

4. Los oculares

Generalidades sobre los oculares

Comparado con el objetivo, el ocular del instrumento tiene una función mucho más modesta y su fabricación industrial no implica dificultades del mismo orden, de modo que desaparece la principal razón de la construcción por uno mismo. Para el aficionado constructor no hay nada más desagradable que comprobar que la adquisición de una serie de buenos oculares representa uno de los gastos más considerables. Esta cuestión merece pues, cierta atención.

El ocular es una especie de lupa que el ojo utiliza para aprovechar al máximo la imagen primaria dada por el objetivo. De todas maneras, la idea que uno se hace de una lupa vulgar, destinada al examen de objetos no luminosos por sí mismos, necesita ser completada aquí por indicaciones importantes. No olvidemos que el radio de la mancha de difracción de un objetivo $f/6$ tiene apenas más de $4\ \mu\text{m}$ y que hemos tomado en consideración para nuestro boletín de control apartamientos transversales del orden del micrón; lógicamente nuestra "lupa" debe poder dar una representación correcta de objetos de esta dimensión. Anotemos también que la observación de un objeto muy brillante sobre fondo negro, es particularmente reveladora (los microscopistas lo saben bien) de los defectos de la óptica empleada.

Para emitir un juicio comparativo sobre los tipos de oculares, no solamente es necesario disponer de un objetivo irreprochable y de un ojo normal, sino también especificar el papel que juegan las propiedades fuera del eje del objetivo y especialmente no olvidar mencionar la abertura del haz y el diámetro pupilar instrumental. Según los valores de estos dos parámetros los defectos de los tres elementos presentes: objetivo, ocular y ojo tendrán un papel relativo más o menos importante. por ejemplo, si asociamos un objetivo $f/15$ con un ocular bastante fuerte para dar una pupila de salida que no exceda de $6/10$ de mm, podremos juzgar el valor del objetivo sin inquietarnos por los defectos del ocular ni por los del ojo. Con un objetivo $f/6$ y una pupila de menos de $6/10$ de mm los defectos del ojo no son siempre molestos, pero pueden serlo los del ocular; debe emplearse un ocular bien corregido.

Siempre con nuestro espejo $f/6$, para interpretar la calidad de la imagen obtenida con poco aumento, dando una pupila de aproximadamente 6 mm, es necesario pensar no solamente en los defectos del ocular sino también en los del ojo, que desempeñan esta vez una función más importante que las pequeñas aberraciones residuales sobre el eje dadas por el objetivo. Finalmente en éste último caso (haz $f/6$ y pupila de 6 mm), el apreciar la calidad de las imágenes en el borde del campo no tiene casi sentido por así decirlo, puesto que los defectos del ojo intervienen de manera variable, prácticamente impredecible; en el mejor de los casos, el anillo ocular coincide con la pupila del ojo y este último, para observar un objeto en el borde del campo, gira dentro de su órbita alrededor de un centro colocado notablemente más atrás. De aquí resulta un diafragma en ojo de gato, disimétrico con relación a la región axial de la córnea, única que posee una calidad óptica satisfactoria.

No insistiremos, pero esto basta para comprender el valor muy relativo de los datos que damos más adelante, obtenidos con gran número de oculares de distinta fabricación, que no siempre aprovechan las posibilidades de la fórmula respectiva a causa de imperfecciones de ejecución.

La cuestión de los oculares es importante, difícil, y no ha encontrado una respuesta satisfactoria para todos los casos.

Los principales tipos de oculares

La figura 55 indica las proporciones, con dimensiones a escala, de los diferentes tipos de oculares de aproximadamente 17 mm de longitud focal (excepto los oculares de gran campo que no están a escala). El sentido de la marcha de la luz es de izquierda a derecha y están marcados los planos principales: del lado *foco objeto* por el punteado grueso que indica el plano del diafragma de campo y del lado *foco imagen* por la pupila de salida o anillo ocular que en lo posible debe coincidir con la pupila del ojo; el diafragma exterior del ocular debe entonces encontrarse 7 u 8 mm más cerca del lente de ojo, lo que no es posible sino con ciertos tipos de oculares no muy fuertes.

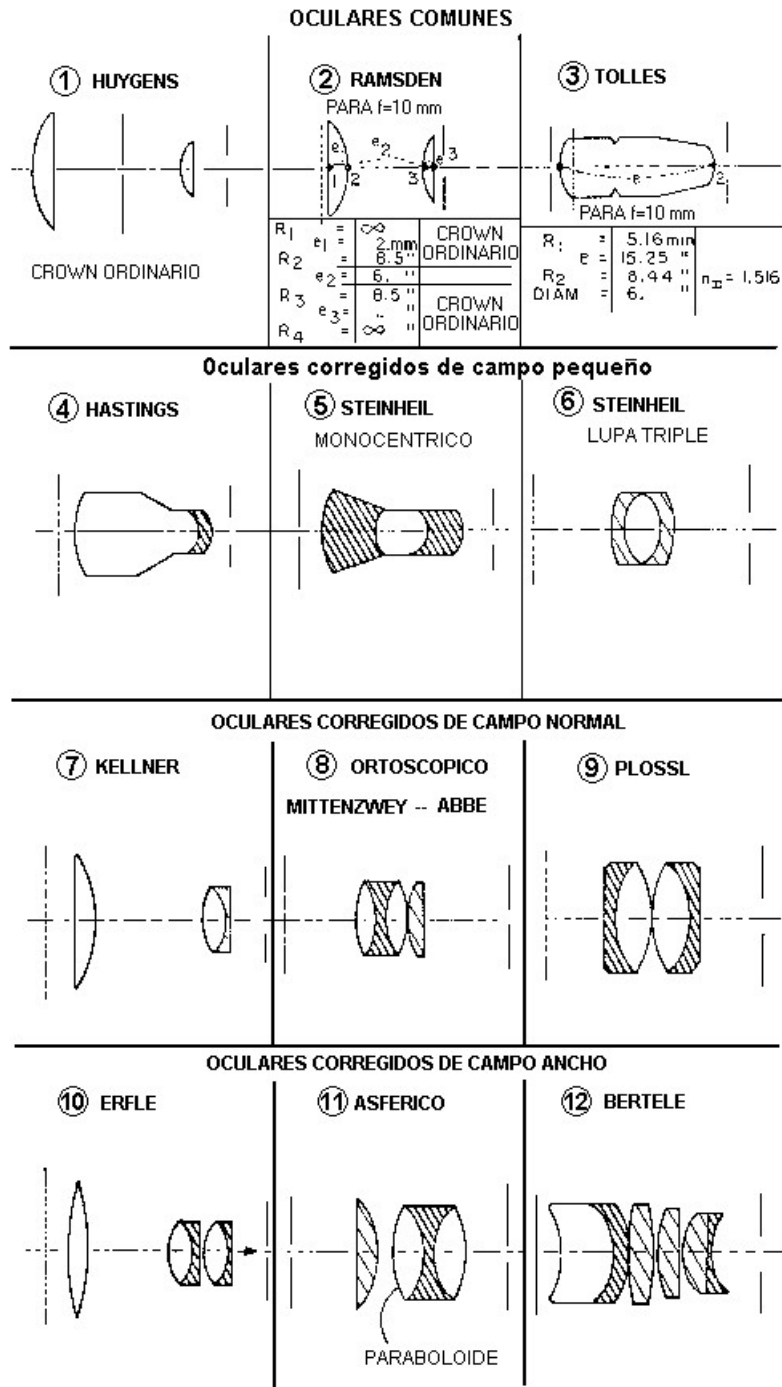


Fig. 55. Principales tipos de oculares

Ocular de Huygens

La combinación se enuncia: 4 – 3 – 2 (Huygens) ó 3 – 2 – 1 (Dollond). Estas cifras corresponden respectivamente a la distancia focal del lente de campo, a la separación de ambos lentes y a la distancia focal del lente de ojo. La longitud focal resultante vale $8/3$ en el primer caso y $3/2$ en el segundo. Con estas proporciones se logra el acromatismo de aumento. El diafragma de campo está comúnmente abierto a 45° . Los reflejos son extensos pero pálidos, y por lo tanto no molestan. El mayor defecto del sistema es una fuerte aberración esférica que se torna desastrosa con la abertura $f/8$ ó $f/6$ de nuestros telescopios. A $f/6$, con una pupila de salida de 3 mm, los resultados son francamente lamentables; el menor desplazamiento del ojo con respecto al eje produce penachos intolerables. Desgraciadamente, este ocular

Capítulo 4: Los oculares
Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau
Página mantenida por: Jorge López jorgealm22@yahoo.com
Visite mi página: www.geocities.com/jorgealm22
Actualizada el 03-sep-2003

es el más difundido. Si el presupuesto exige el uso de oculares de este tipo que ya se posean, no debe olvidarse que los resultados menos malos se obtendrán con fuertes aumentos correspondientes a pupilas menores de 1 mm.

Ocular de Ramsden

Símbolo: 1 – 1 – 1; la longitud focal resultante vale también la unidad, pero generalmente se prefiere aproximar un poco los vidrios para evitar la acomodación sobre los defectos y el polvo del lente de campo. En este caso el cromatismo lateral no está totalmente corregido; existe una franja roja interior que bordea las estrellas observadas en el borde del campo, que a su vez se limita corrientemente a 30°. Esta propiedad es algunas veces utilizada para compensar la dispersión atmosférica llevando al astro observado fuera del centro del campo. La aberración esférica es apenas 1/8 de la correspondiente al Huygens y, sin ser perfecto, los resultados con haces a f/6 y especialmente a f/8, son aceptables. La construcción de este ocular es fácil y poco costosa; las características de los lentes figuran en la figura 55 – 2¹. La figura 56A representa una versión de montura simplificada que no exige torno con dispositivo para roscar. Este es el ocular por excelencia del aficionado poco afortunado, pero no se recomienda para f/6 si la pupila excede 2 mm.

Ocular de Tolles

Consta únicamente de un lente grueso. Muy superior al Huygens desde el punto de vista de la aberración esférica y de la tolerancia en el centrado del ojo. Es fácil de montar. No presenta ningún reflejo molesto. Su curvatura de campo es enorme, lo cual lo limita prácticamente a 12°, que no lo hace aconsejable para los aparatos con montura azimutal. Tiene radio de curvatura muy corto del lado del ojo (un tercio de la longitud focal) y por lo tanto de difícil construcción en cortas distancias focales, necesarias para los telescopios a f/6.

Ocular de Hastings

Derivado del Tolles; tiene buena corrección cromática y notable curvatura de campo; la distorsión crece rápidamente más allá de los 25° de campo total.

Ocular monocéntrico

Se debe a Steinheil, que dejó numerosas fórmulas. Posee muy buena corrección cromática. La curvatura de campo apenas permite exceder útilmente 25°. Excelente ocular para la observación planetaria, pero no es de empleo práctico a menos que el instrumento esté montado ecuatorialmente.

Lupa triple

Debida a Steinheil. Posee muy buena corrección cromática y poca aberración esférica; con un haz a f/6, las imágenes sobre el eje son perfectas aun con una pupila que alcance a 4 mm. El astigmatismo y la curvatura de campo no incomodan sino para un campo de más de 30°. Ningún reflejo visible. Los planos principales están muy alejados de los lentes. Es el mejor de los oculares y no tiene sino dos superficies aire vidrio. Observemos que esta fórmula es utilizada a menudo para hacer lupas de buena calidad, frecuentemente calificadas como aplanéticas, es decir que no producen distorsión y pueden adquirirse a precios relativamente ventajosos. El foco de una lupa es igual, en principio al cociente de 250 mm por el aumento indicado en la montura. Siempre debe verificarse antes de su compra y hay que sacar el lente de la montura para asegurarse de la presencia del lente pegado que está en el medio, característica de la lupa de Steinheil; muchos artículos, exteriormente similares, están constituidos por lentes simples separados. La figura 56B indica un ejemplo de montaje de una lupa de aproximadamente 16 mm de longitud focal.

Ocular de Kellner

Tiene muy buena corrección acromática, y las imágenes son perfectas sobre el eje con un haz a f/6 y pupila de 3 mm. Posee un notable astigmatismo y curvatura de campo. No obstante esto, la abertura de campo es llevada generalmente a más de 40°. Son empleados comúnmente en los binóculos a prismas y anteojos de campaña y en el mercado de ocasión pueden hallarse a buen precio los de foco de 16 a 24

¹ La longitud focal del ejemplo dado es de 8,4 mm y no 10 mm como se indica en la figura.

Capítulo 4: Los oculares
Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau
Página mantenida por: Jorge López jorgealm22@yahoo.com
Visite mi página: www.geocities.com/jorgealm22
Actualizada el 03-sep-2003

mm. Existen muchas variantes, pero están todas afectadas por un pequeño reflejo muy brillante, a menudo molesto.

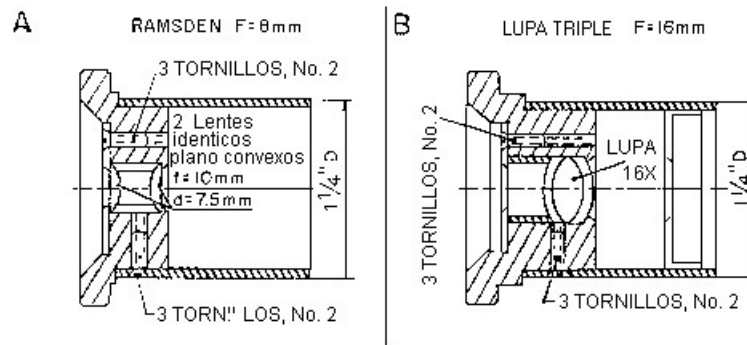


Fig. 56. Monturas para oculares económicos

Ocular ortoscópico

Uno de los más importantes en astronomía y de los mejor corregidos, al menos teóricamente. Los que hemos podido ensayar, de cuatro marcas diferentes, están bien corregidos sobre el eje, pero dejan ver, en el borde de un campo de 40 a 45° un astigmatismo y una curvatura de campo notables, tanto con un haz a f/20 como con uno a f/6 y esto para pupilas comprendidas entre 1 y 4 mm. Los peores muestran una coma y un sensible cromatismo irregular que no puede ser atribuido sino a un defecto de construcción.

Los numerosos reflejos de este ocular son grandes y pálidos y prácticamente jamás resultan perjudiciales. Los planos principales están muy alejados de los lentes. Este es el tipo de ocular a emplear con nuestros telescopios abiertos a f/8 y f/6 y ciertos constructores los fabrican en series muy extensas. Nosotros hemos calculado una serie especial para el telescopio estándar, muy bien corregidos de la irregularidad cromática mencionada más arriba.

Ocular de Plössl

Es poco conocido por los astrónomos; el que hemos podido probar, que tiene 30 mm de foco¹, nos fue prestado por Paul McCartney y es el mejor ocular que conocemos. La corrección sobre el haz es perfecta con un haz a f/6 y una pupila de 4 mm. El astigmatismo y la curvatura de campo son prácticamente nulas en un campo de 50° para haces que no excedan f/6; el cromatismo lateral está igualmente mucho mejor corregido que en los oculares ortoscópicos que se encuentran actualmente en el mercado. Tiene un pequeño reflejo, mucho más pálido que el de los Kellner pero más visible que el del ortoscópico. Este ocular es más fácil de fabricar comercialmente que el ortoscópico, puesto que no tiene lente con doble pegado, y los radios y espesores son un poco mayores, lo que facilita mucho la construcción en focos muy cortos. Se puede conseguir en Francia², en series que se adaptan particularmente a nuestro telescopio estándar, en longitudes focales de 75, 55, 40, 25, 12, 8, 6, 4 y 3 mm. El tratamiento "antirreflejo" de las cuatro superficies aire cristal, elimina sustancialmente los reflejos antes mencionados.

Oculares de gran campo

No los mencionaremos más que a título informativo y su empleo no está previsto en el telescopio estándar. Solamente para ciertas investigaciones con telescopio de campo extenso (R. F. T. Rich Field Telescope) provistos de aumento equipupilar (6 a 7 mm de pupila) y generalmente muy abiertos (f/4 ó f/5) es necesario un ocular de gran campo, muy bien corregido, que la complicación inevitable de la combinación puede pagar. Para la dimensión del campo máximo interesante, las opiniones están divididas; un campo de más de 60° impone al ojo, que debe examinar un detalle en el borde, una gimnasia poco común, pero es el observador quien debe decidir. Es suficiente que un buscador de cometas vea, aun imperfectamente y sin nitidez, una débil luminosidad, para que inmediatamente la lleve al centro del campo.

¹ El ocular del telescopio "Simplex" de la marca Konus, tiene un Plössl de 17 mm.

² Casa Clavé, 9 rue Olivier Métra, París, XX.

Capítulo 4: Los oculares
Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau
Página mantenida por: Jorge López jorgealm22@yahoo.com
Visite mi página: www.geocities.com/jorgealm22
Actualizada el 03-sep-2003

Ocular de Erfle

Se deriva del Kellner, y tiene el lente de ojo desdoblado; en las mejores variantes, el astigmatismo es ya muy importante en el borde de un campo de 65°.

Ocular con lente esférico

La deformación de una superficie, da posibilidades extraordinarias para la corrección de la distorsión y del astigmatismo, que no son más pronunciadas en un campo aparente enorme de 90° que con un ocular de Erfle en un campo de 60°. La fabricación industrial es extremadamente difícil y poco satisfactoria, a causa de la muy grande deformación de la superficie correctora.

Ocular de Berlele

Se logra un campo de 80° solamente con caras esféricas, pero el espesor del vidrio de campo es comparable a la longitud focal del conjunto y las ocho superficies aire vidrio exigen un eficaz tratamiento antirreflejo para toda aplicación astronómica. Paul, refiriéndose a este ocular, menciona la interesante posibilidad de corregir la coma, que es muy importante en los espejos muy abiertos (f/4) a partir de 1° del eje.

Elección de una serie de oculares

El cuadro siguiente indica los principales aumentos que resultan útiles para aplicar al telescopio estándar de 20 cm. Por lo general una serie de aumentos regularmente escalonados entre ambos límites extremos, es un lujo costoso e inútil, excepto alrededor del valor óptimo aplicable con buenas condiciones de observación de superficies planetarias, valor que es un poco superior a una vez por milímetro de diámetro del objetivo (pupilas de 0,8 a 0,9 mm). Cuando el presupuesto no permite obtener de una vez una serie bien nutrida, es necesario procurarse primero el ocular débil (pupila 3 a 6 mm) y el ocular normal (pupila de 0,8 mm más o menos); inmediatamente después se comprarán el ocular muy fuerte (pupila inferior a 0,5 mm más o menos) y según la especialidad elegida, los oculares complementarios para los aumentos de trabajo sobre los planetas (pupilas de 0,65 mm a 1 mm) o sobre estrellas variables (pupilas de 1 a 2 mm). Los oculares indicados forman parte de series realmente fabricadas y existentes, especialmente la de Manent, para corredera de 27 mm de diámetro, y de una nueva serie de ortoscópicos que hemos vuelto a calcular especialmente para los usuarios del telescopio estándar fabricados con las máximas condiciones de economía. El diámetro adoptado para la corredera es también de 27 mm, como el de la montura estándar.

Aumento	Pupilas en mm	Longitudes focales con espejo de 200 mm		Observaciones y uso
		f / 6	f / 8	
48	4,2	25 Kellner, Ortoscópico o Plössl		Campo más grande que la luna. Luz cenicienta. Eclipses Nebulosas.
64	3,1		25 Kellner, Ortoscópico o Plössl	
100	2	12 Lupa triple, Ortoscópico o Plössl	16 Kellner, Lupa triple, Ortoscópico o Plössl	Comparaciones, Estrellas variables
150	1,3	8 Ortoscópico		
200	1	6 Ortoscópico o Plössl	8 Ramsden, Ortoscópico o Plössl	Oculares de trabajo, normalmente suficientes para explotar al máximo el instrumento sobre las superficies planetarias
240	0,83	5 igual a arriba	6 igual a arriba	
267	0,75			
300	0,67			
320	0,63	4 igual a arriba	5 igual a arriba	
400	0,5	3 igual a arriba	4 igual a arriba	Mancha de

Capítulo 4: Los oculares
Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau
Página mantenida por: Jorge López jorgealm22@yahoo.com
Visite mi página: www.geocities.com/jorgealm22
Actualizada el 03-sep-2003

Aumento	Pupilas en mm	Longitudes focales con espejo de 200 mm		Observaciones y uso
		f / 6	f / 8	
48	4,2	25 Kellner, Ortoscópico o Plössl		
533	0,38		3 igual a arriba	difracción bien visible. Estrellas dobles. Centrado exacto.