círculo *ab* de dos veces el diámetro del tornillo, de donde nace el cilindro *d* de una línea de alto y dos de diámetro, luego el quadrado *e*, y despues el tornillo &c. En la parte baxa Z se le hace la porcion cilíndrica *f* igual al grueso del agujero D (*fig. 44.*), luego la *g* quadrada, y despues el tornillo *h*.

Teniendo estas tres piezas (*fig. 44, 45, 46.*) asi dispuestas, se aplica, como tengo dicho, la 45 dentro de la 44; de suerte que el canal O corra por la barra ED, y el diente KP por encima de la barra FC, en cuya conformidad la rosca S estará línea recta con los agujeros E y D; y pasando por el agujero E el tornillo de la figura 46, y tambien por la rosca hasta que el círculo *ab* de la cabeza llegue al agujero E, quedará á este tiempo la porcion cilíndrica *f* ocupando el grueso del agujero D, y lo restante *gh* por la parte baxa de él, que sirve para afirmar el tornillo, y que no se suspenda de dicha situacion; para lo qual aplican al quadrado *g* la pieza de laton (*fig. 47.*), y luego al tornillo *h* la pieza de la figura 48, que tiene su rosca competente: la pieza de la figura 47 sirve para que el movimiento circular no haga salir á la de la figura 48, y esta para detener el tornillo que no suba hácia arriba; en cuya disposicion bien se ve que tornando ó rodando el tornillo por su cabeza *ab*, y quedando fixo sin movimiento para arriba ni abaxo, y rodando dentro de la rosca de la figura 45 ó *corredor*, hará este movimiento que suba y baxe dicho *corredor* desde lo mas alto á lo mas baxo del quadrilongo.

Para que el *corredor* no se desvie del quadrilongo por la parte KL, se clava por encima del diente KP, y contra la barra FC del quadrilongo, la plancha de laton

(*fig. 49.*) por tres tornillos I; pero de forma que dicha plancha no impida al *corredor* el movimiento de arriba abaxo.

Se hace una plancha de laton (*fig. 50.*) que tenga de *l* á *m* lo que el *corredor* tiene de ancho, menos la porcion del canal, de alto lo mismo que dicho *corredor*, y con el propio arco: á esta se le aplica el tornillo NO, y en *p* se le remacha el diente *p*. Se hace á mas un tornillo como el de la figura 51, el qual se pone fixo detras del *corredor* de *q* á *r*, como se ve en la figura 52: esto es, con solo el movimiento circular, haciendo el extremo *r* quadrado, para que aplicando en él una llave se pueda hacer rodar dicho tornillo. Se afirma tambien detras del *corredor* la plancha de la figura 50 por medio de su tornillo *no*, de suerte que el diente *p* cayga sobre el tornillo *qr*, por la circulacion del qual dicha plancha se moverá al rededor el tornillo *n* como centro, cuyo movimiento sirve para darle á la plancha la inclinacion necesaria; y poniendo de *s* á *t* un hilo de seda simple, este tendrá el mismo movimiento que la plancha sobredicha.

El quadrilongo ABCD (*fig. 53.*) representa el mismo que el de la figura 44, pero visto por la otra parte y en plano, correspondiendo el punto A del uno al punto A del otro, y el punto B al otro punto B &c.: en esta parte del quadrilongo se ponen dos tornillos fixos, uno arriba y otro abaxo como EF, GH; este está ya totalmente montado para que se vea cómo ha de quedar, y el EF lo dexé en partes para explicar su composicion: este tornillo tiene su extremo FI cilíndrico, cuyo largo será del grueso de la barra BC del quadrilongo; y á mas se halla taladrado en F en quadrado, para que aplicándole una llave se pueda hacer rodar: el otro extremo se remata tambien en cilindro, pero de menos grueso: afíxase, como se ve, el GH, poniendo la porcion cilíndrica FI dentro del agujero que se halla en la barra que corresponde á el F (*fig. 44.*); y el otro extremo E con una pieza KL fixa y al canto de la barra, que tiene un agujero M, en el

qual entra dicho extremo, con lo qual queda el tornillo fixo, y sin mas movimiento que el circular. La pieza KL se afirma al canto de la barra por medio de un tornillo puesto en K; y para que no pueda rodar sobre él se le añade el clavo N, que entra dentro de un agujero hecho en la barra en el parage que le corresponde.

El tornillo fixo FE se tiene pasado por una rosca en la pieza OP, cuya cara alta O queda contra la barra alta del quadrilongo, lo que le impide que pueda rodar quando voltea el tornillo, cuyo movimiento la hace ir por todo el largo del mismo tornillo.

Se hace á mas una plancha de laton QR con las limaduras ó hendeduras Q y R: la Q cae encima ó debaxo de la pieza OP; y afirmando con un tornillo por esta hendidura la plancha contra la pieza, se conseguirá por el movimiento de esta de un lado al otro que tenga el mismo movimiento la plancha, quedando firme en R, sobre cuyo punto rodará como centro. De la misma suerte rodando el tornillo GH se moverá la plancha en R, quedando firme en Q como centro; y rodando uno y otro tornillo, toda la plancha se moverá de un lado al otro. Se abre en esta el óvalo STVX, y se ponen dos hilos de seda simple cruzados en ángulos rectos SV, TX, á los quales, por medio del movimiento de un tornillo fixo, se les puede dar una situacion horizontal: esto es, á uno de ellos como TX, á cuyo tiempo quedará el otro vertical; á quien, por rodar los dos tornillos, se le dará un movimiento uniforme ó paralelo de la derecha á la izquierda, ó de la izquierda á la derecha. El agujero STVX se ha hecho oval, porque teniendo la plancha el movimiento de un lado al otro, y no de arriba abaxo, es preciso que su diámetro TX sea mayor que SV.

Dispuestos el *corredor* y la plancha, cada uno en su lugar; esto es, uno á un lado y la otra al otro del quadrilongo, y puestos los hilos *st* del *corredor*, y TX de la plancha horizontales, quedarán entre sí paralelos; y por el movimiento del *corredor* de arriba abaxo podrán ajustar-

se el uno sobre el otro, y quedar á la vista como si fueran uno solo.

El juego del *corredor* en el quadrilongo ha de ser de forma que, subiéndole totalmente arriba, quede su hilo *st* parejo con el punto *s* de la plancha; y baxándole totalmente, quede el mismo hilo parejo con el punto V; quiero decir, con esto que el movimiento del *corredor* ha de ser tal, que su hilo corra de un extremo al otro del óvalo. Aqui se ve claramente que el arco MNL del *corredor* ha de ser de igual magnitud, ó algo mayor que el óvalo; pues de lo contrario, estando el *corredor* totalmente baxo, taparia algo del agujero oval.

La propiedad de este instrumento consiste en que por medio de rodar el tornillo fixo de la figura 46 se mueve el *corredor*, y por consiguiente su hilo *st* de la cantidad que se quisiere, apartándole mas ó menos del hilo TX de la plancha: esta distancia puede ser la misma que la que hubiere entre dos objetos; porque puesta la vista en un punto determinado se pueden poner los hilos, de suerte que el uno cubra el un objeto y el otro el otro; en cuya colocacion lo mismo habrá de un objeto al otro que entre los dos hilos; se entiende proyectadamente: luego el ángulo comprehendido sea entre los dos objetos, ó entre los dos hilos es el mismo; de donde conociendo una vez las distancias de un hilo al otro el ángulo que valen, tambien se conocerá el ángulo entre los dos objetos que tuvieren la misma distancia proyectada.

El inquirir la cantidad que un hilo se aparta del otro, se consigue por medio de las piezas de las figuras 54, 55 y 56, cuya descripcion es la siguiente.

Ya se dixo como el tornillo de la figura 46 entrando por el agujero E (*fig.* 44.) del quadrilongo, y por la rosca del *corredor*, se hace firme su extremo *f* en el agujero D, en cuya situacion toda su cabeza Y& sobresale por encima de la barra ó plancha AB del quadrilongo: esto supuesto, se hace (*fig.* 54.) una plancha de laton *lmn*, que tenga algo mas de largo que la plancha alta del

quadrilongo, y de ancho cosa de pulgada y media: se le abre á esta en O un agujero, cuyo diámetro sea igual al círculo *ab* de la figura 46; y haciendo centro en O (centro del agujero) se describen dos círculos concéntricos *lmp*, cuyas circunferencias se dividen en qualesquiera partes iguales, siendo lo ordinario en 100: esta plancha se pone encima de la plancha alta del quadrilongo, haciendo que pase por el agujero O la cabeza del tornillo (*fig. 46.*); y teniendo esta plancha el mismo grueso que el círculo *ab* del tornillo, este ocupará justamente el agujero de la plancha dividida, la qual se hará firme contra el quadrilongo por tres tornillos.

Se hace (*fig. 55.*) el index AB, en cuyo cilindro CB se taladra un agujero, en el qual pueda entrar ajustado el cilindro *d* (*fig. 46.*), en donde debe ponerse, para que rodando el tornillo señale sobre la plancha (*fig. 54*) la division. Como este index comprehende un cilindro si no se hiciera firme quando se rodara el tornillo, pudiera no rodar él de la misma cantidad, por lo que se le añade el tornillo D, el que apretado (ya puesto el index en su lugar) queda firme.

Para rodar el tornillo grande (*fig. 46.*) con facilidad, se hace la puerca AB (*fig. 56.*), en cuyo medio C se le hace un agujero quadrado por donde entra el quadrado *e* (*fig. 46.*); y para que todas estas piezas no salgan de su lugar se hace la A (*fig 57.*), en cuya base tiene una rosca correspondiente al tornillo &c., en donde entrando aprieta todas las piezas, y no las dexa salir ni moverse de su situacion.

Esto asi dispuesto, poniendo el hilo del *corredor* encima del TX (*fig. 53.*) por el movimiento del tornillo grande, se puede, dexando los hilos en esta situacion, poner el index (afloxando su tornillo, y rodándole sobre su cilindro) sobre la division cero, y (volviéndole á afirmar) rodando la puerca, rodará tornillo é index, y cada vez que vuelva al punto cero, se habrá dado una vuelta entera; y como cada una esté dividida en 100 partes, se pueden con-

tar las vueltas y partes de vuelta; y sabiendo que cada una de ellas aparta un hilo de otro de una cantidad igual á un ángulo de tantos minutos, segundos, terceros &c., dos vueltas valdrán el duplo ángulo, tres triplo &c., y una division la centésima parte del mismo ángulo; con lo qual, poniendo un hilo sobre otro, y despues rodando el tornillo, teniendo cuenta en las vueltas y partes de vuelta que se dan hasta que los dos hilos esten cada uno sobre su objeto, se sabrá quantas vueltas hay de un objeto al otro, y por consiguiente qué ángulo valen.

Todas las piezas construidas componen el instrumento; y solo para su resguardo del polvo, viento, agua &c. se pone dentro de una caxa, como la de la figura 58, en cuyos dos lados se hacen dos agujeros, cuyo diámetro sea igual al del cañon del anteojo fixo del quarto de círculo, y que correspondan puesto el instrumento dentro de ella al óvalo de la plancha de la figura 53: se hace firme á ella por tres ó quatro tornillos que se ponen en la plancha graduada, los que traspasan la que tiene en lo alto la caxa, con lo que se le quita todo movimiento: ábrensele á mas á esta los agujeros F, G, H correspondientes á los de la figura 44, para que por ellos puedan entrar las llaves para rodar los tornillos: esto es, el agujero F para el tornillo FE (*fig.* 53.); el G para GH (*fig.* 53.), y el H para el tornillo *qr* (*fig.* 52.).

Para no tener cuidado en las vueltas que da el index, se le añade al *corredor* (*fig.* 52.) la pieza de laton *ux*, en cuyo extremo *x* se le hace una rosca, la que con el movimiento del *corredor* camina dentro de la caxa (*fig.* 58.) de A á B, en donde se abre la hendidura AB: se hace á mas una plancha de laton CD dupla de la hendidura, y de poco mas ancho, para que la tape: se le pone un tornillo en su medio E, el que entra dentro de la rosca de la pieza *ux* del *corredor*, con lo qual, moviéndose este de arriba abaxo, sube y baxa la plancha de la misma cantidad. Hácese otra plancha LM (*fig.* 59.), y esta con dos tornillos se afirma á la caxa junto á la ante-

cedente CD, en la que haciendo una señal que sirva de index, y dándole todas las vueltas posibles al tornillo grande, tambien el dicho señal ó index hará todo su movimiento, y enfrente de él en sus dos puntos mas distantes se hacen dos divisiones en la otra plancha LM, cuya distancia se divide en tantas partes iguales como se han dado vueltas; con lo qual cada vez que el señal ó index subiere ó baxare de una division, se habrá dado una vuelta; y teniendo cuidado quando se empieza á voltear el tornillo de ver en qué division se halla el index, y lo mismo quando se acabe, la cantidad de divisiones que hubiere corrido serán tantas vueltas que se dieron; lo que quita el cuidado de contarlas, y la duda despues de haberlas dado de si fueron mas ó menos. En la plancha alta de la caxa se hace un pasage para que entre por él (quando suba) la plancha del index CD.

Se hacen en fin dos cañones de laton (*fig. 60.*) del mismo diámetro que el del anteojo fixo, y en sus extremos se les suelda una plancha quadrada tambien de laton con su agujero correspondiente al cañon; estos se afirman uno á un lado y otro al otro de la caxa con quatro tornillos enfrente del agujero de dicha caxa; y queda concluido el instrumento, faltándole solamente aplicarle al anteojo fixo del quarto de círculo; lo que se hace como sigue:

En la figura 61 se ve el micrómetro totalmente armado; el cañon AB ha de tener de largo la distancia del *focus* del ocular del anteojo á los hilos de seda, mas la longitud del cañon, en donde va hecho firme dicho ocular (algo menos); este va dentro del cañon AB, y se puede con él alargar ó acortar el anteojo, segun pidieren las vistas distintas. El otro cañon AC puede tener una longitud arbitraria; mas ha de quedar el anteojo de forma, que los hilos cruzados del micrómetro queden en el *focus* del objetivo. Dispuesto en esta forma el micrómetro son inútiles las piezas de las figuras 14, 15 y 16.

Afírmase este instrumento al anteojo fixo del quarto

de círculo, poniendo el cañon AC dentro del cañon del anteojo, y con tres tornillos puestos en C, y otros tres en D, se afirman estos cañones, y queda el instrumento igualmente.

SECCION III.

Del uso del micómetro.

Ya se dixo en la fábrica el modo de poner el hilo del *corredor* horizontal, como su correspondiente en la plancha, para que queden paralelos: de la misma suerte el modo de hacer ir de un lado al otro el hilo vertical; y tambien el modo de saber las vueltas ó partes de vuelta que da el tornillo, en qualquier distancia que se aparten los dos hilos el uno del otro; con lo qual solo será necesario aqui enseñar á qué ángulo equivalen dichas partes.

Puédese poner el micrómetro vertical y horizontal: llamo vertical quando los dos hilos paralelos se hallan horizontales, y horizontal quando estos mismos se hallan verticales. Poniendo ó fixando el micrómetro vertical quando el quarto de círculo estuviere vertical, se podrán tomar con él ángulos verticales, en cuya situacion, poniendo el quarto de círculo horizontal, tambien el micrómetro se hallará horizontal, y por consiguiente se tomarán con él ángulos horizontales.

En el tratado sobre *la medida de los grados terrestres* se ve el método de medir qualquier base ó distancia en un terreno á bastante exâctitud, en cuya conformidad se medirá una distancia como de 400 á 800 toesas; en un extremo de esta se pondrá el anteojo montado con su micrómetro horizontal: esto es, el tercio de la parte de fuera del vidrio objetivo, y se apuntará al otro extremo, en donde se pondrán dos objetos, como naypes ó otra qualquier cosa que se vea distintamente en una direccion perpendicular á la base, lo mas distantes que se pudiere, con tal que se vean al mismo tiempo ambos en el anteojo.

Esto asi dispuesto los dos hilos del micrómetro pararelos se hallarán verticales: pondráse pues el uno sobre el otro, y ajustándolos exâctamente en medio del un objeto, se rodará el tornillo grande, apartando el hilo del *corredor* hasta que se halle en medio del otro objeto; y se notarán las vueltas y partes de vuelta que se le dieron; ó al contrario, pondráse el hilo fixo de la plancha sobre el un objeto, y se apartará de este el del corredor mas de lo que se necesita para que esté sobre el otro objeto; se volverá á acercar el hilo del *corredor* hasta ponerle exâctamente encima de este último objeto, de cuya situacion se empezará á contar las vueltas y partes que le son necesarias dar para unirse con el otro hilo y objeto.

Ambas prácticas debieran dar la propia medida si el micrómetro estuviera perfectamente fabricado; pero por mas atencion que se ponga en hacerlo asi, siempre les queda á las piezas un insensible juego, que causa alguna diferencia entre dichas prácticas, que llaman *juego del micrómetro;* y para no equivocarse, lo mejor es executarlas ambas, y tomar un medio entre ellas.

Sabidas exâctamente las partes del micrómetro equivalentes á la distancia entre los dos hilos, ó entre los dos objetos, se sabrá el ángulo que valen, midiendo exâctamente la distancia de un objeto al otro; pues en el triángulo formado por el vidrio objetivo del anteojo, y los dos objetos se tienen conocidos, la distancia del vidrio al primer objeto, que es la base medida; la distancia entre los dos objetos, y el ángulo comprehendido, que es recto; con los quales vendremos en conocimiento del ángulo opuesto á los objetos, que es el que se busca, igual al valor de las partes antecedentemente halladas.

Tambien nos suministra la óptica nuevo método de hallar este ángulo, el qual es igual al que se forma en el tercio de la parte de fuera del vidrio objetivo por dos rayos tirados á los dos hilos del micrómetro que estan sobre los dos objetos; el modo pues de concluirle es midiendo la distancia del tercio del objetivo al hilo fixo del

medio del micrómetro, que se tomará por el radio de un círculo, de quien la distancia entre los dos hilos es una tangente, que medida exâctamente, se concluirá el ángulo á que corresponde. Este método no es tan exâcto como el primero, pero en casos de no mucha sutileza bien se puede emplear.

Conociendo una vez las partes del micrómetro equivalentes á un cierto ángulo, dividiendo este en segundos, terceros, y si es necesario quartos, y partiéndolos por el número de partes antecedentes, se tendrá el valor de cada una; y por consiguiente todas las veces que se hallare el número de partes que comprehenden los dos hilos puestos sobre dos objetos, tomando por cada una su valor de segundos, terceros y quartos &c., se tendrá el valor del ángulo formado en el objetivo por dos rayos tirados á dichos dos objetos.

Es cierto que en rigor geométrico no se debiera dividir el ángulo en partes iguales, sino en la proporcion de las tangentes: esto es, las partes correspondientes á los 30 primeros minutos han de ser á las partes correspondientes á los 60, como la tangente de 30 minutos á la tangente de 60; pero como esta proporcion no difiere de la de igualdad que de 7 á 8 terceros, se puede omitir este trabajo.

Es necesario tener cuidado quando ya se puso un hilo sobre un objeto, que se va con el otro á buscar el otro objeto, y que se está ya cerca de él, de mirar si con el movimiento de voltear el tornillo no se descompuso la situacion del primer hilo para volverle á ajustar de nuevo, y el mismo cuidado es preciso tener quando ya se hayan puesto los dos hilos cada uno en su lugar.

El método que he descrito es de observar los ángulos horizontales, de quien la de los verticales solo se distingue en que en esta no se halla por lo ordinario mas de un objeto, que estando apartado del hilo de la plancha (á quien llamaré en adelante el *hilo fixo*) se pone sobre él el hilo del *corredor*; y despues se averigua de quantas

partes está apartado del *hilo fixo*, con lo qual se sabe de qué ángulo estaba el objeto mas alto ó baxo que el centro del anteojo; esto es, que la interseccion de los dos hilos fixos.

Con el micrómetro se puede venir en conocimiento de qualquier distancia como de 1000 toesas poco mas ó menos, poniendo el anteojo con su micómetro horizontal en un extremo de ella, como ya se dixo; el que se dirigirá al otro, en donde habrá dos objetos dispuestos como antes, se medirá con el micrómetro el ángulo que comprehenden, y tambien la distancia entre ellos; con lo qual se tendrá un triángulo en quienes son conocidos el ángulo opuesto á los objetos, el ángulo recto, y un lado distancia de un objeto á otro; luego se vendrá en conocimiento de la distancia del anteojo á los objetos. Dixe que se pueden conocer distancias de 1000 toesas poco mas ó menos, porque si se toman mucho mayores, puede ser no salga la operacion de la precision que se requiere.

Mídense con el micrómetro los dígitos de un eclipse parcial de sol ó luna, encerrando entre los hilos la parte eclipsada, é inquiriendo del número de partes que distan: cuya operacion repetida con todo el diámetro del planeta, por una regla simple de tres se sabrán los dígitos del eclipse. Pudiérase tambien saber hallando el valor del ángulo de la parte eclipsada, y comparándole con el diámetro aparente del planeta.

Estas y otras prácticas se pueden dar al micrómetro; pero como no le he descrito aqui mas que para apropiarle al quarto de círculo, volveré de nuevo á mi primer asunto.

SECCION IV.

Del uso del quarto de círculo en los ángulos verticales.

La primera operacion que da principio á esta práctica es poner los hilos fixos de seda en el focus del vidrio objetivo; pues ya se dixo en la fábrica ó construccion que

es precisa esta circunstancia para que los hilos se vean como colocados encima de los objetos que se ven por el anteojo, y que no se siga paralaxe alguna, que diera yerros inevitables en las alturas: el método pues de executarlo es empeler mas ó menos dentro del anteojo el cilindro de la figura 16, donde se hallan los hilos hasta que queden en el punto deseado: mas para conocer si estan colocados ó no, se mirará por el anteojo qualesquiera objetos, y moverá el ojo de arriba abaxo, con lo qual si los objetos se movieren es signo que los hilos no estan en el focus; esto es, si se movieren en direccion contraria á la del ojo los hilos estan mas cerca del objetivo que su focus; mas si se movieren en la misma direccion, al contrario los hilos estarán mas lejos del objetivo que su focus; en donde se substituirán por hacer algunas tentativas del modo explicado.

En segundo lugar es necesario disponer los mismos hilos, de suerte que el horizontal se halle exâctamente horizontal, en cuya conformidad si el vertical se hubiere puesto cortando en ángulos rectos al otro, es cierto que se hallará exâctamente vertical. Esta operacion es muy simple en parage donde se ve el horizonte del mar; pues dirigiendo el anteojo á él, de suerte que la interseccion de los hilos se halle encima (esto se entiende estando el instrumento exâctamente vertical), si el hilo horizontal no conviniese todo con él, es evidente que no estará horizontal; en cuyo caso por medio de rodar los cañones de las figuras 14 y 15, en quienes se halla encerrado el de la 16, se le dará la posicion deseada. Si el anteojo tuviere micrómetro, es preciso poner los hilos del *corredor* y *fixo* horizontales, como se dixo en la construccion de este instrumento.

Si del parage donde se hiciere la operacion no se viese el horizonte del mar, se delinearán sobre una tabla, carton ó pared bien unida dos líneas en ángulos rectos, poniendo con un nivel la una horizontal, ó con un aplomo la otra vertical, sobre las quales se hará la misma

operacion como si fuese sobre el horizonte del mar.

Sin esta última operacion se pueden tomar ó observar ángulos verticales; mas es preciso en tal caso tener cuidado de poner el objeto en el anteojo siempre en un punto determinado como la interseccion de los hilos fixos, cuya práctica solo es buena, sirviéndose de objetos terrestres que no tienen movimiento; mas no para los astros, de quienes no sabiendo exâctamente por un péndulo reglado su pasage por el meridiano, la observacion no saldrá muy exâcta; pues como siempre se va mudando el instrumento al paso que sube el astro hasta que tome su mayor altura, es casual que se halle en la interseccion de los hilos quando llegue al meridiano; y si no se hallase en aquel mismo instante, ya no seria tiempo de ponerle de nuevo, porque se perderia la altura. De lo qual se concluye que para observar alturas de objetos terrestres, no es preciso que los hilos esten horizontales exâctamente, sí á corta diferencia; pero para observar los astros no se puede excusar dicha operacion, menos que no se tenga un péndulo bien reglado, y se sepa exâctamente el mediodia, para que con ello se pongan los astros en la interseccion de los hilos á su llegada al meridiano.

Para hacer dicha operacion se montará el instrumento, como dixe en su construccion, para tomar ángulos verticales, y como se ve en la figura 42 (á quien solo le falta el *guarda hilo*, que no se puso porque no impidiese ver el centro y limbo del instrumento), pues es preciso que los hilos se hallen horizontales quando el quarto de círclo estuviere vertical, y de lo contrario bien pueden hallarse, mas no al instrumento, que es lo que se requiere.

Dispónese vertical por el hilo aplomo AB (*fig. 42.*), que pende de la aguja del centro, haciendo que rase este el limbo del instrumento, lo que se facilita con los tornillos C, D: baxando el tornillo ó punto C, y levantando el D, se hace que el cabello se aparte del limbo, y al contrario baxando el D, y levantando el C, se hace que

apoye sobre dicho limbo, cuyos movimientos son suficientes para ponerle vertical, como el *pie* EF esté en el mismo plano ó vertical del instrumento, en cuyo caso el CD le será perpendicular, pues el movimiento de dichos tornillos C, D no le darán otro al quarto de círculo que el de su direccion, apartándole mas ó menos del vertical, sin hacerle mudar su altura; lo que muestra ser este el mejor método de situar el pie en semejantes observaciones.

Dispuestos horizontalmente los hilos del anteojo se observará qualquier altura poniendo los *pies* en la situacion que acabo de decir, y haciendo de forma por el movimiento de los quatro tornillos que el instrumento se mantenga sólido sobre el terreno; despues de lo qual se dirigirá el anteojo al objeto que se quiere observar, poniéndole en la interseccion de los hilos, y se pondrá el instrumento vertical por medio de los dos tornillos C y D, como se dixo antes; cuidando de que el hilo aplomo AB toque el instrumento en A: porque de lo contrario, aunque dicho hilo rasara el limbo, no estuviera el quarto de círculo vertical; y si en esta última operacion se apartase casualmente el objeto en el anteojo de su sitio, se repondrá, lo que se repetirá las veces necesarias, hasta que dicho objeto, y el hallarse el instrumento vertical, se consigan á un mismo tiempo igualmente bien dispuestos.

Despues de esto no hay mas que ver la division que corta el hilo aplomo en las transversales del limbo, y anotar los grados y minutos; y porque de ordinario no corta el minuto justo, sino que pende entre dos divisiones de minuto, es preciso estimar las partes de minuto que corta: esto es, si pasa por el medio de una division y otra, serán 30″; si pasa por el tercio 20, y asi de qualquier otra fraccion que se estimare cortar el cabello. Solo para hacer esta estima con mas exâctitud, y ver la division mas grande y mas clara, es necesario servirse de un microscopio de un solo vidrio; con el qual, no solo se puede estimar en la division la mitad, tercio y quartos de

un minuto, mas tambien hasta menos de un dozavo, que vale 5″; pues no hay duda que se ve claramente la mitad, y tambien el tercio; luego se puede estimar si cae entre uno y otro, ó si se aproxîma mas del uno ó del otro; y como entre medio y tercio de minuto no hay mas que 10″, su mitad son 5″, y si se aproxîma mas á una parte que á otra, la menor valdrá menos que 5″, y por consiguiente se puede estimar por medio de un microscopio el ángulo observado á menos de 5″.

Como el hilo ó cabello aplomo no dexa de estar algunas veces algo separado del limbo, sea porque no se puso bien vertical el instrumento, sea porque se le da algun movimiento para que no se pegue á dicho limbo, ó sea por el grueso del hilo, es evidente que si se pone el ojo á un lado, se verá cortar distinta division, y para evitar esta paralaxe es preciso poner siempre el ojo (para juzgar la division), de suerte que una perpendicular al limbo levantada del punto donde se hallare el cabello, pase por la niña del ojo; lo qual se consigue muy fácilmente teniendo el limbo bien limpio y lustroso, de suerte que se vea el ojo dentro, y procurando que al tiempo de juzgar se vea la niña del ojo dividida en dos partes iguales por el cabello; y como en este caso el limbo haga el mismo efecto que un espejo plano, es cierto que la línea del ojo al limbo en el parage donde se ve será perpendicular.

A las alturas tomadas conforme tengo dicho, les falta corregir un yerro, que llaman del anteojo, causado de no estar este paralelo á la linea que pasa por el centro y la division 90°, ó de no estar perpendicular á la línea tirada del centro por la division cero, que es lo mismo; y aunque en la fábrica se dió el método de señalar el punto cero, de suerte que dicha línea tirada por él y el centro, sea perpendicular al anteojo; sin embargo, algun golpe dado sobre dicho anteojo; algun esfuerzo hecho sobre él; el movimiento de los cañones donde estan los hilos, ó volver á poner estos por haberse roto, y alguna emocion en

el vidrio objetivo pueden hacer que la línea visual en el anteojo mude.

En la figura 62 AO 90 representa el quarto de círculo; esto es, A el centro, O el punto cero, ó principio de la division, y 90 el grado noventa: AB el cabello aplomo, y CD la línea visual del anteojo, que pasando por el objeto y por la interseccion de los hilos; llega al ojo del observador. Tírese la línea CE paralela á A 90, en la qual se debia hallar la visual del anteojo para que no hubiera yerro. El ángulo OAB es el que se anotará de altura, y el BA 90 su complemento ó distancia al Zenit, á quien es igual el ángulo BCE. El ángulo verdadero, observado de la distancia del objeto al Zenit, es el BCD comprehendido entre el cabello aplomo y la visual del anteojo CD, el qual es mayor que el anotado BA 90 = BCE del ángulo ECD; luego de esta cantidad se anotó menos el ángulo del complemento, ó de mas el de altura; y asi es necesario disminuir el ángulo tomado OAB del ángulo ECD (que es el *error del anteojo*) para obtener la verdadera altura.

Para conocer este error se hace la operacion, que llaman *rectificacion del quarto de círculo*, como sigue: Tómese la altura ó *depresion* de un objeto el mas lejano que se presentare, y mas cercano al horizonte, anotando los grados, minutos y segundos, y guárdese dicha observacion: trastórnese el instrumento lo de arriba abaxo, tornándole sobre su *exe segundo*, y como lo demuestra la figura 63, habiéndole quitado antes la aguja del centro; diríjase en esta posicion el anteojo DC al mismo objeto, y péndase el cabello BA del limbo del instrumento en B, llevándole mas ó menos á la parte de cero, ó á la contraria, hasta que pase y corte el punto del centro en dos partes iguales; y anótense los grados, minutos y segundos que marcare el cabello en el limbo de altura ó *depresion*, la qual, si hay yerro en el anteojo, será distinta de la primera: tómese la mitad de la diferencia, y será el error del anteojo substractivo de las alturas si la

primera altura hubiere sido mayor, y al contrario.

Para la demostracion de esta regla será suficiente el darla en un caso solo, para que qualquiera, por poco geómetra que sea, la vea claramente en los otros.

En la figura 62 el ángulo OAB es el que se anotó en la primera observacion, el que se hizo ver era mayor que el verdadero del ángulo ECD. En la figura 63 el ángulo OAB es el que se anotó en la segunda operacion, cuyo complemento ó distancia al Zenit es el ángulo BAF = GA 90° = GCE mayor que el verdadero observado DCG del ángulo DCE; siendo pues el complemento mayor, la altura anotada BAO será menor de dicho ángulo DCE; y habiéndose anotado en la primera operacion la misma altura mayor de la propia cantidad (que es el *error del anteojo*), la diferencia de las dos anotaciones será el duplo error, luego su mitad será el simple; y por haber sido la primera altura mayor que la segunda será substractivo de las alturas.

Una vez conocido este error, él mismo servirá para todas las alturas que se observaren; esto es, del mismo han de corregirse todas, como se tenga cuidado de no tocar el anteojo para que no mude de situacion: mas es necesario advertir que el error que es aditivo á las alturas, es substractivo á las *depresiones*, y el que es substractivo á las alturas, es aditivo á las *depresiones*.

Del mismo uso del quarto de círculo por el micrómetro.

Habiendo explicado el uso del quarto de círculo por las transversales, pasaremos á executarlo por el micrómetro, cuya práctica es mucho mas exacta. Dispóngase el quarto de círculo de la misma forma como si se fuese á tomar el ángulo por las transversales, poniéndole sólido sobre el terreno y vertical; habiendo antecedentemente dirigido el anteojo al objeto, véase qué punto de la division de los que corresponden á un grado justo está mas cerca del hilo ó cabello aplomo, y dispóngase el instru-

mento de suerte (tornándole sobre su *exe tercero*) que dicho hilo corte el punto en dos partes iguales, estimando esto tambien con el microscopio: á este tiempo, de la misma cantidad que se hubiere movido el instrumento, se habrá apartado el objeto dentro del anteojo de la interseccion de los hilos fixos: tómese esta distancia ó ángulo con el micrómetro de la misma suerte que se dixo en su uso; el qual se añadirá al grado, sobre el qual estuviere puesto el cabello á plomo, si el objeto hubiere estado mas baxo en el anteojo que la interseccion de los hilos fixos; y se substraerá si hubiere estado mas alto, con lo qual se tendrá el ángulo de altura, que necesita la misma correccion del *error del anteojo* como por las transversales; el qual se inquirirá haciendo la misma operacion, con sola la diferencia que los dos ángulos, tanto estando el instrumento en su situacion ordinaria, como trastornado, se han de tomar con el micrómetro. Dixe que el cabello á plomo se ponga sobre un punto correspondiente á un grado justo, suponiendo que el anteojo sea capaz de comprehender un grado á lo menos, pues de lo contrario con el movimiento que hiciera saldria el objeto fuera del anteojo; y asi es preciso que dicho movimiento no sea mayor que de la capacidad ó extension del anteojo.

A ambas prácticas les falta corregirlas del error de las divisiones que se explica en la seccion quinta.

Es bueno anotar en ella asimismo en qué punto se forma el ángulo de altura que se observa, lo que en observaciones delicadas es muy esencial tener presente; y pues este es hecho por la línea tirada del objeto observado al ojo del observador y el horizonte, se formará en el punto del anteojo fixo, en donde prolongado el cabello á plomo, corta la visual, que saliendo del ojo, va al objeto; porque en este punto es donde se foma el ángulo del complemento, luego tambien el de altura.

De aqui se sigue que en la *rectificacion del quarto de círculo* hay una correccion que hacer; porque el anteojo, quando estuvo el instrumento trastornado, estuvo

mas baxo que en la primera operacion; luego el punto donde se formó el ángulo de altura en la primera operacion, se halló mas alto que en la segunda, y asi de esta cantidad se debe hallar la primera altura menor que la segunda; esto es, del ángulo formado en el objeto por dos líneas tiradas desde los dos puntos donde se formaron los dos ángulos de altura.

Se inquiere este ángulo ó correccion conociendo la distancia del objeto sobre el qual se hace la *rectificacion*, y se imagina que los dos lados desde dicho objeto al quarto de circulo (que forman el ángulo) son iguales; con los quales, y la diferencia ó distancia de los dos puntos donde se forman los ángulos de altura, se tiene un triángulo, en quien se conocera el ángulo que se pretende; esto es, en la figura 64, A es el punto donde se formó el ángulo de altura en la primera operacion, B el de la segunda, y C el objeto en que se rectificó el instrumento; y asi el ángulo ACB será el de la correccion, el qual, conociendo las distancias AC, BC que se suponen iguales, y el lado AB diferencia ó distancia de los dos puntos de altura: se concluirá por trigonometría el ángulo ACB que se pretende, el qual será aditivo á la primera operacion, y substractivo de la segunda si el ángulo observado fuere de altura, y al contrario si fuere de *depresion:* esta operacion ó correccion se puede despreciar quando la distancia del objeto, sobre quien se hace la *rectificacion*, es grande, porque en tal caso el ángulo ACB es de corto valor.

Por esto en la construccion del quarto de círculo se hizo el *árbol* dividido en dos; de suerte que, montando el instrumento en la primera operacion con sola una pieza ó mitad del *árbol*, esté el anteojo á la misma altura que montado en la segunda operacion con todo el *árbol*, con lo qual se evita la correccion referida.

De lo dicho se sigue tambien, que quando se quiere tomar el ángulo de altura de un objeto terrestre encima del sitio donde se halla el observador, es necesario diri-

gir ó apuntar el anteojo mas alto (con corta diferencia) que dicho objeto de toda la altura del anteojo encima del terreno; pues de lo contrario no se tendrá el ángulo de altura del objeto encima del terreno donde se hallare el observador: por lo que, quando importa obtener un ángulo de altura exâcto, se pone en el parage y objeto que se quiere observar otro objeto, levantado del primero de toda la altura del anteojo del quarto de círculo encima del terreno, y es á quien se hace la direccion en lugar del primero.

SECCION V.

Del uso del quarto del círculo en los ángulos horizontales.

Por la expresion *ángulos horizontales* se deben entender ciertamente los ángulos paralelos al horizonte; pero no solo á estos se limita esta seccion, mas se extiende á todos aquellos que le son inclinados, menos los perpendiculares ó verticales ya explicados, los quales comprehendo generalmente debaxo del término *ángulos horizontales* por observarse todos de la misma suerte: en cuya práctica es el quarto de círculo una especie de plancheta exâctísima, y su manejo el siguiente:

Móntese el instrumento como dixe en su construccion, y como se ve en la figura 43 con su alidada; y antes de empezar la operacion se prevendrán dos cosas: la primera, poner el cabello ó hilo de la alidada sobre el radio; y la segunda, poner la interseccion de los hilos de los dos anteojos de suerte que correspondan á un mismo punto: esto es, que estando ambos anteojos dirigidos á un mismo punto, no esté la interseccion de los hilos del uno mas baxa ni mas alta que la del otro, sino que ambas cubran el mismo objeto.

Poner el cabello ó hilo de la alidada sobre el radio es ponerle en una situacion que prolongado pase por el centro del instrumento; en cuyo caso coincidirá con el radio del círculo: dos puntos tomados en las transversales,

uno en el círculo de abaxo, y otro en el de arriba del limbo, que denoten ambos un mismo grado, estan por construccion en linea recta con el centro del instrumento; luego si el cabello ó hilo de la alidada se pone de suerte que se ajuste exâctamente sobre dichos dos puntos, prolongado pasará por el centro, y quedará puesto sobre el radio. Estos puntos no son arbitrarios, como se dirá despues, sino que han de ser precisamente ó los dos puntos que denotan cero, ó los dos sobre el ángulo que se quiere observar. El poner el cabello sobre los dos puntos se consigue por el movimiento que los dos tornillos fixos dan á la plancha de laton, sobre la qual está el cabello ó hilo, como se dixo en la construccion de la alidada.

Esta por su movimiento al rededor del centro se puede poner encima del anteojo fixo, y dirigir ambos al mismo objeto; esto es, que en ambos anteojos el vertical corresponda al mismo objeto: mas sin embargo, puede no estar dicho objeto en los hilos horizontales, quedando en un anteojo mas alto ó baxo que en el otro, que es la segunda prevencion necesaria, que se enmendará (como no sea mucha la diferencia), poniéndolos de suerte que de la misma cantidad que en uno estuviere alto el objeto del hilo horizontal, esté en el otro baxo: mas si la diferencia fuese considerable, se cometerá el yerro de que verificando dichos anteojos no se sirvan de los mismos puntos; y es cierto que no estando los hilos verticales exâctamente perpendiculares al plano del ángulo que se toma, el mismo ángulo, tomado dos veces en distintos puntos del vertical, se encontrará diferente; y como la operacion ó observacion de un ángulo horizontal necesita de observar dos ángulos, esto es, el que se pretende y la *rectificacion de los anteojos* (como se dirá mas adelante), dependiendo el uno del otro, si no se toman estos dos en los mismos puntos del vertical serán diferentes, y por consiguiente habrá yerro en dicho ángulo observado: este se evita por medio de poner los dos anteojos de forma que las dos intersecciones de los hilos correspondan exâctamente á un propio objeto. Los

hilos del anteojo fixo, que eran verticales quando el quarto de círculo estaba verticalmente, se hallan quando horizontal horizontales, y los que estaban horizontales verticales; por lo qual los hilos del *corredor* en el micrómetro y su paralelo, que antes eran horizontales, se hallan verticales, y el tercero horizontal; al que por medio de los tornillos fixos, como se tiene dicho, se hará subir y baxar lo que se necesitase para que la interseccion de él y del otro hilo fixo convenga con la interseccion de los hilos de la alidada, con lo que quedarán los anteojos preparados para tomar los ángulos.

Este movimiento del hilo horizontal en el micrómetro (como el del anteojo en el quarto de círculo que no le tiene) se debe situar en el anteojo; porque si se pone en la alidada, puede causar algun error provenido de (lo que dixe antecedentemente) no estar todo el limbo del quarto de círculo en un mismo plano: pues puede suceder que el plano del limbo en el parage donde se toma el ángulo no sea el mismo que el plano en el parage ó punto cero; y asi el hilo vertical de la alidada, si lo es al plano en que se halla, como dichos planos tienen distinta inclinacion, tambien el hilo vertical tendrá distinta inclinacion respecto de sus dos situaciones, como se ve en la figura 65, en donde DCB que representa el limbo del quarto de círculo está en dos distintos planos DC, CB; AB representa el hilo vertical de la alidada quando está sobre cero, y ED el mismo hilo quando está sobre el punto del ángulo que se observa: este hilo ha de tener siempre la misma situacion respecto del plano en que se halla (obtenga por exemplo la perpendicular); luego es evidente que del punto E al punto A habrá mas distancia que del punto D al B; y siendo los puntos E, A los que verdaderamente comprehenden el ángulo, y los D, B los que le marcan sobre el quarto de círculo, es cierto que el ángulo que se anotará será menor que el verdadero; mas la diferencia entre estos dos ángulos siempre será la misma, con tal que los puntos E, A no muden de altura

(por lo que dixe que no se le dé el movimiento de arriba abaxo al hilo horizontal de la alidada); y comprehendiéndose esta en la *rectificacion de las divisiones* del quarto de círculo, como se verá despues, no mudando jamas las alturas de dichos puntos E, A, siempre se tendrá la misma diferencia que en la *rectificacion;* y por consiguiente quedará corregida por el *error de las divisiones.*

El mejor método de disponer el *pie* para tomar los *ángulos horizontales* es situar una de sus barras AB (*figura 43.*) en la misma direccion de la alidada, y el *exe horizontal* CD perpendicular al anteojo fixo; en cuya situacion ambos anteojos tienen su movimiento vertical y horizontal; esto es, el anteojo fixo se mueve verticalmente por tornar el *exe horizontal* CD, y horizontalmente por tornar el primer *exe vertical* que está dentro del *árbol* del *pie:* la alidada se mueve verticalmente levantando uno y baxando otro de los tornillos ó puntos A, B, y horizontalmente por su movimiento al rededor del centro: á cuyos movimientos se puede añadir el de los tornillos E, F, para inclinar mas ó menos el plano del quarto de círculo.

Estos movimientos son suficientes para que á tientas (pues no hay otro método) se dirija cada anteojo á su objeto correspondiente, poniendo este en la interseccion de los hilos; cuya operacion, quanto mas agudos son los ángulos que se toman (excepto los de 5 á 6 grados), mas dificultosa es; porque de ordinario el movimiento que se hace para componer un anteojo descompone el otro, y es necesario volverle á ajustar de nuevo las veces precisas, hasta que se tengan los objetos en cada anteojo puestos en la interseccion de los hilos.

Obsérvese despues con un microscopio de un vidrio la division que corta el cabello ó hilo de la alidada, anotando los grados, minutos y segundos, que será el valor del ángulo comprehendido entre los dos objetos, á quien es necesario añadirle ó substraerle el *error* (que llaman) *de los anteojos.*

Para que el ángulo que se observó no tuviera correc-

cion alguna que hacer, era preciso que al tiempo que el hilo de la alidada estuviera exâctamente sobre cero, y este mismo anteojo sobre un objeto, estuviese el fixo exâctamente sobre el mismo objeto, cuya posicion se le pudiera dar á este, apartándole mas ó menos á un lado ó otro con los tornillos del quadrado de hierro que le sujetan (*fig. 19.*): mas como esta operacion es mas dilatada y dificil que la que voy á explicar, se omite, y sirven de esta.

Póngase la interseccion de los hilos del anteojo fixo sobre un objeto el mas distante que se viese; y sobre el mismo póngase tambien la interseccion de los hilos de la alidada, la qual, si no hubiere yerro, marcará sobre la division cero, mas si lo hubiere marcará mas ó menos: véase con el microscopio los minutos y segundos que marca de mas ó menos, los que substraidos ó añadidos al ángulo observado, darán el verdadero ó deseado. Esta operacion es la que antecedentemente llamé *rectificacion de los anteojos;* y el yerro *error de los anteojos.*

Mas será bueno definir ahora en qué punto se forma el ángulo observado, ó concurren las dos líneas tiradas desde los dos objetos al quarto de círculo; y como estas son las que saliendo de los objetos van al ojo del observador por dentro de los anteojos, cortándose en la interseccion de estos, se sigue que esta interseccion es el punto en quien se forma. Mas demostraré que este no es igual al ángulo que se anota por los grados del quarto de círculo; suponiéndole bien dividido, y excluyendo qualquier otro error.

En la figura 66 DC representa el anteojo fixo dirigido al objeto A; EC la alidada dirigida al objeto B; MG la misma alidada puesta sobre cero, y al mismo tiempo dirigida al objeto A, y O el centro del quarto de círculo: tírense las líneas OG, OE, y las OM, ON del centro perpendiculares á las alidadas MG, EC. El verdadero ángulo comprehendido entre los puntos ú objetos A y B por las líneas visuales es el ángulo ACB = ECD = EFG + FAC; y demostrando que EFG es igual al que se anota EOG,

tendremos que el ángulo ACB será mayor que el que se anota del ángulo FAC.

En los triángulos EON, GOM, EO=OG por radios del mismo círculo, y tambien OM=ON por construccion, y á mas el ángulo ONE=OMG por ser ambos rectos, luego el ángulo OEN=OGM; tambien el ángulo externo ESG=SFG+SGF; y este mismo ángulo ESG=SOE+SEO, luego SFG+SGF=SOE+SEO, y quitando los demostrados iguales SGF=SEO, quedará SFG=SOE, que es lo que se habia de demostrar. Por lo que es preciso, para tener el ángulo verdadero ACB, aumentar el anotado EOG del ángulo FAC.

Mas si se hace atencion que la alidada FG puesta sobre el mismo objeto A es lo mismo que si los anteojos se rectificaran sobre el mismo objeto A, en cuyo caso el ángulo ECD es mayor EFG, se notará que si se hubieran rectificado sobre un punto mucho mas distante, vinieran insensiblemente paralelos los anteojos, y el ángulo ECD fuera igual á EFG=EOG el anotado; por cuyo motivo es necesario rectificar los anteojos sobre objeto muy distante.

Mas para que el punto en donde se forma el ángulo quede bien marcado, é igual al ángulo que se anota sin diferencia alguna, se tomará el punto F, interseccion de la alidada EF, y de la misma alidada FG puesta sobre cero; porque es cierto que, rectificando los anteojos sobre el punto A (objeto correspondiente al anteojo fixo), es lo mismo que se sirvan del anteojo fixo que de la alidada FG, pues ambos estan sobre el propio objeto á un mismo tiempo, con sola la diferencia que con el anteojo fixo se medirá el ángulo ACB, y con la alidada el ángulo AFB; y como no se quiera saber mas que el ángulo que se forma por los objetos A y B en qualquier punto como F ó C, poniendo la interseccion de las alidadas sobre dicho punto, ellas comprehenderán el ángulo requerido igual al anotado.

Esta explicacion algo dilatada no la he incluido mas que para mostrar que en rigor geométrico es el punto

de la interseccion de las alidadas, que se debe poner ó tomar por el punto donde se forma el ángulo obervado, con la condicion de que se han de rectificar los anteojos sobre el objeto correspondiente al del anteojo fixo: mas rectificando los anteojos sobre un objeto muy distante, se puede tomar la interseccion de la alidada y anteojo fixo, porque el yerro que se puede cometer es insensible.

Del mismo uso del quarto de círculo por el micrómetro.

Dispóngase el instrumento, como se dixo, para observar el ángulo horizontal por las transversales, excepto el que no es necesario poner el hilo de la alidada sobre el radio, sino con corta diferencia: véase qué punto correspondiente á un grado justo es el mas cercano del ángulo que se quiere observar, y sobre este póngase exâctamente el cabello ó hilo de la alidada, exâminándole con un microscopio de un vidrio para ver con mas claridad: déxese la alidada en esta situacion, y póngase (por el movimiento del quarto de círculo al rededor de su *exe vertical*), de suerte que el objeto que le corresponde esté exâctamente sobre la interseccion de sus hilos; con lo qual el del anteojo fixo estará á un lado ú otro de la suya: tómese esta distancia entre los hilos del micrómetro, como se dixo en el uso de este, anotando la cantidad de partes que se hallaron, y el ángulo que les conviniere de minutos y segundos se {añadirá / substraerá} al grado, sobre el qual estuviere la alidada, si el objeto en el anteojo fixo estuviere á la {derecha / izquierda} de la interseccion de los hilos: esto se entiende conforme se ve en el anteojo, y no en realidad, pues bien se sabe que este género de anteojos de dos vidrios dan los objetos inversos.

La correccion ó *rectificacion de los anteojos* se hará poniendo el cabello ó hilo de la alidada exâctamente sobre el punto cero, y dirigiéndola al objeto sobre el qual se quiere hacer la rectificacion, poniéndole sobre la in-

terseccion de los hilos; y si se hallase que este mismo objeto estuviere exâctamente tambien sobre la interseccion de los hilos del anteojo fixo, no habrá correccion; mas si estuviere á la derecha ó izquierda, tómese esta distancia entre los dos hilos del micrómetro, anotando las partes de su valor, cuyo ángulo, que les correspondiere, será el de la correccion $\left\{\begin{matrix}\text{aditiva}\\ \text{substractiva}\end{matrix}\right\}$ si el objeto estuviese á la $\left\{\begin{matrix}\text{izquierda}\\ \text{derecha}\end{matrix}\right\}$ de la interseccion; esto es, se añadirá ó substraerá del ángulo ya observado para obtener el verdadero.

SECCION VI.

Del exámen de las divisiones del quarto de círculo para los ángulos horizontales.

El exámen de las divisiones del quarto de círculo ó de otro instrumento semejante es operacion poco practicada hasta el presente, y á la que solo los modernos se han dedicado. Por lo dicho en su fábrica se ve evidentemente no haber seguridad alguna en dividir bien un instrumento, y que rara vez no obtendrá yerros considerables: el no exâminarles pues es querer incurrir en ellos, y no tener seguridad alguna de sus observaciones: muchos han omitido el trabajo grande que se requiere para venir á un conocimiento exâcto; unas veces por falta de método directo que le concluya, y otras por haber discurrido el defecto de poca monta; sin embargo, yo le he visto en quartos de círculo subir á mas de un minuto, que es yerro considerable en observaciones astronómicas.

Siete causas encuentro yo que pueden hacer defectuosas las divisiones de un quarto de círculo: la primera y mas considerable es que haya de un punto á otro mas ó menos de lo que se requiere: la segunda, que el centro del instrumento no se halle exâctamente en el centro de las divisiones, en la qual entra tambien que la alidada

no ruede al rededor del verdadero centro, cambiando el punto sobre el qual se mueve cada instante: la tercera, que el limbo del instrumento no esté todo en un mismo plano; y la quarta, que la inclinacion del hilo vertical de la alidada sea distinta en cada plano: estas quatro pueden dar yerro á las divisiones de los puntos solos, y son las que entran en las observaciones horizontales hechas por el micrómetro; mas en las hechas por las transversales se aumentan las siguientes: quinta, no estar los círculos concéntricos tirados por los puntos que les compete: sexta, que la transversal esté mas ó menos obliqüa que lo necesario; y séptima, que es la mas esencial de conocer para observar por las transversales, que los puntos correspondientes á un mismo grado, unos tomados en el círculo concéntrico externo, y otros en el círculo concéntrico interno, no estan en el radio del círculo; esto es, si el punto que denota 60° en el círculo externo, y el punto que denota los mismos 60° en el círculo interno no tienen su direccion, de cuarto que prolongada pase por el centro del instrumento.

Todas estas causas producen varios yerros; mas todos se reducen á uno en la práctica (menos el de la séptima), á los quales llamo *error de las divisiones,* el que siempre se debe de emplear ó corregir en las operaciones, con tal que permanezan los mismos yerros; esto es, que por algun movimiento no mude el yerro de alguna de las causas: es cierto que todos no serán de la misma denominacion; pero substrayendo ó añadiendo los unos á los otros conforme pidieren, se reducirán á uno solo, el qual será la diferencia del ángulo que indica el instrumento por sus números al ángulo verdadero, que comprehenden las dos intersecciones de los hilos de los anteojos; y como esta diferencia sea la que se halle en la práctica, por ella vendremos en conocimiento del *error de las divisiones*, resultante de los yerros de todas las causas juntas, los quales no se necesitan saber cada uno de por sí; pues aunque se supiesen (lo que tengo por dificil), fuera preciso

despues hacer una resulta ó agregado de ellos; y asi es lo mismo que se sepan separados que juntos. Una vez conocida la diferencia de un ángulo á otro, ó dicho *error*, añadiéndole ó substrayéndole del ángulo indicado en qualquier tiempo, nos quedará el verdadero, con tal, como tengo dicho, que no mude alguno de los yerros de alguna de las causas; pues en tal caso fuera preciso volver á hacer nuevo exámen.

Quizá se notará que como no se puede mudar el yerro de la causa segunda en quanto á los ángulos horizontales, si tengo dicho que cada instante se está mudando de centro: á lo que se ha de advertir que si se muda de centro á cada movimiento de la alidada, para cada ángulo se tendrá distinto yerro; mas teniendo cuidado de poner siempre el centro en una misma situacion, todos los ángulos tendrán siempre el centro en el mismo parage que le tuvieron la primer vez; y asi, aunque un yerro respecto del otro sean distintos cada uno de por sí, será siempre el mismo, que es lo que se pretende.

Para exâminar pues el *error de las divisiones* de un instrumento, bastará solo conocer la diferencia del ángulo que indica, al ángulo verdadero ó comprehendido entre las dos intersecciones de los hilos de los anteojos. Si se han de servir de un instrumento montado con un micrómétro, será suficiente exâminar todos los puntos correspondientes á cada grado justo: mas si se hubiere de observar por las transversales, será preciso para obtener un cierto grado de justificacion exâminar las divisiones de diez en diez minutos para no incurrir en los yerros de la causa séptima; y para no incurrir en los de la quinta fuera preciso de minuto en minuto, lo que muestra la ventaja que hay de operar con un micrómetro á la de operar por las transversales. El método de hallar el ángulo que indica un instrumento, ya le he dado en el uso; y asi, concluyendo el valor del ángulo verdadero, nos quedará la diferencia de uno á otro, que es la que se pretende.

Seis métodos se presentan de hallar el ángulo verdadero; unos dan el solo ángulo verdadero que se pretende; otros la suma de dos ángulos verdaderos; otros la de tres, quatro, cinco &c., de donde se deduce despues cada uno de por sí.

I. Formando un triángulo de los dos objetos que se observan con la interseccion de los dos anteojos, en el qual, midiendo los tres lados, se venga en conocimiento del ángulo que se pretende, ó de todos tres.

II. Con un lado y un ángulo ya conocidos, midiendo de nuevo un segundo lado, que comprehendan ambos el ángulo, venir en conocimiento del ángulo que se opone al nuevo lado; y como este se puede ir aumentando de qualquier cantidad, tambien el ángulo, y por consiguiente se puede venir en conocimiento de todos los ángulos que se quisieren.

III. Con un ángulo solo conocido, mudando los otros dos á distintas partes de las rectas que les comprehenden, venir en conocimiento de la suma de los otros dos ángulos verdaderos.

IV. No conociendo lado alguno, mas formando un triángulo para saber la suma de los tres ángulos, y despues venir en conocimiento de cada uno de por sí.

V. Haciendo la vuelta del horizonte, y dividiéndole en varios ángulos, mas todos iguales, cuya suma será 360°; y sabiendo despues cada uno de por sí, dividir uno de ellos en cierto número de partes iguales, é inquirir cada una de por sí, en cuya forma se procede hasta el último grado.

VI. Que solo sirve para los ángulos verticales; medir con un compas los dos radios que comprehenden el ángulo en el quarto de círculo, y de la misma suerte la cuerda, con los quales, formando un triángulo, se vendrá en conocimiento del ángulo verdadero.

El primer método se reduce á formar un triángulo sobre el terreno que tenga un ángulo de 5 grados, con el qual se pueden exâminar todos los 5° del quarto de círculo,

y saber sus correcciones, advirtiendo que este exámen se debe hacer con la alidada sola; esto es, estando sobre el punto cero se dirige á un objeto; y despues, teniendo cuidado de no mover el instrumento, se muda la alidada, y se pone sobre el otro objeto, en donde se observa el ángulo que da; y de la misma suerte, estando sobre 5° para exâminar de 5° á 10°. Añádase la correccion de 5° á la de 10°, si ambas fueren de una misma denominacion, ó substráygase la una de la otra si fueren de distinta, y quedará la correccion para de cero á 10°, tomando la denominacion de la mayor. Hágase lo propio con las correciones de cero á 10° y de 10° á 15°, y se concluirá la de 15°; y de la misma suerte, procediendo por todos los 5°, se hallarán las correcciones para 5°, 10°, 15°, 20° &c.

Lo propio se executará tomando los grados de distinta suerte; esto es, de 1° á 6°, de 6° á 11°, de 11° á 16° &c., y se conocerán las correcciones para de 1° á 6°, de 1° á 11°, de 1° á 16° &c. Lo mismo digo para conocer las correcciones de 2° á 7°, de 2° á 12° &c., y de 3° á 8°, de 3° á 13° &c., y por último de 4° á 9°, de 4° á 14° &c.

Fórmese otro triángulo que tenga un ángulo de un grado, en el qual se podrán exâminar de la misma suerte los grados de cero á 1°, de 1° á 2°, de 2° á 3°, de 3° á 4°, y de 4° á 5°; y añadiendo ó substrayendo la correccion del uno á la del otro, como se dixo antes, se concluirán las correcciones para los grados solos 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, con lo qual hay suficiente para saber todas las correcciones grado por grado de todo el quarto de círculo.

Súmese ó réstese la correccion de 1° segun su denominacion á las de 6°, 11°, 16° &c., y se tendrán las correcciones de cero á 6°, de cero á 11°, de cero á 16° &c. Súmese ó réstese tambien la correccion de 2°, á las de 2° á 7°, 12°, 17° &c., y se tendrán las de cero á 7°, 12°, 17° &c. Lo mismo se executará con los grados 3° y 4° para las otras dos órdenes que quedan, con lo qual se tendrán conocidas las correcciones para grado por grado del quarto de círculo.

Este método, si se sirven de él hallando el ángulo

verdadero por la medida de los tres lados del triángulo, es muy incierto, porque por poco que se yerre en la medida de un lado (lo qual es bien dificil que dexe de suceder), el ángulo verdadero vendrá muy incierto ó erróneo, y por consiguiente qualquiera observado comparado con él tambien erróneo. Pero se encontrará muy exâcto si se halla por el método V; esto es, encontrando por él la correccion del ángulo de 60°, con la qual se corregirá el mismo grado 60 que se encontró en la operacion, el qual dividido por 12 (veces que el 5 cabe en 60), concluirá el verdadero ángulo; y tambien dividiendo por 60 el ángulo verdadero para las operaciones de grado por grado; ó bien ya conocido el yerro ó correccion de los cinco primeros grados, divididos por cinco, se tendrá el ángulo verdadero para grado por grado. Este método es de *Mr. Godin*, y fue el que empleó en rectificar su quarto de círculo, el qual seguimos *Don Antonio de Ulloa* y yo, pero no me sirvió mas que para rectificar algunas operaciones que hice despues.

El II se reduce á tener ya conocidos por la medida de tres lados de un triángulo, un lado y un ángulo como el lado AB (*fig. 68.*), y el ángulo A; y poniendo el instrumento en el extremo B del lado conocido, se irán midiendo todos los ángulos grado por grado, los quales quedarán comprehendidos entre los objetos D, E, F &c. puestos sobre la otra línea; y midiendo las varias distancias de los objetos que comprehenden los ángulos observados, se tendrá un triángulo de dos lados y el ángulo comprehendido, dados, que resolver para conocer cada ángulo verdadero de por sí; pero en todos tendremos el lado AB, y el ángulo BAC siempre el mismo: una vez conocidos todos los ángulos verdaderos comprehendidos entre los objetos, comparados con los observados, se tendrán las correcciones para cada grado. Este método tiene el mismo defecto que el primero por depender de medidas; y aunque le empleamos *Mr. Godin* y yo, en breve venimos en conocimiento de su poca exâctitud. Suelen llamarle de las tangentes por hacer algunas veces el ángulo A recto, en

cuyo caso la AC es tangente á un círculo cuyo radio es BA.

III. Mídase el triángulo ABC (*fig. 69.*) que tenga el ángulo A (por exemplo) recto, y al tiempo de la medida déxese marcado el punto D, el qual forme el ángulo BAD de cinco grados, si el exámen se quiere hacer de cinco en cinco grados solamente, ó de un grado si se quiere hacer grado por grado; pero como aqui no voy mas que á la explicacion, bastará referirlo de cinco en cinco para que qualquiera entienda el modo de hacerlo uno por uno, pues es lo propio.

Puesto el instrumento en C, váyanse observando empezando por A todos los ángulos de 5 en 5 grados hasta rematar en B el 45°: conviene á saber, el ángulo ACE de 5°, el ACF de 10°, el ACG de 15° &c.; y pónganse señales en todos los puntos donde las rectas CE, CF, CG &c. cortan las dos rectas AB, AD; esto es, en todos los puntos I, E, K, F, L &c. Hecho esto, transpórtese el instrumento á todos los puntos dichos I, E, K, F, L &c., y en ellos váyanse observando los ángulos que se forman entre A y C, con lo qual cada punto nos dará un triángulo formado con los dos A y C, en el qual el ángulo en A es conocido, y asi queda la suma de los otros dos á comparar con los observados; los formados en los puntos de la recta AB quitando el recto en A, serán los de las dos primeras columnas que forman la primer tabla: y los formados en la recta AD, los de la tercera y quarta columnas de la segunda tabla; los quales denotan los ángulos observados con el instrumento; esto es, el 85 de la primera columna denota el ángulo observado en E, y el de 5 de la segunda el ángulo observado en C entre A y E: el 90 de la tercera el ángulo en I, y el 5 de la quarta el ángulo en C entre A y I; y asi de los demas.

Tabla 1.		*Tabla* 2.	
1	2	3	4
85	5	90	5
80	10	85	10
75	15	80	15
70	20	75	20
65	25	70	25
60	30	65	30
55	35	60	35
50	40	55	40
45	45	50	45

Se conoce con esto cada ángulo observado de por sí, en lugar que de los verdaderos no se conoce mas de la suma de dos en dos; esto es, la suma de 85 y de 5, la de 80 y 10 &c.; pero la suma de 45 y 45 siendo de dos ángulos iguales substraida de la de los ángulos observados, dará una diferencia ó residuo, cuya mitad será la correccion del ángulo de 45 grados. Conocida esta y la diferencia de las sumas de 45 y 50 de los verdaderos á la de los observados, substrayendo de esta la correccion de 45°, quedará la de 50°: de la misma suerte, conocida la diferencia de las sumas de 50° y 40°, substrayéndola de la correccion de 50°, quedará la de 40°, y asi para todos los demas, con lo qual se conocerán las correcciones para todos los grados de 5 en 5, y de la misma suerte operando se puede saber de uno en uno. Este método tiene el mismo defecto que los dos antecedentes; pero le encuentro menos trabajoso que el II, y tambien que el que sigue.

1	2	3	4
5 85 90	10 80 90	15 75 90	20 70 90
5	6	7	8
30 60 90	35 55 90	40 50 90	45 45 90
9	10	11	12
45 50 85	25 75 80	40 60 80	45 55 80
13	14	15	16
45 60 75	50 60 70	55 60 65	60 60 60

El IV necesita absolutamente recurrir al V, del qual se deben conocer ante todas cosas dos ángulos; y sean por exemplo los de 90 y 40 grados: esto supuesto, se han de formar sobre el terreno tantos triángulos distintos como casas contiene la tabla presente, sin ser necesario conocer el valor de ningun lado: cada casa contiene tres números, que denotan los ángulos de cada triángulo. Hecho lo qual, fórmese la tabla presente con los ángulos observados; esto es, en cada casa se ponen los tres ángulos de cada triángulo, en cuyas sumas se incluyen los ángulos verdaderos, y mas ó menos las correcciones de cada uno, las quales se conocen comparando los unos triángulos con los otros: mas solo por la casa 16 se

puede concluir una correccion dividiendo su exceso ó defecto á 180° por 3, que será la de 60 grados: de donde es preciso recurrir á los grados pedidos 90 y 40, los quales se encuentran en varias casas: si dos ángulos conocidos se encuentran en una misma casa, como por exemplo 60° y 90° en la quinta, el tercero queda conocido; porque substrayendo los ángulos de 60° y 90° de la suma, y añadiendo ó substrayendo sus correcciones, el residuo será el ángulo ó grado 30 con su correccion: en cuya forma se hallan todas de 5 en 5 grados solamente; pues si se quisieran uno por uno, fueran necesarias muchas mas operaciones. Este método no tiene medida alguna que hacer como las otras, pero sí un gran trabajo en estar cada instante mudando el instrumento de su lugar; y á mas necesita ante todas cosas empezar por el quinto, que siendo mucho mas fácil, será mejor proseguirle y omitir los triángulos.

El V (del qual me serví para rectificar el quarto de círculo ayudado del primero) consiste en observar ángulos por todo el rededor del horizonte, quedando siempre la interseccion de los anteojos exâctamente en un mismo punto como A (*fig.* 70.); esto es, empezando á observar con el ángulo de 90 grados, se pondrá la alidada exâctamente sobre A, y comprehenderán, por exemplo, entonces los dos anteojos el ángulo BAC, quedando el fixo sobre B y la alidada sobre C, en donde se harán poner dos objetos: cámbiese el anteojo fixo, y póngase sobre el objeto C, y entónces la alidada quedará sobre D, en donde se manda poner otro objeto: cámbiese segunda vez poniendo el fixo sobre D, y entonces la alidada vendrá á E, en donde se pone otro objeto; y en fin, póngase el fixo sobre E, y moviendo la alidada de su situacion, diríjase sobre el primer objeto B, y anótese el ángulo que da, el qual, si fuese mayor que 90 grados, el instrumento dará el ángulo de 90 muy grande, y si fuese menor le dará pequeño; y la difeencia partida por 4 será el error de 90 grados; esto se entiende si todo el espacio EBCDA está en un mismo plano, porque de no, se toman las alturas de los

objetos EBCD desde el punto A, y con ellas se reducen los quatro ángulos á horizontales, los que serán distintos de los antecedentes; y sus diferencias añadidas ó substraidas segun su denominacion de los ángulos observados, cada uno á aquel que le compete, los dexará reducidos á horizontales, y por consiguiente á un mismo plano, despues de lo qual se proseguirá como dixe arriba: esto es, la suma de los quatro ángulos ha de ser igual á 360° que contiene el horizonte, por lo que la quarta parte del defecto ó exceso será la correccion de 90 grados. Conocida la correccion de 90° se pueden corregir los quatro ángulos observados, y por consiguiente saber el verdadero valor de cada uno, con lo qual se sabrá tambien quantos grados valen los dos ángulos juntos EAB, BAC. Obsérvense estos dos con el instrumento en tres veces ó ángulos EAF, FAG, GAC, que serán iguales á 60°, y de la misma suerte que antes su suma mayor ó menor; esto es, su exceso ó defecto á los otros dividido por 3, dará la correccion de 60°: con la qual se corregirán los tres ángulos observados, y se conocerán los verdaderos EAF, FAG, GAC. Substrayendo el ángulo conocido verdadero EAF del EAB, quedará el FAB de 30°; y observándole con el instrumento, la diferencia será la correccion para 30 grados. A mas de esto, obsérvese el ángulo EAB en dos veces ó ángulos EAH, HAB iguales á 45°, y la diferencia dividida por dos será la correccion de 45°, con lo qual se sabrán los verdaderos valores de los ángulos EAH, HAB. Substráygase EAH de EAF, y quedará HAF de 15 grados, con el qual se conocerá la correccion de 15°. Añádase HAF á FAG, y harán 75°, con el qual se conocerá la correccion de 75°: y de la misma suerte procediendo se pueden deducir las correcciones hasta grado por grado. Este método tiene de ventajoso á todos los demas el no necesitar de otro alguno: segundo, no mover el instrumento del mismo parage: tercero, no tener medida alguna que hacer: quarto, servirse de ambos anteojos, y no de la alidada sola, en cuya operacion no hay

seguridad alguna de que no mueva al tiempo de mudar el instrumento.

El VI no sirve mas que para los ángulos verticales, pues en él no entran las causas tercera y parte de la segunda: fue propuesta por la *Real Academia de Ciencias de Paris*, mas está muy expuesta á error, reduciéndose á renovar la operacion del artista. Los otros 5 antecedentes sirven para dar las correcciones para los ángulos horizontales; y como no haya otros para los verticales, será preciso de aquellas deducir estas: mas antes concluiremos dando el método de deducir las correcciones de las transversales causadas por los dos círculos interno y externo segun dixe antecedentemente.

La causa VII se reduce á que los arcos de un instrumento, tomados unas veces en el círculo interno, y otras en el externo, pueden no ser iguales; y asi las correciones tampoco no serán las mismas ó iguales. La forma de conocer sus diferencias es bien simple, pues poniendo el hilo de la alidada en el radio ó direccion de los puntos ceros, y despues llevándola al grado que se quiere conocer, se ajustará el hilo encima de uno de los puntos; y por no convenir la direccion de estos con la de ceros, el hilo no caerá encima del otro punto, sino á un lado ó otro, esto es, ó cortará la transversal ó no llegará á ella; si la cortase, cuéntese la cantidad de segundos que corta, que serán la diferencia de un arco al otro: si no llegase, hágase la operacion al contrario, poniendo el hilo sobre el radio del grado que se quiere conocer, y llevando la alidada á cero, queriéndola ajustar, se encontrará que corta transversal, en donde se verá la cantidad de segundos.

Solo un corto reparo se ofrece aqui, y es que los segundos que muestra cortar el hilo en la transversal son menos que la legítima diferencia de un arco á otro. En la figura 71, K es el centro del instrumento, CD la transversal cortada en E por el hilo AB, que se ajusta en el punto B; tírese la recta CB, y el arco GE descrito desde

el centro K del instrumento. El valor de la transversal CE, segun su construccion, es igual al arco GE; pero el arco GE es al arco CH (la diferencia que se pretende) como BG á BC (sin error sensible), luego es menor la cantidad de segundos CE que la diferencia de un arco á otro: tambien BG es á BC (sin error sensible) como DE á DC, ó como GE á CH; luego GE es menor que CH de la misma cantidad de segundos que DE es menor que CD.

De aqui se sigue el método de hallar la verdadera diferencia; porque supongamos valga CE 30″, ó medio minuto, entonces valdrá DE 9 y medio, y diremos $9\frac{1}{2}$: 10 :: 30″ : 31″$\frac{11}{19}$, que será la verdadera diferencia CH.

Despues de conocidas estas diferencias es necesario determinar qué correccion se debe emplear en la práctica por las transversales: para lo qual es preciso primero saber en qué puntos pusieron el hilo de la alidada sobre el radio antes de observar el ángulo, no habiendo mas de dos parages, que son el de cero, ó el del grado, en el qual se tomó el ángulo: preciso sea uno de ellos, porque los demas no correspondiendo al ángulo, y estando con distintas inclinaciones, no darian el verdadero valor, ó á lo menos fuera necesaria una trabajosa reduccion: si se puso sobre el de ceros, y quando se observó el ángulo, el hilo de la alidada cayó exâctamente sobre el punto de la transversal en el círculo externo, la correccion hallada será la del círculo externo, ó la que se debe aplicar al ángulo observado; y si el hilo de la alidada cayó exâctamente sobre el punto de la transversal en el círculo interno, la correccion será de este círculo. De aqui se sigue que si no cayó el hilo en uno ni otro punto, la correccion debe ser media entre una y otra; esto es, la diferencia se debe dividir en la misma razon que las distancias de los puntos de los círculos externo é interno al punto donde cayó el hilo; y la parte que le compitiere á qualquiera de los círculos, se añadirá ó substraerá con su correccion segun pidiere su denominacion, y quedará el verdadero ángulo.

Si quando se observó el ángulo, el hilo se puso sobre el radio de los puntos donde se tomó el mismo ángulo, y á el tiempo de hacer la correccion de los anteojos el hilo cayó exâctamente sobre el punto del círculo externo, la correccion que se ha de emplear es la de este círculo, si cayó sobre el punto exâctamente del círculo interno la de este otro, y de la misma suerte que dixe arriba si cayese en qualquier otro punto.

De lo dicho se sigue que las correcciones asignadas para las transversales han de ser dos; pero raras veces se empleará ninguna de ellas, porque raro es el ángulo que se observa de un grado ó diez minutos justos, que son los puutos de los círculos externo é interno; lo que obliga á tomar una correccion media, que no es de las asignadas.

Para mostrar lo importante que es examinar bien el error de las divisiones de los instrumentos, será bueno insertar aqui los ángulos de algunos triángulos que medimos en la meridiana. El quarto y quinto triángulos sin corregirles del *error de las divisiones* son estos:

			4	
El ángulo en	Guapulo.....	72°	09′	19¾
	Guamani.....	59	54	12
	Pambamarca..	47	57	13¾
	Suma.....	180	00	45½

			5	
	Guapulo.....	69	26	06
	Guamani.....	74	00	27
	Corazon.....	36	34	17
	Suma.....	180	00	50

A que atribuyeran el error en exceso de estos triángulos los que no hacen aprecio del *error de las divisiones*, dificil les fuera acordarles, como se debe, si estuvieran bien asegurados como nosotros de haber estado bien

observados, pues con el *error de las divisiones* que empleamos, nos quedaron en estos.

		4	
El ángulo en Guapulo.....	72°	08	$53\frac{3}{4}$
Guamani.....	59	53	52
Pambamarca..	47	57	$20\frac{3}{4}$
Suma.....	180	00	$06\frac{1}{2}$

		5	
Guapulo.....	69	25	$56\frac{3}{4}$
Guamani.....	74	00	14
Corazon.....	36	33	56
Suma.....	180	00	$06\frac{3}{4}$

En donde se ve que las sumas vienen á $6\frac{1}{2}$ y $6\frac{3}{4}$ segundos, que es bastante justificacion de lo cierto de las correcciones. El exemplo que sigue es mas singular del décimoseptimo triángulo, y un auxiliar cercano á él.

		17	
El ángulo en Guayama....	71°	36′	$21''\frac{3}{4}$
Sisa-Pongo..	41	03	$26\frac{1}{2}$
Ilmal.....	67	20	15
Suma.....	180	00	$03\frac{1}{4}$

El ángulo en Guayama....	77	53	$11\frac{3}{4}$
La Cantera.	42	11	30
Nabuzo.....	59	55	19
Suma.....	180	00	$00\frac{3}{4}$

Quién dixera viendo las sumas de estos ángulos que no estaban muy exâctos; sin embargo, empleando las correcciones, vienen las sumas igualmente buenas, pero los ángulos muy distintos.

		17	
El ángulo en Guayama.....	71	35	$55\frac{3}{4}$
Sisa-Pongo.....	41	03	$30\frac{1}{2}$
Ilmal.....	67	20	36
Suma.....	180	00	$02\frac{1}{4}$
Guayama.....	77	52	$48\frac{1}{4}$
La Cantera...	42	11	$39\frac{1}{2}$
Nabuzo.....	59	55	34
Suma.....	180	00	$01\frac{3}{4}$

De todo lo qual se concluye que no se debe despreciar el *error de las divisiones*; antes bien es necesario para hacer buenas observaciones emplear el mayor cuidado posible en exâminarlas, pues de su poco conocimiento depende muchas veces que algunas observaciones celestes sea preciso despreciarlas.

SECCION VII.

Del modo de hallar las correcciones de las divisiones de un instrumento para los ángulos verticales por las ya halladas para las horizontales.

Si en las observaciones de ángulos verticales se hallaran las mismas causas para defectuarlas que las que se encuentran en los horizontales, las correcciones fueran las mismas para una práctica que para la otra; pero como en la de ángulos horizontales no se comprehende la quarta, ni tampoco la tercera es la misma, como dixe antecedentemente, pues el centro sobre el qual se mueve la alidada, no es el mismo que el de los ángulos verticales; y aunque este fuese el mismo que el de algunos ángulos horizontales, no lo seria de todos, por poder la alidada mudar de centro á cada movimiento; luego las correcciones no pueden ser las propias; sin embargo, las diferencias no pue-

den ser considerables, siendo las causas dichas muy cortas para producirlas; y aunque se pudiera por este motivo tomar las unas por las otras correcciones, no omitiré el método que sigue, pues por él sin mucha molestia se consiguen las correcciones para los ángulos verticales, en las quales se incluyen las dos causas tercera y quarta.

Es necesario escoger un sitio el mas elevado y cómodo que se presentase: en el Reyno de *Quito* hay bastantes para este efecto, que son cerros muy eminentes, y algunos casi cortados á pique, que es lo que se necesita: á falta de ellos se puede tomar una torre ó qualquiera otro edificio alto, al qual se pueda subir para poner señales ó objetos. Sea por exemplo ABC un cerro de altura competente como de 100, 150 ó 200 toesas, de suerte que su cuenta BC sea la mas perpendicular que se encontrase, y á lo menos que forme un ángulo con el horizonte de 50 á 60° (*fig.* 72.). Póngase el instrumento montado con su alidada como para observar ángulos horizontales en D, pero en lugar de ponerle horizontal, póngase vertical, lo qual se podrá executar muy fácilmente por un cabello á plomo, que se hará pender de la plancha ó plano, en el qual queda el centro de los ángulos verticales: váyanse tomando con el anteojo fixo y alidada todos los ángulos grado por grado, ó de cinco en cinco grados como mejor pareciere, y sean CDE, CDF, CDG &c. hasta que CDB sea igual al ángulo de 45°, y pónganse objetos en dichos puntos, advirtiendo que antes de esta operacion se debe haber señalado el punto C principio de los ángulos, de suerte que esté horizontal al punto D, para que de esta suerte, quando se tomen estos mismos ángulos con el cabello, y no la alidada, cayga dicho cabello sobre cero quando el anteojo fixo esté dirigido al punto C. Estos ángulos, tomados con el anteojo fixo y alidada, se pueden corregir por sus correcciones halladas, y quedarán conocidos sus verdaderos valores. Tómense despues estos mismos de nuevo con el instrumento montado como para ángulos verticales, y la diferencia

que se fuere hallando de los verdaderos será la correccion que se pretende para todos los ángulos desde cero hasta 45 grados.

Falta hallar ahora la correccion para de 45° á 90°; para lo que no hallo otra forma mas que la siguiente: Desmóntese el anteojo fixo, y aplíquese al otro lado del instrumento; esto es, si ABC (*fig. 73.*) es el quarto de círculo, y DE el anteojo, quítese de alli, y póngase sobre HF; en donde, aunque no haya piezas dispuestas para recibirle, se pueden poner para no dañar el instrumento unas postizas que le tengan, ínterin la observacion se hiciere, bien sólido y firme; con lo qual, si antes se rectificaron los 45° de B á G, ahora se pueden rectificar los otros 45° de C á G, cuyas correcciones estarán contadas desde C; pero añadiendo ó substrayendo la diferencia de las correcciones del último grado G, y del penúltimo segun su denominacion á las ya halladas, se tendrá la correccion para 46°: añadiendo de la misma suerte la diferencia del penúltimo y antepenúltimo, se tendrá la correccion de 47°, y asi de los demas, hasta quedar conocidas todas las correcciones desde cero hasta 90°, las quales se aplicarán á los ángulos verticales de la misma forma que dixe antecedentemente de las de los ángulos horizontales; con lo qual últimamente se podrán hallar las alturas verdaderas de los astros, cosa tan importante á la Astronomía, Geografía y Navegacion.