

¿Como funciona el telescopio?

Espejos curvos y lentes convexas han sido usados desde tiempos muy remotos para concentrar la luz que nos llega del sol y así crear fuego; como es el caso de un lente de rocas cristalinas encontrado en excavaciones en Nimrud, ciudad real de los asirios. Los escritos más antiguos conocidos acerca de la luz tienen que ver con la refracción; desviamiento de los haces de luz al atravesar un líquido o un vidrio, y con la reflexión; rebote de un haz de luz al encontrarse con una superficie lisa como un espejo.

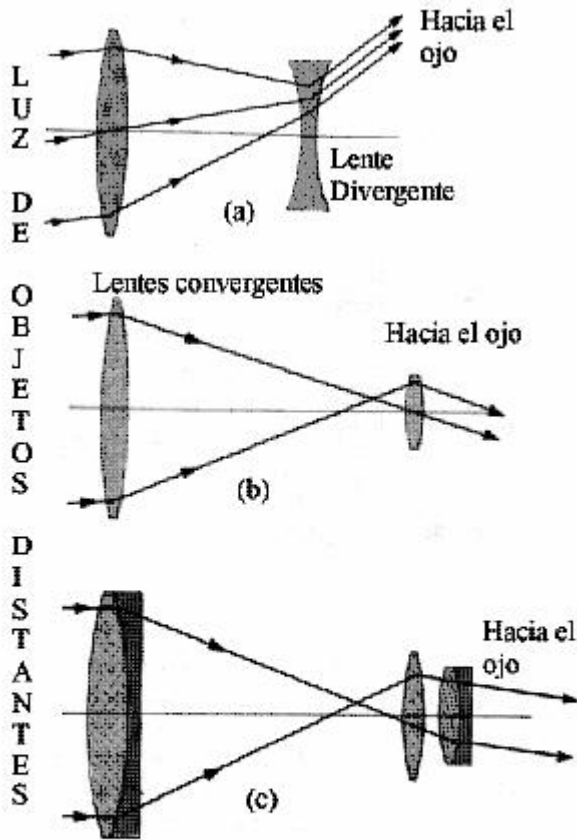
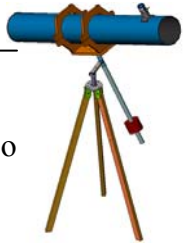


Figura 1.1 Arreglos de lentes; refracción de la luz. a) convergente-divergente, b) convergente-convergente, c) refractor astronómico moderno.

Antes de poder comprender el funcionamiento básico de un telescopio, es necesario conocer cierta terminología. Los telescopios se dividen en dos tipos; refractores, que su funcionamiento se basa en el uso de lentes exclusivamente Figura 1.1; y reflectores que utilizan un espejo para concentrar la luz; a su vez ambos tipos se dividen en diferentes modelos, Figura 1.2. El componente óptico principal de un telescopio, si es refractor se conoce como objetivo o si es reflector como espejo primario. En los telescopios



reflectores, el espejo más pequeño que hace converger la luz, se conoce como diagonal o simplemente como secundario.

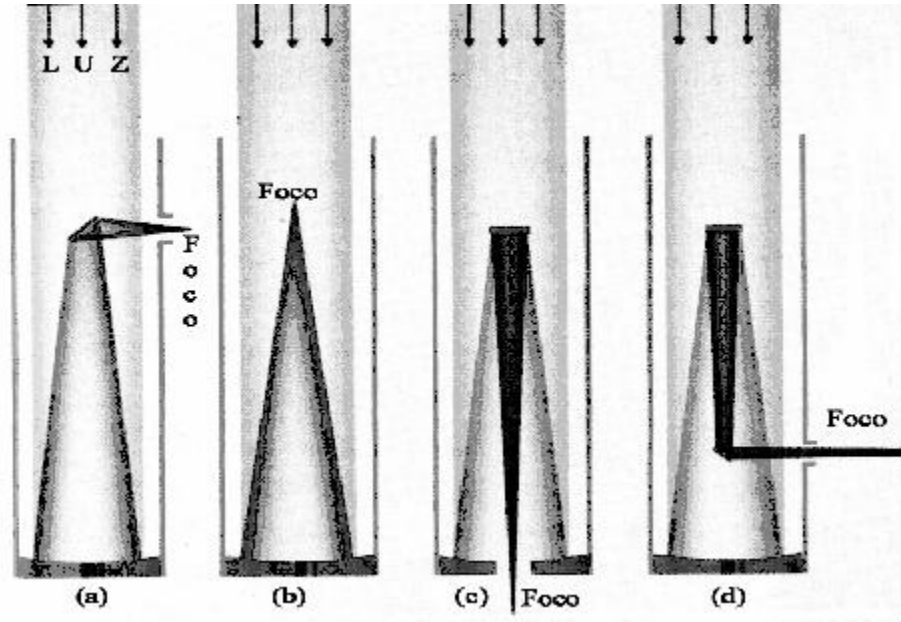
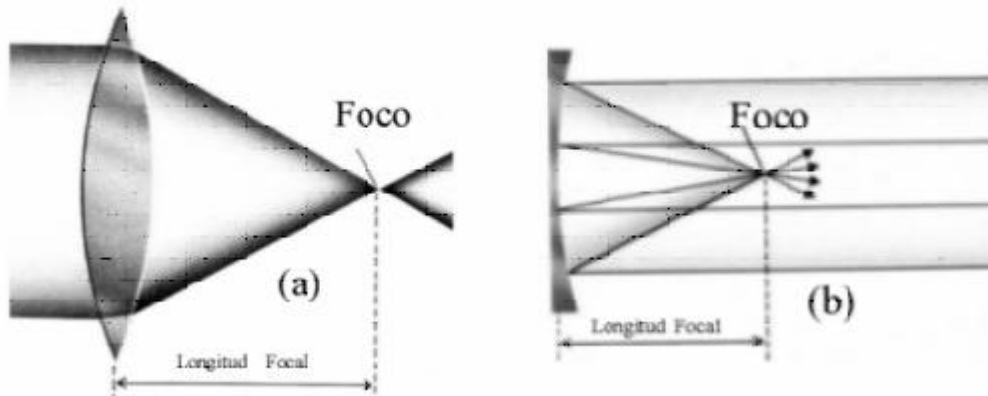


Figura 1.2 Telescopios Reflectores: Cuatro de los más populares diseños ópticos, (a) foco Newtoniano, (b) foco primario, (c)foco Cassegrain y (d)foco Coude.

La apertura de un telescopio es el diámetro del haz de luz que entra en él, que eventualmente llega al punto de observación (foco). La apertura es normalmente del mismo diámetro que el objetivo o espejo primario del telescopio. La distancia entre el objetivo o el espejo primario y su foco es conocida como la distancia focal (f). La forma curva de las superficies ópticas determina la distancia focal, Figura 1.3. Una notación compacta y muy recurrente para describir la distancia focal de un telescopio es la razón que existe entre la distancia focal y el diámetro del telescopio, que se expresa como $f/(\text{número de la razón})$. Por ejemplo un telescopio de 15 cm de apertura y una distancia focal de 120 cm, tiene una razón focal de 8 y su espejo es $f/8$.



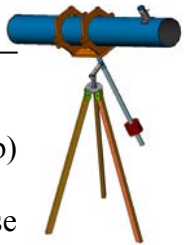


Figura 1.3 Focos y distancias focales: un lente convergente (a) o un espejo cóncavo (b) causan que los haces paralelos de luz converjan al foco.

Los astrónomos usan combinaciones de pequeños lentes para examinar la imagen que se forma en los telescopios. Estos lentes, son acoplados en elementos metálicos, y se denominan por el nombre de oculares. Los oculares son intercambiables, según las necesidades del observador. Los telescopios modernos que se usan con fines de investigación no utilizan oculares simples, sino que son arreglos muy complejos de lentes, electrónica y piezas mecánicas, que por lo general ya no se denominan oculares, pueden ser: espectrógrafos, fotómetros, cámaras CCD (Charge Coupled Device), etcétera (Figura 1.4). Este tipo de instrumentos tienen relaciones muy concretas de distancias focales.



(a)



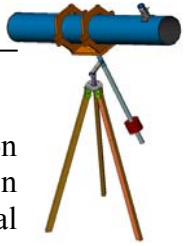
(b)

Figura 1.4 (a) oculares comerciales para telescopios pequeños; (b) equipo CCD.

Figura 1.4 (a) oculares comerciales para telescopios pequeños; (b) equipo CCD.

La pupila de nuestro ojo puede variar de dimensión de 5 a 7 mm, cuando uno se asoma por un telescopio, directamente por su ocular, y el diámetro de la pupila de salida del telescopio es mayor a este intervalo, el ojo no capta toda la luz. La magnificación, en el caso de telescopios que usan oculares simples para la visualización de objetos celestes, se da por la simple razón que existe entre la distancia focal del telescopio (en su objetivo o espejo primario) y la distancia focal de su ocular. Al ser los oculares intercambiables, se pueden lograr varias magnificaciones con el mismo telescopio. Un dato interesante de los componentes ópticos (lentes y espejos), es que tienen una eficiencia menor al 100 %, no toda la luz que incide en ellos es reflejada al foco, por lo que la magnificación se ve limitada por; el número de lentes por los que la luz pasa; la calidad con la que están hechos; el tipo de vidrio; etcétera.

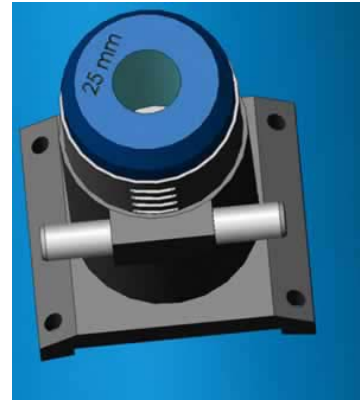
La historia de los telescopios muestra un tema recurrente: diseños existentes se han encontrado con limitaciones de alguna manera (calidad de la imagen, dimensiones, costo, etc.), un nuevo desarrollo en el diseño de los telescopios ocurrió entonces para superar a los ya existentes. Hemos visto a lo largo de la historia, los primeros refractores, después los primeros reflectores, refractores de nuevo, y más recientemente reflectores de nuevo. La limitación actual que presentan estos últimos es la dificultad de fabricar espejos grandes, aunque algunos telescopios tienen espejos primarios convencionales de más de 8 metros de diámetro, que es el límite posible que nos permite nuestra tecnología actual.



El nuevo desarrollo, lo hemos podido ver desde su principio, es el de telescopios con multi-espejos. El primero de este tipo, fue el Multiple Mirror Telescope ubicado en Mount Hopkins, Arizona, que usa seis espejos primarios de 1.8 m de diseño convencional Cassegrain, pero en una sola montura y alimentando a un mismo foco. Aunque este telescopio equivale a uno de 4.4 metros de diámetro en área efectiva y su costo fue menor, no tuvo gran éxito práctico. Más recientemente el telescopio segmentado de 10 metros Keck, en Mauna Kea, Hawaii, ha entrado en operación con mucho mayor éxito.

Oculares

El ocular es la parte del telescopio que transforma los rayos de luz concentrados, en imágenes visibles para el ojo humano. Los oculares, son sistemas ópticos de varias lentes que permiten además modificar el aumento. La distancia focal (distancia media entre el objetivo y el foco) del ocular es el factor que nos permite conocer el aumento del sistema óptico. A mayor longitud focal del ocular, menor aumento se conseguirá y viceversa. La gran mayoría de los telescopios tienen la facilidad de que el ocular sea intercambiable, lo cual permite cambiar la amplificación del telescopio. Los oculares para telescopio vienen marcados con su distancia focal generalmente en milímetros. Para calcular el aumento con un ocular dado, se divide la distancia focal del espejo primario entre la distancia focal del ocular.



Es decir:

$$\text{Aumentos} = \text{df espejo primario (mm)} / \text{df ocular (mm)}$$

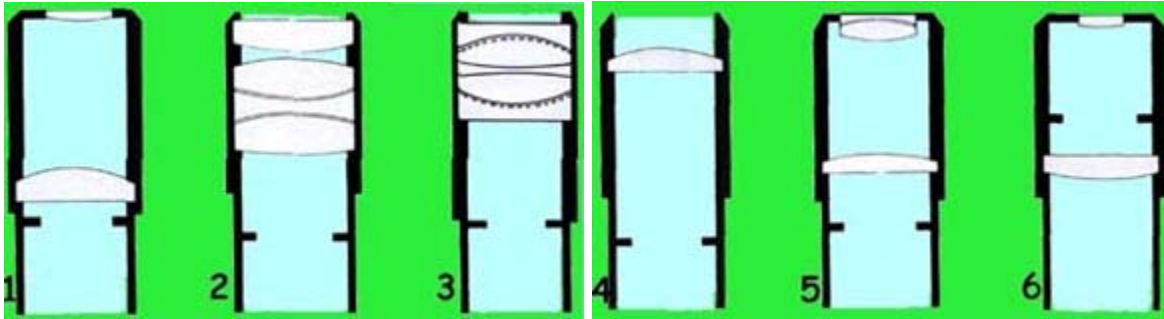
Por ejemplo, si se tiene un ocular de 25 mm, y un espejo primario de 1200 mm de distancia focal, tendremos $1200/25 = 48$ aumentos.

Mientras menor sea la distancia focal del ocular, mayor serán los aumentos. No obstante, con mayores aumentos, las imágenes pierden luz, por tanto se debe buscar la mejor combinación para obtener el mejor aumento para una calidad de imagen adecuada.

Los oculares difieren tanto en su tamaño (amplificación) como en la estructura interna de sus lentes.

La escala de los oculares va desde los 4 hasta los 40 mm. El campo aparente, indica cuánto cielo se abarcará con el ocular. Cada ocular tiene su propio campo aparente, el cual puede alcanzar los 85°. La óptica del telescopio puede ser muy buena pero si la del ocular es pobre, la imagen no será de buena calidad. Por ello es importante escoger (invertir) en un buen ocular.

Los tipos más importantes de oculares por su constitución óptica son:

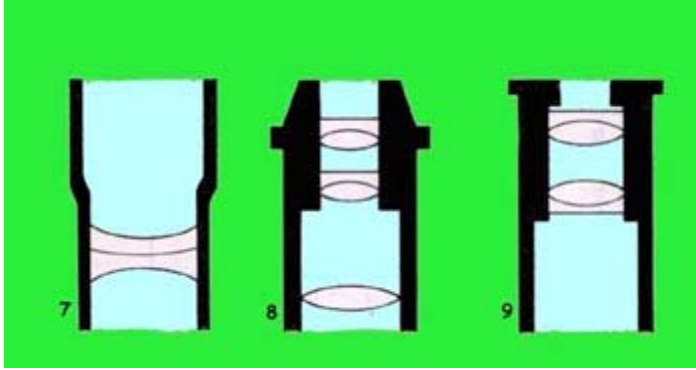
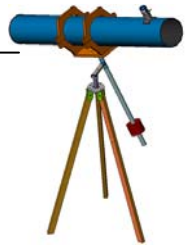


1) **Ramsden**, este ocular es bastante parecido al Huygens, uno de los más sencillos. El campo de este ocular es de unos 30° a 35° . Uno de los inconvenientes que tiene, es la posición del plano focal, muy próximo a la lente de campo, la suciedad que se deposita se hace visible por este motivo. No está corregido totalmente el cromatismo lateral. Existe una franja roja interior que bordea las estrellas observadas en el borde del campo. Este ocular, que se encuentra entre los más sencillos, suele venir acompañando los telescopios de menor calidad que se encuentran en el mercado.

2) **Ocular ortoscópico**. Este es uno de los oculares fabricado con una corrección especial. Hay varias versiones del mismo. Generalmente, la lente de campo es simple y la ocular es una lente de varios elementos encolados. Algunos de ellos, según la marca, 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 que suele ser notoria. Es por esto, que no hay que dejarse llevar por la definición "ortoscópico" cuando vamos a adquirir un ocular, pues ello no significa que esté perfectamente corregido. Hay marcas y marcas en el mercado, diríamos que en este caso, hay que atenerse a las marcas que tienen una trayectoria reconocida por la calidad de sus productos. En lo que respecta a distancias pequeñas, es el mejor de los oculares de bajo costo. La mayoría de los ortoscópicos tienen la propiedad de que permiten separar el ojo del ocular y seguir viendo la totalidad del campo.

3) **Ocular monocéntrico**. Este ocular tiene una combinación de tres lentes cimentadas entre sí, cuyas superficies son concéntricas. Posee muy buena corrección cromática. La curvatura de campo apenas excede los 25° . No es un ocular común, difícil de conseguir. Es excelente para la observación planetaria

4) **Ocular de lente única**. Este, es el ocular más simple, de una lente única. Este tipo de ocular, presenta varios inconvenientes. Está presente la aberración cromática y tiene un muy reducido campo de visión.



5) **Kellner (K)**. compuesto por tres lentes, y un campo aparente de 40° , es como el Huygens, la lente de campo es simple y la otra, es un doblete encolado. Este, tiene un campo amplio y también una imagen mejor corregida que el Huygens. En los telescopios reflectores de corta distancia focal, es notable la distorsión del borde de campo. Tiene una buena corrección cromática, pero posee un notable astigmatismo y curvatura de campo.

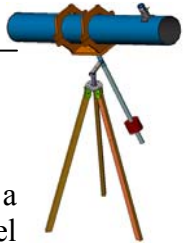
6) **Huygens**. Este es uno de los oculares más sencillos, y por ende, baratos. El mayor defecto de este sistema, es una fuerte aberración esférica. Suele producir "penachos" desagradables al menor desplazamiento del ojo respecto del eje.

7) **Barlow**. No es un ocular, pero su uso combinado con ellos es de gran difusión. El Barlow es una lente de aumento que se utiliza en combinación con los oculares. Esta lente, dobla y a veces triplica la longitud focal del objetivo, y por ello también el aumento del ocular utilizado. Las hay de varios tipos, de focal corta también, y suelen traer un factor de aumento de $2x$, $2,5x$, o $3x$. Esta lente, es útil para la astrofotografía y para la observación planetaria. Debe ser de muy buena calidad, pues si no, sólo nos añadirá imperfecciones al sistema óptico. No es aconsejable su uso con oculares potentes. Es útil con oculares de baja potencia y buen campo.

8) **Erffle**. Este ocular, derivado del Kellner, tiene la lente de ojo desdoblada. Tiene un diseño de campo muy amplio, es menos costoso que la mayoría de los nuevos oculares para cielo profundo que hay en el mercado. Tiene un importante astigmatismo en los bordes del campo de 65° .

9) **Plössl**. Estupendo ocular que tiene excelente corrección, siendo los de buena calidad, bastante caros. El astigmatismo y curvatura de campo son prácticamente nulos en un campo de 50° , el cromatismo está mejor corregido que en los ortoscópicos. Así como proporcionan una buena amplitud de campo, permiten también alejar el ojo del ocular, tienen un buen tratamiento antirreflejo sobre las cuatro superficies aire-cristal, eliminando así en gran medida los reflejos.

Las marcas que se recomiendan son: Meade, Plössl, Ultima, Celestron. Se recomienda que un telescopio reflector tenga al menos oculares de 40mm, 25mm, 12mm, y 6mm.



El buscador

El buscador es básicamente una mira que permite ubicar rápidamente los objetos a observar a través del telescopio, para después comenzar el proceso de enfoque en el ocular. Se pueden instalar desde miras tipo rifle en donde no existe ningún aumento, hasta pequeños sistemas tipo binocular con pocos aumentos. Lo más recomendable es que existan muy pocos aumentos, ya que el fin de este artefacto es la ubicación y no la amplificación del objeto.

Se recomienda instalar el buscador cerca del ocular ya que de esta manera se tiene una mayor comodidad en la sesión de observación al momento de encontrar un objeto.

El buscador debe ser puesto a punto para que cumpla con su objetivo. Cuando un buscador está bien alineado, el objeto que se mira a través de él, también se observa en el centro del ocular. Para alinear correctamente el buscador, deben aflojarse los tornillos que lo sujetan al tubo del telescopio y basta con enfocar con el ocular un objeto grande (la Luna o bien un edificio) y después encontrarlo con el buscador, apretando poco a poco el sistema de calibración (normalmente son tres tornillos) una vez ubicado, se aprietan los tornillos que fijan el buscador al tubo del telescopio. Es muy recomendable alinearlo con un edificio ya que no se moverá del campo visual independientemente de cuán largo sea el proceso de alineación.