

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Director: Ing. PASTOR J. SIERRA

Serie especial N° 27

Laboratorio de Óptica

**EQUILIBRACION Y PUESTA
EN ESTACION DE UN
TELESCOPIO ECUATORIAL**

Ing. S. J. Chavasse

Profesor de la asignatura Óptica Astronómica
del Observatorio Astronómico de la U. N. L. P.



Departamento de Óptica

— 1983 —

EQUILIBRACION DE UN TELESCOPIO ECUATORIAL

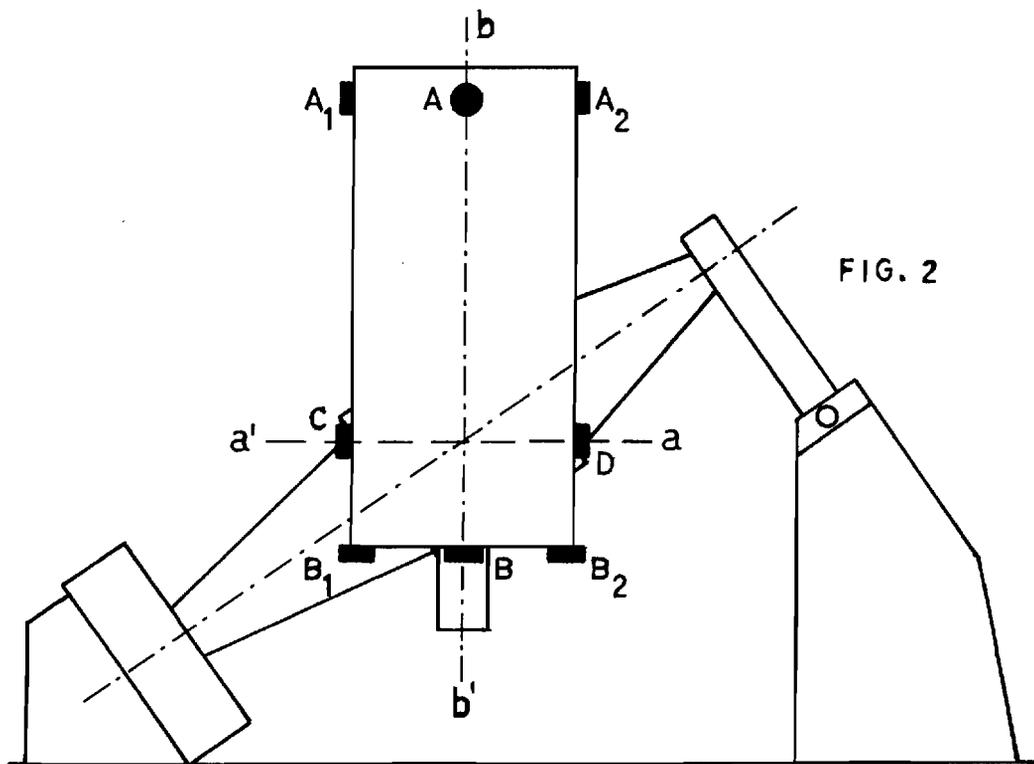
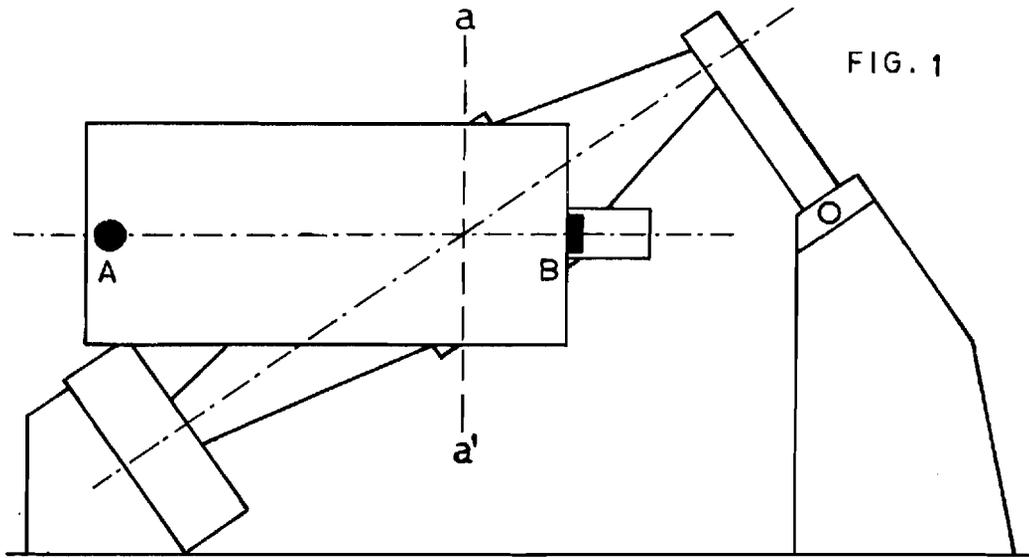
Razones de seguridad en el uso de un instrumento ecuatorial y de normal funcionamiento y buen trato de su sistema de relojería, que siempre es un mecanismo delicado, hacen que sea necesaria una cuidada sa equilibración de las masas que se mueven alrededor del eje de de- clinación y del eje polar. Un telescopio estará bien equilibrado cuando se logre un equilibrio indiferente en cada uno de los ejes, para lo cual deben cumplirse las dos condiciones siguientes:

- 1) El centro de gravedad del conjunto de masas solidarias con el eje de declinación, que comprende el tubo con todos sus accesorios e instrumental auxiliar adherido, debe estar ubicado en la recta que define al eje de declinación.
- 2) El centro de gravedad del conjunto de las masas que giran unidas al eje polar, que comprende todas las masas consideradas en la condición anterior y todas las otras masas (contrapesos, círculos, motores, mecanismos, etc.) firmemente unidas al eje polar, debe estar en la recta que define al eje polar.

Debe comenzarse el trabajo equilibrando el telescopio con respec- to al eje de declinación, es decir, haciendo cumplir la primera condi- ción.

EQUILIBRACION CON RESPECTO AL EJE DE DECLINACION

Veamos un ejemplo aplicado al caso de una montura inglesa simple. Giramos el telescopio en ángulo horario hasta que en el círculo se lea cero, con lo cual el eje de declinación quedará horizontal. Fre- namos el eje horario en esta posición y movemos en declinación el te-



telescopio hasta que el tubo tome una posición horizontal, dejándolo en tonces libre en este eje para ver hacia dónde tiende a girar. (fig. 1). Agregamos o quitamos pesas en A o en B hasta equilibrar. Hecho esto, verificamos con un dinamómetro las fuerzas necesarias para que comience a girar en uno u otro sentido, y si es necesario, afinamos la equilibración hasta igualar dichas fuerzas. Habremos llevado así el centro de gravedad del sistema móvil a la recta a a'.

Apuntamos ahora el telescopio al cenit (fig. 2) y, sin frenarlo en declinación, lo dejamos libre para ver hacia dónde comienza a girar. Equilibramos agregando o quitando pesas en C o en D o mejor, si es suficiente, desplazando la pesa A entre las posiciones A_1 y A_2 y/o la B entre B_1 y B_2 . En estos desplazamientos se recorre la semicircunferencia del tubo. Como antes, utilizamos el dinamómetro para afinar el equilibrio. Con esta operación habremos desplazado el centro de gravedad considerado a la recta vertical b b'. Pero como ya estaba sobre la recta a a' por la operación anterior, habremos logrado llevarlo al eje de declinación. Al desplazar la pesa en A entre A_1 y A_2 , y la B en tre B_1 y B_2 , es posible que, al no mantenerse constante sus distancias al eje, se altere el equilibrio logrado en la primera operación, por lo cual es razonable verificar nuevamente con el tubo horizontal.

Si estas operaciones han sido correctamente efectuadas, se podrá verificar que, para cualquier declinación, el equilibrio del telescopio en el eje δ será indiferente.

EQUILIBRIO CON RESPECTO AL EJE POLAR

Frenamos el instrumento con su eje de declinación en posición horizontal. Liberamos el eje polar y observamos hacia dónde tiende a moverse el telescopio. Equilibramos poniendo o quitando pesas en los puntos E o F (fig. 3). El punto F debe estar ubicado sobre la recta

FIG. 3

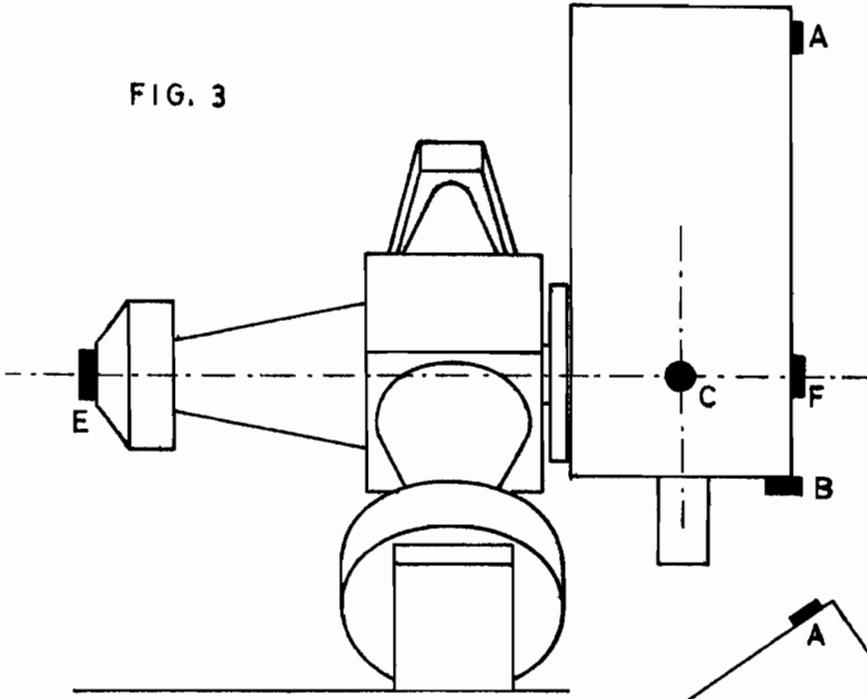
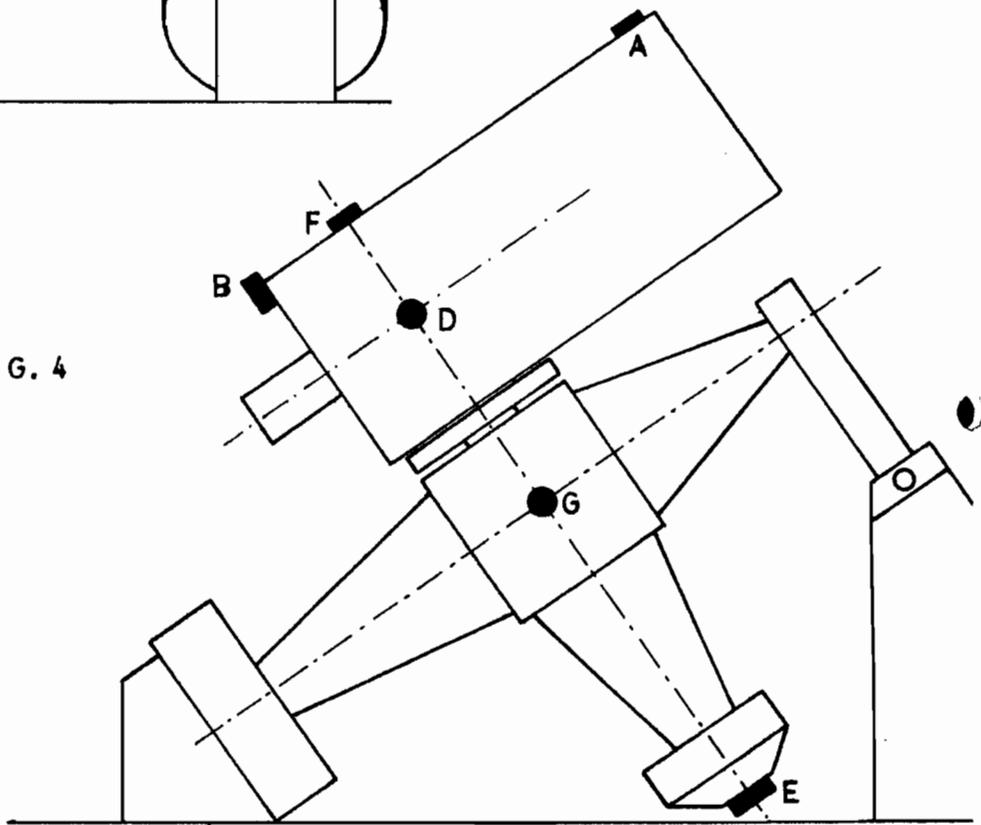


FIG. 4



que define el eje de declinación, para no alterar el equilibrio ya lo grado en este eje. Usando el dinamómetro podemos afinar el ajuste.

Girando entonces el eje polar 90° llevamos el eje de declinación al plano meridiano (fig. 4) y vemos si el eje polar se mantiene equilibrado. Lo más probable es que tienda a girar en uno u otro sentido. En este caso se equilibra desplazando solamente la pesa E perpendicularmente al plano del dibujo. Si esto no fuera suficiente para equilibrar podrían agregarse pesas en el punto G o en el punto simétrico de G, sobre la cara opuesta del cubo central. Debemos verificar por último que el movimiento de la pesa E no haya alterado sensiblemente el equilibrio logrado en el paso anterior, al variar ligeramente su distancia al eje polar. El ajuste final siempre conviene afinarlo con el dinamómetro, y es probable que haya que repetir las operaciones dos o tres veces.

El telescopio debe quedar presentando equilibrio indiferente en cualquier posición de cualquiera de los dos ejes.

El caso elegido como ejemplo, de una montura inglesa simple, que sería el mismo que el de una montura alemana, es fácilmente extensible a los otros tipos de montura ecuatorial.

Algunos telescopios tienen pesas desplazables dentro de cilindros o sobre barras, lo que facilita mucho la equilibración. Pero para un caso como el del ejemplo visto, conviene disponer de tres o cuatro juegos de pesas cilíndricas de distinto diámetro y espesor y con agujero central de igual diámetro para su fijación. Cada juego puede componerse de unas ocho pesas con pesos proporcionales a los términos de una progresión geométrica de razón dos. El menor de los pesos podría ser igual a la octava parte de la mínima fuerza vertical necesaria para mover el telescopio en declinación, una vez equilibrado, desde el punto A de la figura 1, o desde el punto E en la posición de figura 3.

PUESTA EN ESTACION DE UN TELESCOPIO ECUATORIAL

Se llama puesta en estación de un telescopio ecuatorial al conjunto de operaciones y ajustes de orientación necesarios para que el eje polar del instrumento sea paralelo al eje del mundo.

Un telescopio grande o mediano, construido a pedido para instalar en un sitio determinado, tiene una base fija, en el sentido que no es ajustable para otras latitudes, pues, apoyada sobre un plano horizontal, define una inclinación fija para el eje polar, que sólo puede modificarse levemente, dentro de lo que permite el pequeño recorrido de los tornillos calantes. En el caso de telescopios chicos o de serie, la inclinación del eje polar se hace ajustable dentro de un amplio intervalo de valores, para poder instalarlos en distintas latitudes.

El pilar donde se apoyará la base del telescopio estará ya orientado dentro del albergue con una aproximación dentro de $\pm 10'$, por ejemplo, y su posición debe ser tal que el cruce de ejes geométricos de los movimientos del telescopio debe coincidir con el centro de curvatura de la cúpula hemisférica. Este requisito hace que la posición del pilar sea excéntrica dentro de la cúpula, ubicándose hacia el norte de su eje para sitios del hemisferio sur. El pilar debe tener tres placas de hierro coincidentes con los tres puntos de apoyo de la base, dos de los cuales por lo menos deben ser tornillos calantes, o bien puede tener una sola placa de hierro del tamaño de la base, empotrada al tope del pilar, con los dispositivos de ajuste. Deben sobresalir del pilar por lo menos tres extremos roscados de robustas barras de anclaje empotradas en el hormigón, para fijar el telescopio al pilar evitando su caída en el caso de un fuerte sismo con epicentro en la zona. La posición de las placas y anclajes deben haber sido cuidadosamente determinadas mediante algún método astronómico para asegurarse que el error de posición en acimut quede dentro de la excursión de ajuste que permiten los tornillos horizontales que regulan el acimut.

La operación de puesta en estación de un telescopio ecuatorial se hace en dos pasos: 1°. Se ajusta el acimut del telescopio (o lo que es lo mismo, del eje polar). y 2°. se ajusta la inclinación del eje polar. Generalmente es necesario repetir dos, tres o más veces estas operaciones hasta lograr la correcta puesta en estación del instrumento.

Veremos un conocido método aplicado de modo de poder separar el efecto debido al desajuste de acimut, del efecto debido a un error de inclinación (o altura) del eje polar.

AJUSTE DEL ACIMUT DEL TELESCOPIO

En el caso de un telescopio grande, su acimut deberá quedar aproximadamente orientado al colocar la base del instrumento sobre la placa de apoyo fijada al pilar. Entre estas dos piezas están los tornillos de ajuste necesarios para una correcta puesta en estación: habrá dos o tres tornillos calantes de eje vertical y por lo menos dos tornillos de eje horizontal para ajuste fino de acimut.

Cuando se trata de un telescopio pequeño o portátil, una orientación aproximada en acimut puede obtenerse con una brújula de agrimensor, conociendo la declinación magnética del lugar, en ese momento, o bien con un método astronómico simple, como la sombra de un hilo de plomada en el mediodía verdadero o, de noche, mediante la distancia polar de una estrella circumpolar tomada como su acimut en el momento de su máxima elongación, etc.

El ajuste fino del acimut se hace mediante observación de estrellas. Se coloca en el telescopio un ocular de aumento mediano, con retículo orientado según las coordenadas α y δ . Se apunta hacia alguna estrella próxima al cenit, tal como la A_0 de la figura 1, y con un ángulo horario t_0 tal que le falten unos quince o veinte minutos para su culminación superior en M ($t_0 = 23^h 45^m$, por ejemplo). Se hace coincidir

cidir la imagen de la estrella en A_0 con el cruce de hilos del retículo y se la sigue manualmente o con el mecanismo de relojería del telescopio sin actuar más sobre los movimientos finos de calaje, hasta que la estrella cruza el meridiano y llega al punto A , simétrico de A_0 con respecto al meridiano (fig. 1), con un ángulo t tal que

$$t = 24^h - t_0$$

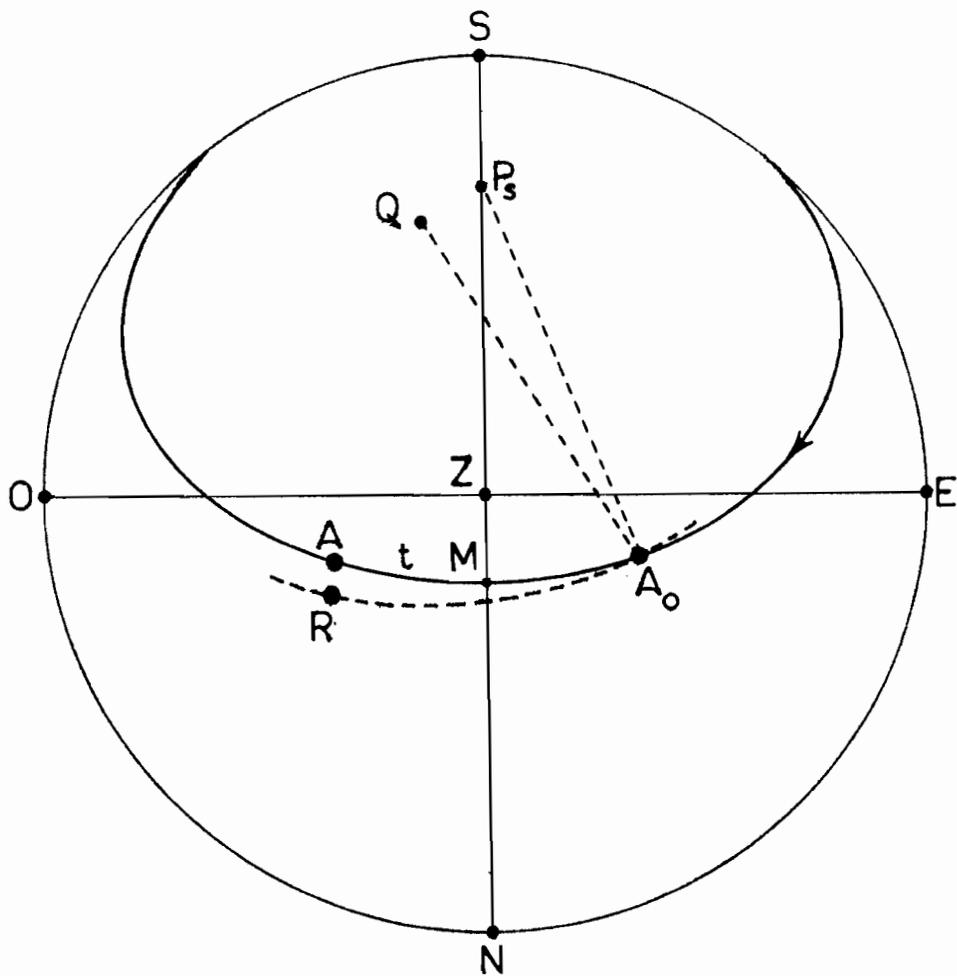


FIG. 1

La figura 1 representa la bóveda celeste vista por un observador que, mirando hacia el cenit, la abarcara totalmente. La circunferencia externa representará entonces el horizonte con los puntos cardinales S, O, N, E. P_S es el polo sur celeste y el arco en línea llena pertenece al paralelo celeste que recorre la estrella observada.

Durante el recorrido del arco $\widehat{A_O A}$ se observará en general que la estrella se irá apartando lentamente del cruce de hilos, y al llegar la estrella al punto A, el cruce de hilos estará por ejemplo en R. Esta separación se debe exclusivamente a la falta de ajuste en acimut del telescopio. Mientras la estrella recorre el arco $\widehat{A_O A}$ de radio $P_S A_O$, el retículo describe el arco $\widehat{A_O R}$ de radio $Q A_O$. Esto debe interpretarse como que el eje polar del telescopio corta a la esfera celeste en el punto Q, centro del arco punteado de la figura, que llamamos polo instrumental, no coincidente con P_S , polo sur celeste elevado, en el caso del ejemplo. Como Q está al oeste de P_S en este caso, para corregir el error de acimut habrá que mover el polo instrumental hacia el este. En la figura 1 se ve que, con respecto a R, la estrella se ha desplazado hacia el sur. Pero para el observador que mira por el ocular la estrella se habrá movido hacia el norte, debido a la inversión de las imágenes que se produce en el telescopio. Teniendo todo esto en cuenta podemos enunciar la siguiente regla: Cuando por el ocular vemos que la estrella se aparta hacia el norte del retículo, deberá corregirse el acimut del eje polar desplazando su extremo sur hacia el este. Esta regla así enunciada es válida para los dos hemisferios. Y por supuesto, vale también la inversa:

Cuando por el ocular vemos que la estrella se aparta hacia el sur del retículo, deberá corregirse el acimut del eje polar desplazando su extremo sur hacia el oeste.

Deberá repetirse la operación hasta alcanzarse el ajuste en acimut

buscado. que se logrará cuando la estrella no se aparte del cruce de hilos sólo en el punto final de un amplio arco simétrico con respecto al meridiano. Los apartamientos pequeños que pudieran observarse en puntos intermedios se deberán a desajuste del eje polar en altura pero no en acimut.

AJUSTE DE LA INCLINACION DEL EJE POLAR

La altura suficientemente aproximada del polo instrumental Q se puede obtener mediante un nivel con goniómetro aplicado sobre la parte superior de algún tramo cilíndrico del eje polar. Menos precisión se obtendrá improvisando un instrumento con un transportador grande de 180° sobre cuyo centro se fija o se hace pasar un hilo de plomada, colocándolo sobre una generatriz cilíndrica de alguna parte inferior del eje polar. Se leerá en este caso un ángulo que deberá ser igual al complemento de la latitud del lugar, que suponemos conocida.

El ajuste fino en altura se hace con el mismo telescopio, observando alguna estrella con declinación de -45° a -60° para nuestro hemisferio sur, y con un ángulo horario de unas 6 horas al este ($t_0 = 18^h$). En el ejemplo de la fig. 2, el polo instrumental Q se ha supuesto más alto que el polo celeste. La estrella, en coincidencia con el retículo en el punto B_0 , recorrerá el arco $\widehat{B_0 B}$ en un cierto tiempo, mientras el cruce de hilos R seguirá el arco $\widehat{B_0 R}$ (punteado en la figura). Se observará entonces por el ocular que la estrella se va apartando lentamente hacia el norte (hacia el sur en la figura). Para corregir este error deberá bajarse el extremo elevado del eje polar, o levantarse el extremo opuesto, actuando sobre los tornillos calantes de la base del telescopio. Deducimos de esto la siguiente regla: Para corregir la inclinación del eje polar, si, apuntando a una estrella con $t = 18^h$ aproximadamente de ángulo horario, vemos por el ocular que se aparta lentamente

te hacia el norte del hilo E-O del retículo, deberemos levantar el extremo norte del eje polar. Así enunciada esta regla sirve para los dos hemisferios y de ella puede obtenerse la inversa, como en el caso del acimut.

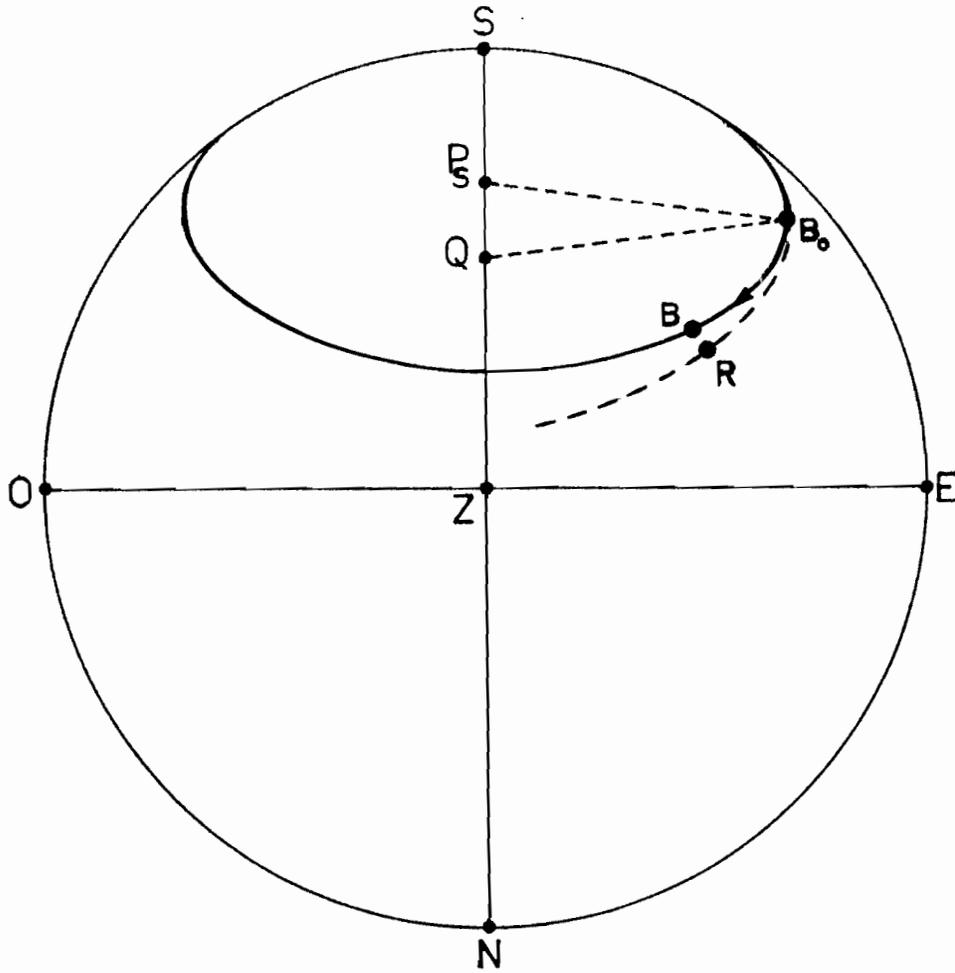


FIG. 2

OTRO METODO QUE SE BASA EN LA LECTURA DE LOS CIRCULOS GRADUADOS

El método que se ha descripto exige aproximaciones sucesivas, obligando a recomenzar las operaciones varias veces en acimut y altura, antes de llegar a un ajuste satisfactorio. Empleando los círculos graduados del instrumento es posible afinar el ajuste de acimut y altura más rápidamente. Se procede así:

1) Debe ajustarse el círculo de declinación de modo que, cuando se lea en él 90° , el eje óptico del telescopio sea paralelo al eje polar, aunque éste no sea paralelo al eje del mundo. Para ello apuntamos a una misma estrella, próxima al meridiano y al ecuador celeste, en las dos posiciones del telescopio que corresponden a un giro de 180° del eje polar entre ellas. En cada posición leemos y anotamos los valores de la declinación que, en general, no serán coincidentes. Actuando sobre los vernieres provistos de tornillos de ajuste, corregimos las dos lecturas para que se lea en los dos casos el valor medio de las dos lecturas anteriores. La diferencia entre este promedio y la declinación de la estrella obtenida de un catálogo, da el error de inclinación del eje polar. Para anularlo se cala el telescopio con la declinación de catálogo y se lleva la estrella sobre el cruce de hilos del retículo actuando sobre los tornillos calantes de la base del telescopio.

2) Hecho esto, ajustamos los vernieres del círculo horario para que indiquen el ángulo horario de la estrella obtenido por cálculo. Se apunta entonces el telescopio hacia otra estrella, próxima al polo elevado, utilizando los círculos graduados. Se encontrará que, en general, la posición de la estrella no coincide con las coordenadas, porque el acimut del eje polar no coincide con la meridiana del lugar. Se corrige entonces el acimut del telescopio con los tornillos horizontales de

la base, llevando la estrella a coincidir con el cruce de hilos. Es ne cesario verificar los ajustes repitiendo la operación 1) y 2).

Para poder efectuar eficazmente en un telescopio los ajustes descritos, los ejes horario y de declinación deben ser perpendiculares entre sí, y el eje óptico debe ser perpendicular al eje de declinación. En estas condiciones, y cumplidas las operaciones indicadas, deberá que dar el instrumento correctamente orientado.