
Colimación de prismáticos

Por Rafael Chamón Cobos

Marzo 2006

Índice

[Introducción](#)

[Comprobación de la colimación por el método de las imágenes del sol](#)

[Comprobación de la colimación completa](#)

[Análisis de las imágenes del sol](#)

[Ajuste de la colimación completa](#)

[Práctica del ajuste de los ejes ópticos](#)

[Ajuste mediante arandelas excéntricas](#)

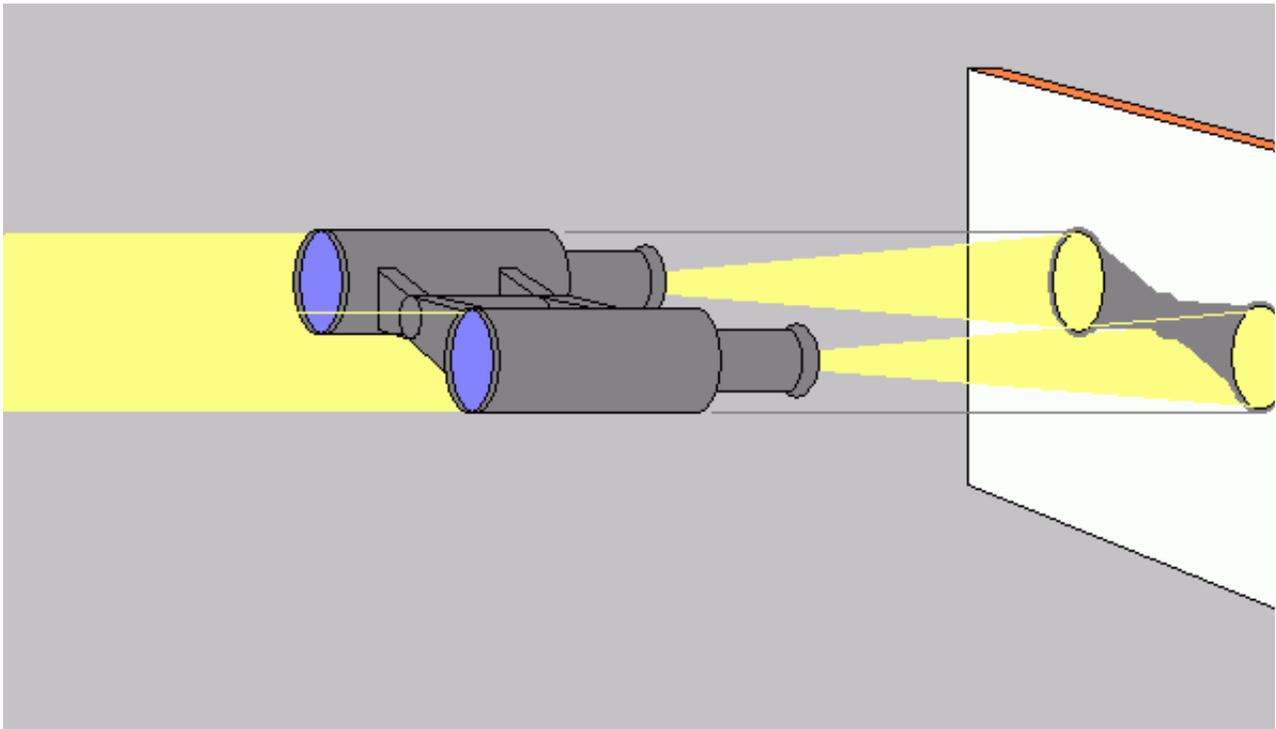
Introducción

El término ‘colimación’ significa lo mismo que ‘paralelismo’. Aplicado a prismáticos se refiere al paralelismo de los dos ejes ópticos. Unos prismáticos están “colimados” cuando los rayos procedentes de un punto objeto muy alejado, por ejemplo, una estrella o un detalle del horizonte, salen paralelos de los oculares. En estas condiciones la visión binocular es descansada. Si no hay colimación los rayos salen desviados y los ojos tienen que hacer un esfuerzo para juntar las dos imágenes que se forman en las retinas. Este esfuerzo es más o menos consciente, pero siempre fatiga la visión. En un caso extremo, si la desalineación es muy grande, ya no podemos compensar esta desviación y vemos doble imagen.

Comprobación de la colimación por el método de las imágenes del sol

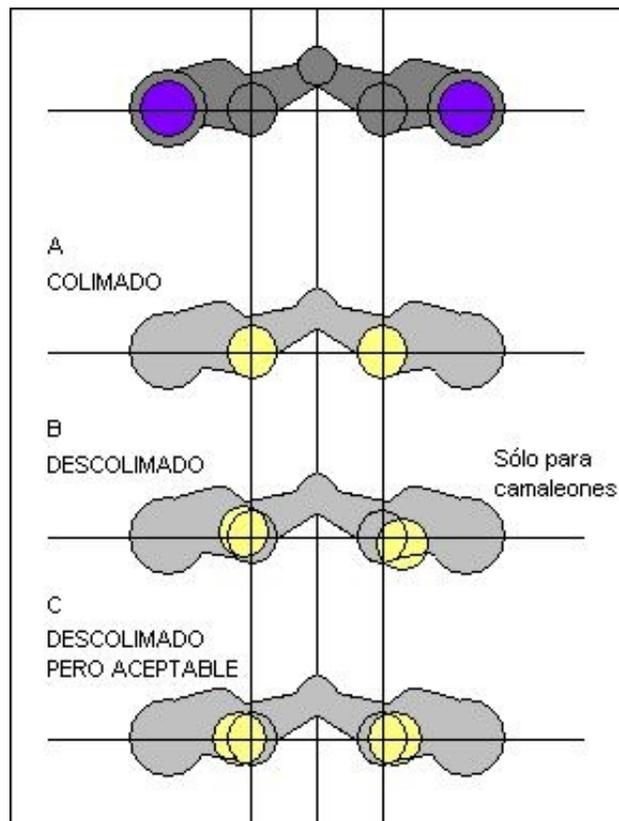
Hay una manera fácil de comprobar la colimación de unos prismáticos, que llamaremos método de las imágenes del sol.

Este método consiste en observar sobre una pantalla las imágenes que proyecta un binocular orientado al sol (***¡cuidado, no mirar nunca directamente al sol!***) y analizar las posiciones relativas de las dos imágenes del sol que se forman.



En la pantalla sobre la que se proyectan las imágenes veremos también la sombra del propio binocular. Es conveniente que la distancia del binocular a la pantalla se elija de tal forma que el tamaño de las imágenes del sol sea aproximadamente igual a la sombra de los tubos, si se trata de prismáticos rectos, con prismas de tejado, o a la sombra que delimitan los oculares, si se trata de prismáticos de tipo porro.

Si el binocular está bien colimado, las dos imágenes del sol muestran una separación entre sí igual a la distancia que hay entre los oculares, y además presentan la misma alineación que estos. Esto permite que, con una cierta orientación de los prismáticos, podamos hacer coincidir las imágenes del sol con las sombras de los oculares, o de los tubos. Si los prismáticos no están colimados, esta coincidencia ya no es posible, bien porque las dos imágenes del sol no guardarán la misma distancia entre sí, o bien porque no presentarán la misma alineación. Ver figura siguiente.



En la parte superior de esta figura se representan unos prismáticos de tipo porro. Debajo, su sombra junto con las imágenes del sol proyectadas, en tres casos diferentes.

El caso A corresponde a un binocular colimado. Los rayos salen paralelos del binocular y las imágenes del sol pueden hacerse coincidir con las sombras de los oculares.

El caso B corresponde a un binocular muy descolimado. Los rayos no salen paralelos. Las imágenes del sol muestran una inclinación y una divergencia. Por lo tanto no es posible hacerlas coincidir con las sombras de los oculares.

En el caso C la alineación es correcta, pero la distancia entre imágenes es mayor que la distancia entre sombras, es decir los rayos que salen de los oculares divergen en un plano horizontal. Una divergencia moderada de este tipo es aceptable, porque la compensamos haciendo converger nuestros ojos, que es un mecanismo habitual cuando miramos objetos próximos. Sin embargo, no es aceptable que las imágenes del sol estén más próximas entre sí que las sombras de los oculares. Esto indica una convergencia de los rayos que salen del binocular, y los ojos no pueden adaptarse a esto: tendríamos que bizquear hacia fuera.

Comprobación de la colimación completa

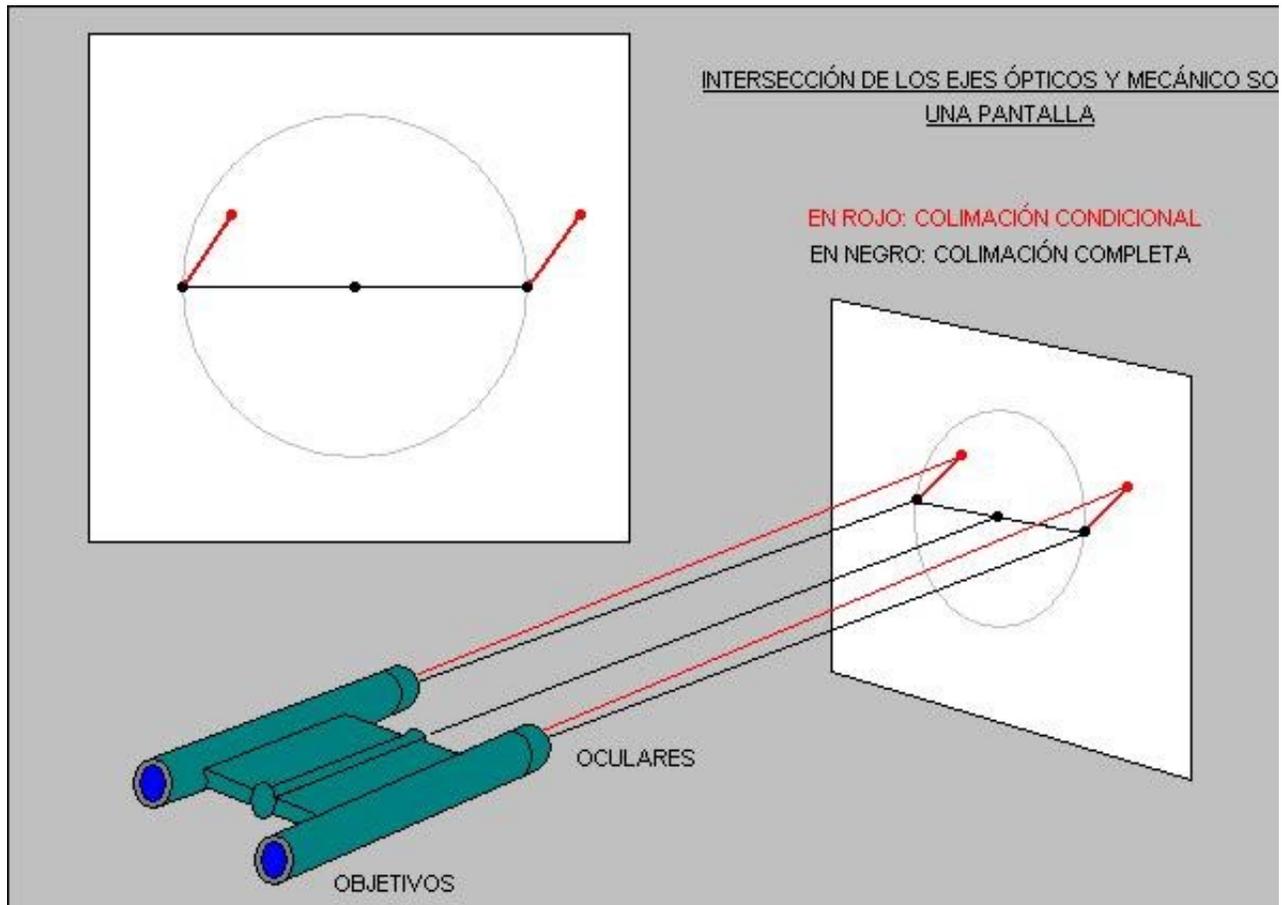
Si comprobamos que un binocular está bien colimado para una determinada distancia interocular y repetimos la prueba para otra distancia interocular puede suceder que en esta otra posición la colimación se pierda. La razón es que al abrir o cerrar la bisagra del binocular entra en juego un tercer eje: el eje mecánico.

Si los tres ejes, los dos ópticos y el mecánico, son paralelos entre sí un cambio en el ángulo de la bisagra no altera la colimación. Por el contrario, si los dos ejes ópticos son paralelos entre sí, pero estos no son paralelos al eje mecánico, es evidente que al abrir o cerrar el binocular los ejes ópticos

dejan de ser paralelos. En el primer caso decimos que la colimación es completa. En el segundo caso hablamos de que la colimación es condicional, porque sólo se cumple para una distancia interocular determinada. Estrictamente hablando, la verdadera colimación es la completa.

La colimación completa no es fácil de ajustar por medios caseros. De hecho, los fabricantes de prismáticos tienen costosos equipos para efectuar este ajuste.

Para entender mejor la diferencia entre ambos tipos de colimación veamos la siguiente figura donde se representan los ejes de un binocular proyectados sobre una pantalla en los dos casos de colimación:

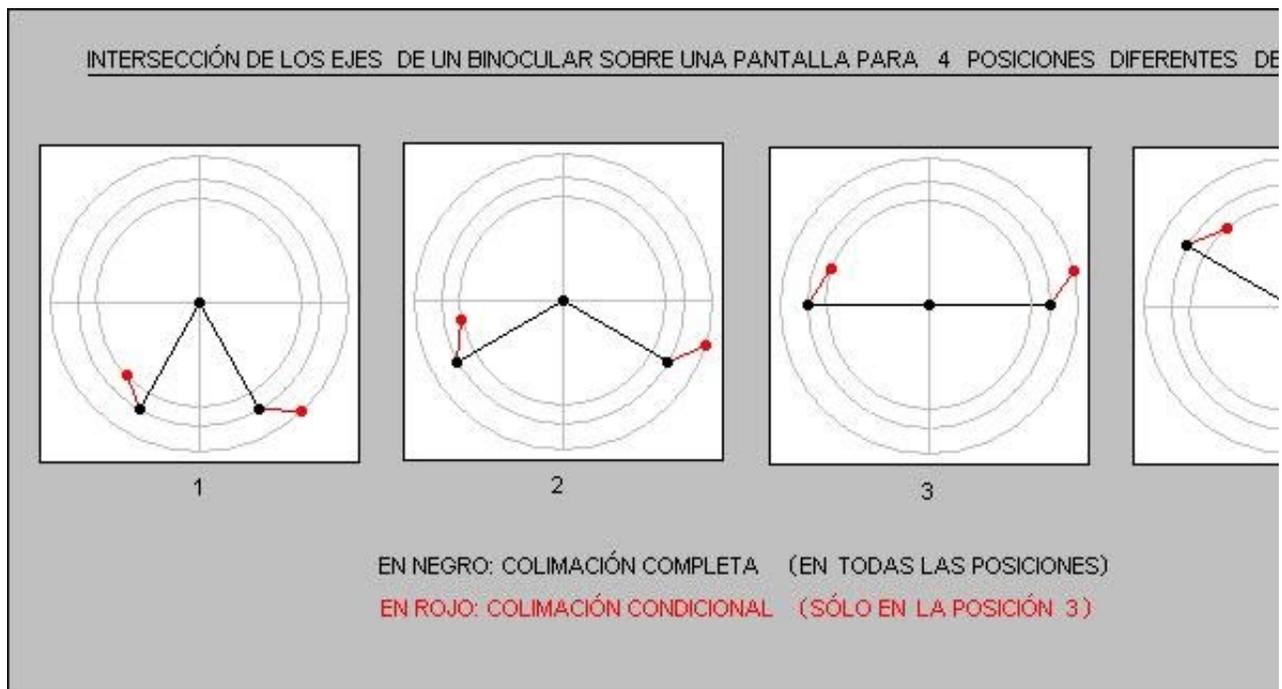


En esta figura, los 3 puntos negros son las intersecciones en la pantalla del eje mecánico y de los 2 ejes ópticos ideales, es decir, en el caso ideal de colimación completa. Los puntos rojos son las intersecciones de los 2 ejes ópticos en el caso de colimación condicional. Estos puntos también representarían las posiciones de las imágenes del sol en ambos casos cuando el binocular está dirigido al sol.

Lo primero que hay que tener claro es que en un binocular colimado condicionalmente los ejes ópticos, son paralelos entre sí, pero están desviados un cierto ángulo con respecto a los ejes ideales, como se muestra en la figura. Sobre la pantalla, este desvío se ha representado con dos pequeños segmentos paralelos marcados en rojo. La proyección convierte 2 ejes paralelos en el espacio en 2 segmentos paralelos de la misma longitud sobre la pantalla. En general, la proyección convierte orientaciones en 3 dimensiones en orientaciones en 2 dimensiones más una longitud.

La proyección nos permite visualizar cómo se comportan los ejes ópticos al girar la bisagra del binocular. Evidentemente, al cambiar la abertura de la bisagra todos los puntos describen arcos de

círculo alrededor del punto proyectado por el eje de la bisagra. Veamos la siguiente figura:



Esta figura también representa las posiciones de las imágenes del sol que produciría un binocular colimado completamente (puntos negros), y colimado condicionalmente (puntos rojos). En el primer caso la coincidencia de imágenes y sombras sería posible para cualquier abertura de la bisagra. En el segundo caso sólo sería posible para la posición 3.

Por lo tanto, con sólo dirigir un binocular hacia el sol en diferentes posiciones de la bisagra y observar las posiciones de las imágenes del sol que se forman se puede verificar la colimación completa o condicional de un binocular.

Pero además, para comprobar la colimación completa no es necesario hacer la prueba en varias aberturas de la bisagra, basta con probar en dos posiciones diferentes, preferentemente las más alejadas entre sí. Esto es así porque

Teorema: *Si un binocular está colimado en dos aberturas diferentes de su bisagra, lo está en todas las aberturas.*

En la práctica es conveniente hacer la comprobación en las dos aberturas extremas, máxima y mínima, de la bisagra.

Análisis de las imágenes del sol

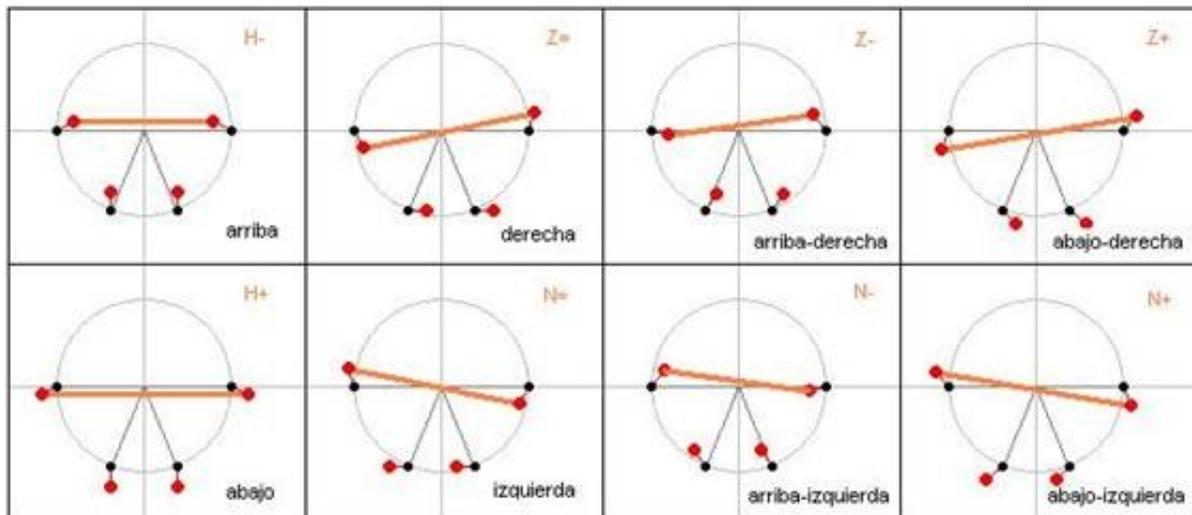
El método de las imágenes del sol proporciona valiosa información acerca de cómo están desviados los ejes de un binocular descolimado. Esto será útil a la hora de colimarlos. Para ello analizamos la posición de las imágenes del sol en las dos posiciones extremas de la bisagra.

El análisis se basa en observar cómo se desvían las imágenes del sol en una de las posiciones cuando el binocular está colimado en la otra.

Por ejemplo: partimos de un binocular colimado a la abertura mínima (lo que significa que podemos superponer imágenes y sombras), y pasamos a la abertura máxima donde observamos las desviaciones de las imágenes.

En la figura siguiente se representan 8 casos de un binocular colimado en la abertura mínima, pero con los ejes desviados respecto a su posición ideal de colimación completa. Estas desviaciones se han elegido a intervalos angulares de 45°.

La figura muestra como se comportan las imágenes del sol en la abertura máxima en cada uno de estos 8 casos.



Los símbolos nemotécnicos empleados para designar los patrones de imágenes en la abertura máxima constan de una letra y un signo aritmético. La letra indica la inclinación de las imágenes respecto a los oculares, siendo "H" horizontal, "N" inclinado así: \, "Z" inclinado así: /. Los signos aritméticos indican si la distancia entre imágenes es igual o diferente a la de los oculares, siendo "=" igual, "+" mayor, "-" menor.

Esta figura nos da la información necesaria para saber cómo están desviados los ejes de un binocular y, por lo tanto, cómo habría que moverlos para corregir las desviaciones y conseguir la colimación completa.

Los 8 casos básicos se resumen en la siguiente tabla:

ABERTURA MÍNIMA	ABERTURA MÁXIMA		ABERTURA MÍNIMA
<u>Desvío de los ejes</u>	<u>Imágenes del sol</u>	<u>Símbolo nemotécnico</u>	<u>Movimiento corrector de los ejes</u>
arriba	Alineación CORRECTA Distancia MENOR	H -	abajo
arriba-izquierda	Alineación " / " Distancia MENOR	Z -	abajo-derecha

derecha	Alineación “ / ” Distancia CORRECTA	Z =	izquierda
abajo-derecha	Alineación “ / ” Distancia MAYOR	Z +	arriba-izquierda
abajo	Alineación CORRECTA Distancia MAYOR	H +	arriba
abajo-izquierda	Alineación “ \ ” Distancia MAYOR	N +	arriba-derecha
izquierda	Alineación “ \ ” Distancia CORRECTA	N =	derecha
arriba-izquierda	Alineación “ \ ” Distancia MENOR	N -	abajo-derecha
sin desvío (colimación completa)	Alineación CORRECTA Distancia CORRECTA	H =	ninguno

Ajuste de la colimación completa

Los prismáticos llevan incorporado un mecanismo destinado a ajustar la colimación, que puede ser de dos tipos: mediante pequeños tornillos para mover los prismas, o mediante arandelas excéntricas para mover las lentes de los objetivos. En ambos casos lo que se pretende es cambiar la orientación de los ejes ópticos.

Utilizando el método de las imágenes del sol y con una cantidad suficiente de paciencia es posible conseguir la colimación completa de un binocular aprovechando la idea expuesta anteriormente de que si conseguimos colimar el instrumento en dos aberturas diferentes de la bisagra, el binocular ya estará colimado completamente, es decir, en todas las aberturas.

No obstante, hay que evitar hacer ajustes en las dos posiciones de la bisagra. Es decir, si tenemos ajustada la colimación en una posición de la bisagra, al tratar de colimar en la otra posición alteramos la primera colimación, y si no tenemos claro cómo proceder y nos lanzamos a realizar ajustes, lo más probable es que después de múltiples intentos no lleguemos a ningún resultado satisfactorio.

Es preciso establecer un método que nos permita llegar a la colimación completa con un mínimo de ajustes. Es decir, será necesario realizar una serie de ajustes de forma tal que los errores sean cada vez más pequeños para que se alcance la colimación completa de una forma convergente.

Para conseguir esto seguiremos la estrategia de ajustar los ejes siempre en la abertura mínima y analizar el resultado en la abertura máxima. De esta forma se controlará mejor el proceso. Los movimientos correctores de ajuste en la abertura mínima se obtendrán de la tabla anterior a partir de los patrones observados en la abertura máxima. De esta forma, las correcciones de los ejes se aplicarán cada vez en la dirección adecuada, y en pocos ciclos conseguiremos la colimación completa.

El procedimiento a seguir es:

1. Ponemos el binocular en su abertura mínima y lo colimamos, controlando los ajustes con el método de las imágenes del sol.
2. Pasamos a la abertura máxima, analizamos las imágenes del sol y anotamos el resultado ("N=", "H-", etc.)
3. Pasamos a la abertura mínima y modificamos ligeramente los dos ejes ópticos en la dirección que corresponda en la tabla, según el resultado anterior. El binocular debe quedar colimado otra vez después de este ajuste.
4. Volvemos al punto 2 y repetimos todo las veces necesarias hasta que el resultado del punto 2 sea "H=". En este momento el binocular estará colimado completamente.

Puede parecer que el método de las imágenes del sol es poco preciso, porque la comparación de las imágenes del sol con las sombras de los oculares no está muy definida. Esto es verdad cuando se aplica separadamente en cada una de las dos posiciones de la bisagra. Sin embargo, los errores de ajuste introducidos en la abertura mínima se manifiestan más claramente en la abertura máxima, lo que nos obliga a afinar más, y al final la colimación resulta ser muy buena.

Este procedimiento también funcionaría invirtiendo los papeles asignados a cada una de las dos aberturas del binocular, es decir, realizando los ajustes en la abertura máxima y las comprobaciones en la abertura mínima.

También hay que decir que todo el proceso de ajuste requiere una gran dosis de paciencia.

Práctica del ajuste de los ejes ópticos

Según el procedimiento descrito, los ajustes requieren mover los ejes ópticos de una manera controlada. Para ello hay que manipular los tornillos que mueven los prismas, o las arandelas excéntricas que mueven los objetivos.

La tarea no es fácil, porque es preciso mantener el binocular quieto y orientado hacia el sol mientras manipulamos tornillos o arandelas. Y el sol se mueve apreciablemente durante los ajustes. Es necesario que el binocular repose sobre algún dispositivo orientable. Yo veo dos posibilidades:

1. Una solución es sujetar el binocular a una base fija mediante un soporte de rótula, para permitir la orientación necesaria. O bien, emplear un trípode fotográfico pesado. La pantalla debería ser también solidaria con el soporte, a fin de mantener una distancia fija al binocular.

2. Otra manera es dejar el binocular simplemente apoyado sobre una tabla orientable, que lleve adosada otra superficie perpendicular a modo de pantalla. De esta manera el binocular queda libre para cualquier manipulación, por ejemplo, abrir o cerrar la bisagra.

En ambos casos, la pantalla debe ser cuadriculada o graduada para poder medir sobre ella distancias e inclinaciones de las imágenes. Incluso pueden dibujarse sobre ella líneas de referencia que faciliten estas medidas, por ejemplo, parejas de círculos.

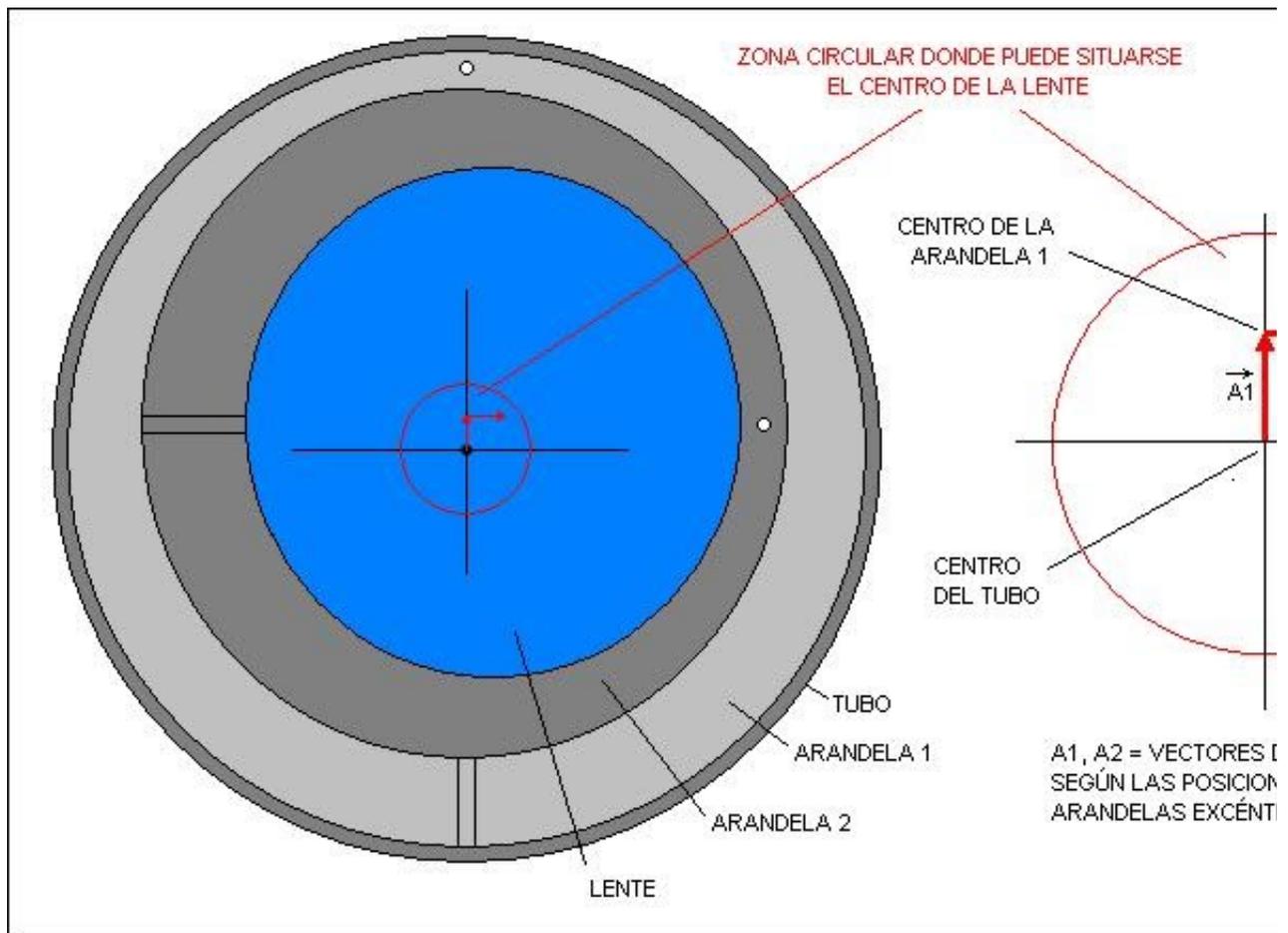
Otra dificultad es saber cómo influyen los movimientos de ajuste (de los tornillos o arandelas excéntricas) en los movimientos de los ejes ópticos. En el caso de tornillos de ajuste, es necesario visualizar y memorizar o anotar el efecto de cada tornillo sobre la imagen del sol para hacerse una idea de esto. En el caso de arandelas excéntricas la manipulación es más complicada por dos razones: por una parte, el acceso a las arandelas es más difícil que a los tornillos, y por otra, los movimientos de las arandelas, necesarios para conseguir un determinado desplazamiento de la imagen, no son nada intuitivos.

A este respecto, y en el caso de ajuste por arandelas excéntricas, hemos desarrollado un procedimiento que nos libera de tener que pensar cada vez los movimientos de las arandelas excéntricas necesarios para conseguir un determinado desplazamiento de la imagen. Este sistema se presenta a continuación.

Ajuste mediante arandelas excéntricas

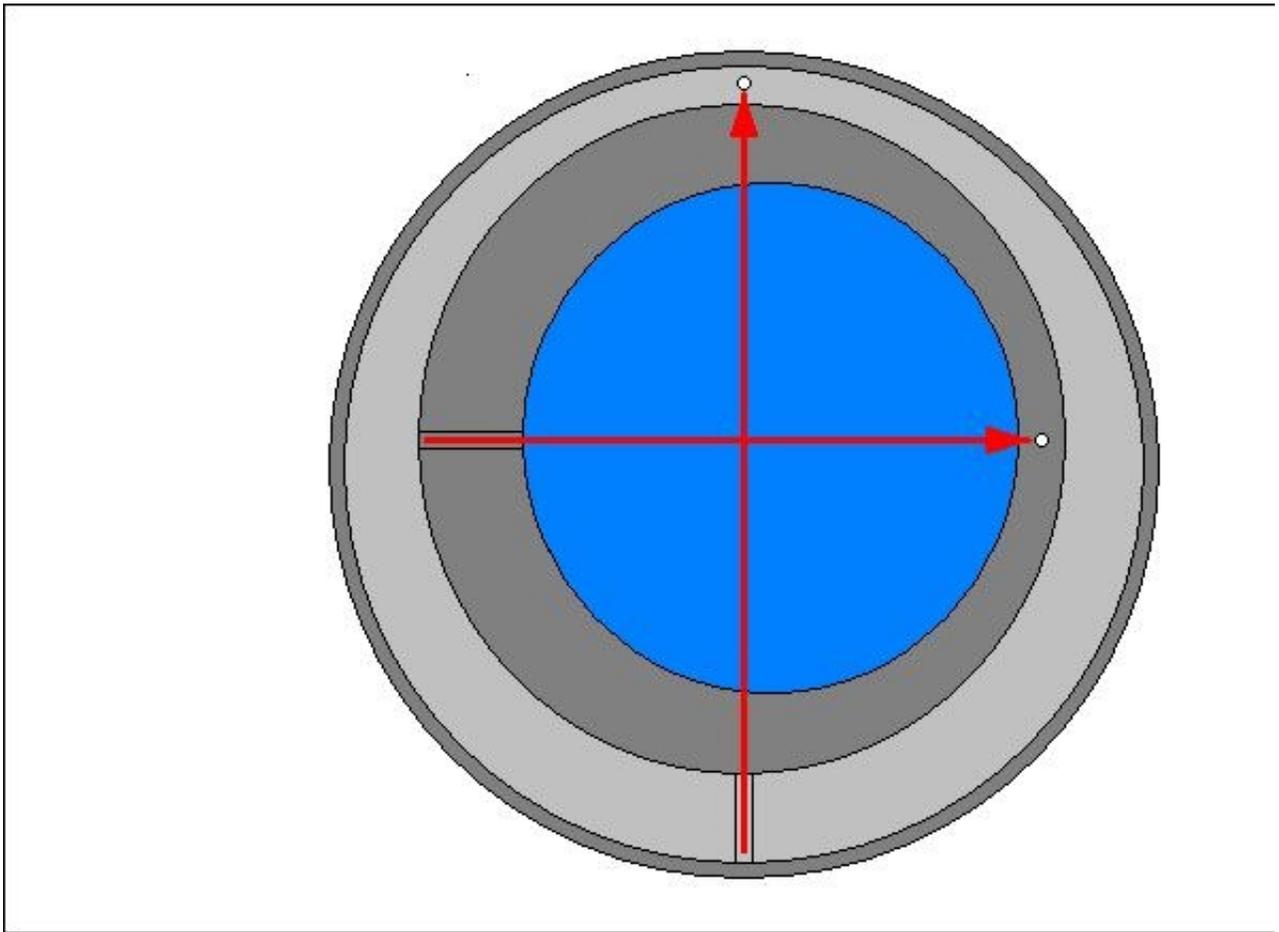
En muchos prismáticos, en especial los de bajo aumento, cada objetivo va montado en una arandela excéntrica que puede girar dentro de otra arandela excéntrica exterior, la cual puede girar a su vez dentro del tubo del binocular. Ambas pueden girar independientemente. Este ingenioso sistema permite desplazar ligeramente el centro de la lente del objetivo en cualquier dirección transversal al eje óptico, y por lo tanto, permite situar el eje óptico en cualquier orientación dentro de un estrecho cono.

La combinación de las posiciones angulares de las dos arandelas permite situar el centro de la lente en cualquier punto dentro de un pequeño círculo centrado en el tubo. Véase la siguiente figura, en la que las dos arandelas se han ajustado para formar un ángulo de 90° , con el resultado de un desplazamiento en diagonal.



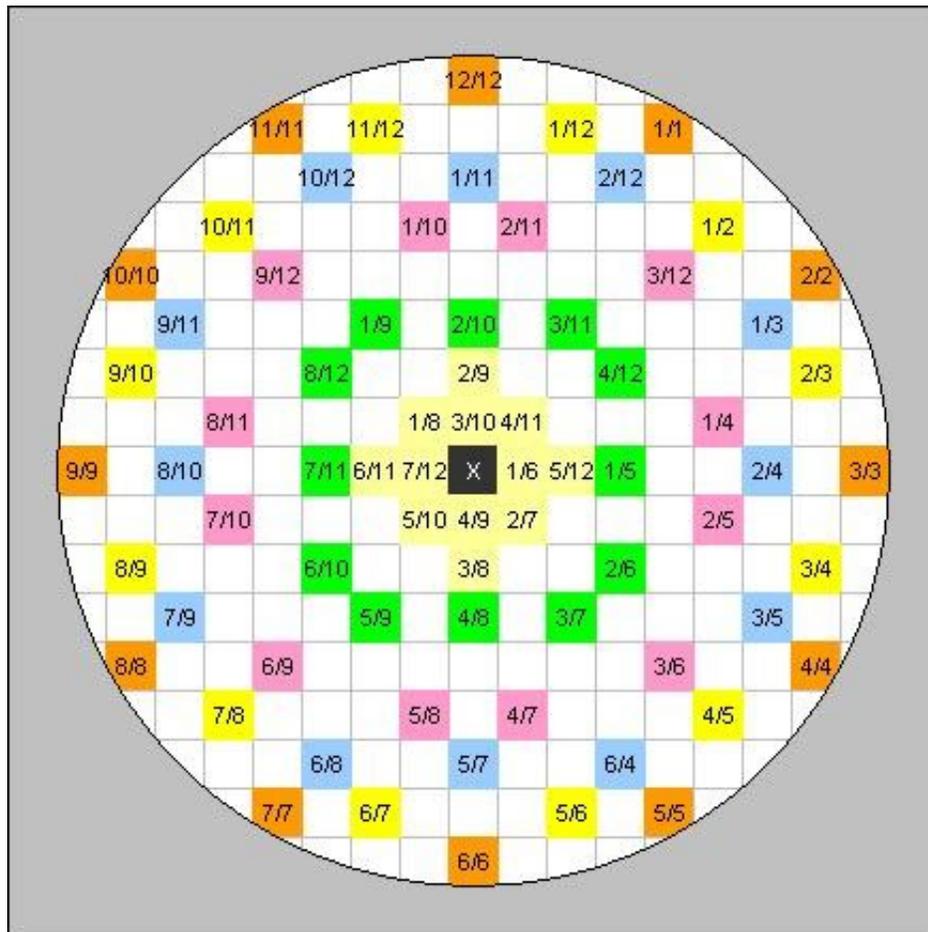
Cada arandela produce un desplazamiento orientado, representado por los vectores mostrados en la figura. La suma vectorial de ambos da el desplazamiento final del centro de la lente.

Cuando tratamos de corregir la orientación del eje óptico en una determinada dirección, los movimientos necesarios de las arandelas no son intuitivos. Para facilitar esta tarea es conveniente imaginarse cada arandela excéntrica como un vector que coincide con el diámetro de la arandela y que va desde el punto más grueso al más fino de la arandela. Conviene también marcar el punto más fino con un punto o marca bien visible, que representaría la punta del vector. Ver siguiente figura.



Llamaremos a estos vectores, vectores de arandela. De esta manera, la posición del centro de la lente se visualiza más o menos por la orientación de estos vectores de arandela.

La siguiente figura nos ayudará a localizar y mover el centro de la lente en forma controlada. La figura representa esquemáticamente la pequeña zona circular donde puede situarse el centro de la lente. Esta zona está dividida en celdas que se corresponden con las diferentes orientaciones de los vectores de arandela, de tal manera que cada celda contendría información acerca de la orientación de estos vectores que corresponden a esa celda en particular. En la práctica sólo llevan esta información algunas celdas, que han sido marcadas con color.



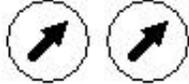
La información contenida en estas celdas son dos números que pueden variar del 1 al 12 y que se corresponden con los ángulos que forman las horas de un reloj sobre la esfera, siendo el 12/12 el punto más alto del círculo. Por ejemplo, la información “3/12” escrita en una determinada celda significa que si orientamos los vectores de arandela “a las 3” y “a las 12”, respectivamente, el centro del objetivo caerá en esta celda. La celda marcada con “X” corresponde al centro del tubo, y se alcanza cuando los dos vectores de arandela están en oposición.

Este diagrama ayuda a realizar los ajustes con las arandelas. Por ejemplo, supongamos que necesitamos mover el objetivo hacia la derecha. Primero localizamos el centro del objetivo. Para ello anotamos las posiciones que tienen los vectores de arandela, y seguidamente buscamos la celda que corresponde a estas posiciones. Por último, cambiamos la orientación de las arandelas al valor que aparece en una celda situada a la derecha de la celda encontrada.

El diagrama presenta celdas en blanco, sin información, que corresponden a valores intermedios. Es posible interpolar estos valores con ayuda de los colores asignados. Las celdas coloreadas forman, aproximadamente, circunferencias, cada una de 12 celdas del mismo color. Un mismo color significa un mismo ángulo entre vectores de arandela. Por tanto, si una determinada celda en blanco cae sobre una circunferencia de un determinado color, es fácil estimar un ajuste intermedio moviendo las dos arandelas pero conservando el mismo ángulo entre ellas.

La siguiente tabla es similar a la presentada anteriormente, pero incluye además los movimientos correctores de los objetivos. En la práctica sólo habrá que trabajar con los datos de las dos columnas tituladas “Símbolo nemotécnico” y “Movimiento corrector de los objetivos” mientras realizamos los ajustes descritos en el apartado Ajuste de la colimación completa.

Nota: Estando nosotros situados de espaldas al sol y mirando hacia el binocular y la pantalla, hay que tener en cuenta que los movimientos del objetivo producen desplazamientos en sentido opuesto al de los ejes ópticos, y por lo tanto, de las imágenes del sol sobre la pantalla. Por lo tanto, si queremos que una imagen del sol se desplace, por ejemplo hacia la derecha, tendremos que mover el objetivo hacia la izquierda.

ABERTURA MÍNIMA	ABERTURA MÁXIMA		ABERTURA MÍNIMA	
	<u>Imágenes del sol</u>	<u>Símbolo nemotécnico</u>	<u>Movimiento corrector de los ejes</u>	<u>Movimiento corrector de los objetivos</u>
arriba	Alineación CORRECTA Distancia MENOR	H -	abajo	
arriba-izquierda	Alineación “ / ” Distancia MENOR	Z -	abajo-derecha	
derecha	Alineación “ / ” Distancia CORRECTA	Z =	izquierda	
abajo-derecha	Alineación “ / ” Distancia MAYOR	Z +	arriba-izquierda	
abajo	Alineación CORRECTA Distancia MAYOR	H +	arriba	
abajo-izquierda	Alineación “ \ ” Distancia MAYOR	N +	arriba-derecha	
izquierda	Alineación “ \ ” Distancia	N =	derecha	

	CORRECTA			
arriba-izquierda	Alineación “ \ ” Distancia MENOR	N -	abajo-derecha	
sin desvío (colimación completa)	Alineación CORRECTA Distancia CORRECTA	H =	ninguno	ninguno

(Fin del artículo)