

## 1.Consideraciones generales y proyecto

### ***1.1 Insuficiencia de la óptica geométrica para la correcta concepción del instrumento astronómico***

El lector está más o menos familiarizado con las figuras de los cursos elementales de física y obras de divulgación, donde al definir un telescopio se ven los rayos paralelos de luz provenientes de una fuente supuesta en el infinito, converger en un foco después del paso a través de un objetivo refractor o de la reflexión sobre un espejo (objetivo reflector), mostrando así claramente, la formación de la imagen. Esta imagen es luego examinada con una especie de lupa compuesta que constituye el ocular.

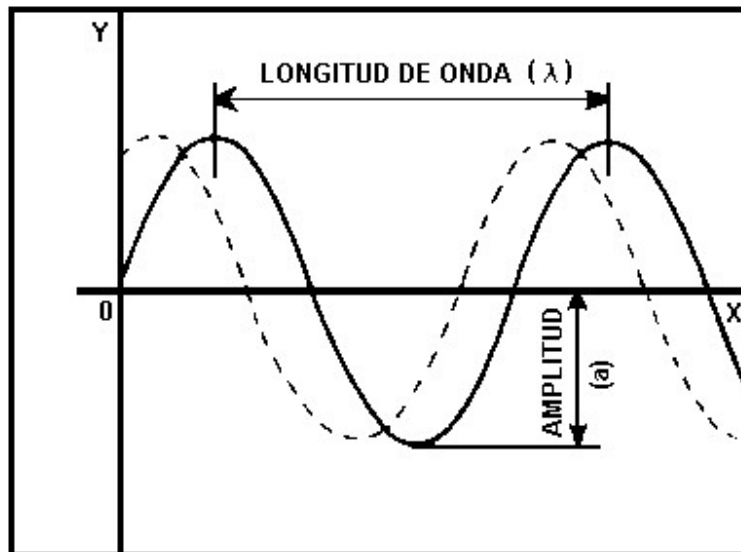
Por lo general no se insiste suficientemente sobre la importancia relativa de estos dos elementos. Todas las esperanzas del astrónomo están puestas en el tamaño y la calidad de su objetivo ; aun en el instrumento más pequeño, por sus dimensiones, por las condiciones severas que debe cumplir, por las dificultades que implica su construcción, eclipsa completamente al ocular.

En los grandes y modernos telescopios fotográficos se utiliza directamente la imagen focal del espejo principal sin ningún intermediario, como es el caso del telescopio Hubble colocado en órbita. ¡Es maravilloso impulsar así nuestros sondeos astronómicos hasta el límite extremo con la ayuda de una sola superficie óptica!

Podría creerse, examinando las figuras en que los rayos luminosos están representados por rectas, que el aumento del diámetro del objetivo sirve únicamente para reunir más luz y por lo tanto para revelar estrellas más débiles ; esto es cierto pero no es solamente eso.

Si las condiciones geométricas ideales fueran satisfechas, se tendrían en el foco imágenes de estrellas en el sentido matemático del término y siempre sería posible desdoblarse el par estelar más cerrado aún con el objetivo mas modesto, puesto que en su plano focal podrían aplicarse sin inconvenientes los aumentos más elevados.

En efecto en otros tiempos se creía que la perfección de las imágenes dependía exclusivamente de la calidad del trabajo del "artista" que había tallado el objetivo. Se sabe ahora que existe un límite que ninguna destreza humana podría cambiar y ese límite está compuesto por la naturaleza misma de los rayos luminosos que, en realidad, no se propagan rigurosamente en línea recta. A partir de cierta precisión no se gana casi nada perfeccionando la forma de un objetivo dado.



**Fig 1. Movimiento sinusoidal**

*Fig. 1 Movimiento Sinusoidal*

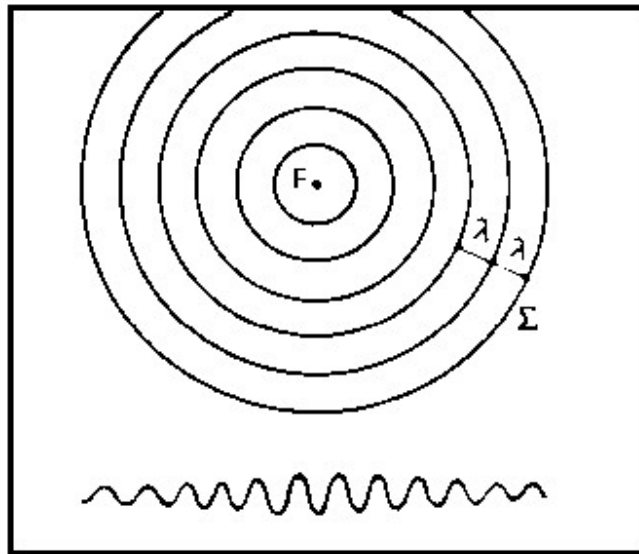
La óptica geométrica sólo constituye, pues, una primera aproximación, insuficiente para el óptico práctico que debe saber con qué precisión debe construir su objetivo y también para el usuario, que debe conocer la pequeñez de los detalles accesibles a su instrumento. La óptica llamada física significa una segunda aproximación capaz de proporcionar estos informes, lo cual no significa, desde luego, que explique todo.

## **1.2 Un poco de óptica Física**

Ciertos fenómenos físicos como la difracción de la luz y las interferencias luminosas, sólo se explican admitiendo que la luz está constituida por alguna cosa que vibra en forma sinusoidal, con cierta amplitud, cierta longitud de onda característica y con frecuencia prodigiosa, puesto que en un segundo tiene tiempo para recorrer cerca de 300.000 Km siguiendo las innumerables sinusoidales comprendidas en esta distancia a razón de aproximadamente 2.000 por milímetro.

Los matemáticos designan la amplitud de las vibraciones con una “a”, su longitud de onda con  $\lambda$  y representan esa “alguna cosa” por un vector o por una línea sinusoidal (fig. 1) que evidentemente no tiene ninguna relación con la realidad física que excede nuestra comprensión, pero que muestra cómodamente una o más particularidades interesantes de su movimiento.

Dos vibraciones luminosas de la misma amplitud y longitud de onda, que vibran sincrónicamente según una dirección idéntica no están necesariamente confundidas (fig. 1, línea llena y línea punteada) si la segunda por ejemplo, ha debido recorrer un camino óptico suplementario que difiere en un número no entero de longitudes de onda, se dice que existe una *diferencia de fase* y dadas estas condiciones ambos rayos pueden interferir y aun destruirse completamente si el defasamiento es exactamente igual a media longitud de onda. Fresnel fue el primero en decir que la luz sumada a la luz puede algunas veces dar oscuridad. Supongamos una fuente luminosa que irradie en todas direcciones dentro de un medio ópticamente homogéneo ; todos los puntos que se encuentren a la misma distancia de la fuente están en fase naturalmente ; la superficie que pasa por todos estos puntos se denomina : *superficie de onda* ; en el medio homogéneo supuesto, tal superficie sólo puede ser esférica, o plana en el límite si está muy alejada de la fuente.



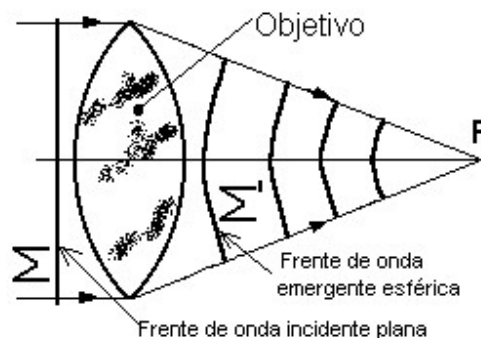
**Fig. 2 Vibración ondulatoria**

*Fig. 2. Vibración ondulatoria*

Una imagen de la vibración ondulatoria se obtiene arrojando una piedra en el agua ; en el punto S hay emisión de un sistema de ondas de amplitudes decrecientes pero cuya longitud de onda permanece constante (fig. 2).

### **1.3 Definición del objetivo perfecto**

El objetivo debe dar una imagen físicamente perfecta de una fuente luminosa situada sobre su eje y en el infinito. Las sumarias definiciones procedentes nos ayudarán a comprender qué debe entenderse por aquello. Puesto que la fuente está muy alejada y se supone un medio de propagación homogéneo, las superficies de onda incidentes, es decir, las que llegan al objetivo, son planas (fig. 3). La función del objetivo, sea refractor o reflector, es la de devolver ondas emergentes esféricas concéntricas cuyo centro es el foco F.



**Fig. 3 Función del objetivo**

*Fig. 3. Función del objetivo*

Si la longitud de onda de la luz fuera infinitamente pequeña, esta definición sería equivalente a la de la óptica geométrica y el punto F sería un punto matemático en el que se concentraría toda la luz que hubiera alcanzado el

**Capítulo 1: Consideraciones generales y proyecto**  
**Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau**  
**Página mantenida por: Jorge López [jorgealm22@yahoo.com](mailto:jorgealm22@yahoo.com)**  
**Visite mi página: [www.geocities.com/jorgealm22](http://www.geocities.com/jorgealm22)**  
**Actualizada el 03-sep-2003**

objetivo, pero se sabe que no es así. Es posible apartarse lateralmente en una pequeña distancia  $FF'$  antes de caer en la oscuridad ; evidentemente el punto  $F$  no es verdaderamente un punto sino una mancha de diámetro  $2FF'$ .

Si el objetivo está limitado por una abertura cuadrada, es fácil determinar la posición del punto  $F'$  en el cual la oscuridad es total. (fig. 4).

Supongamos que el punto  $F'$  se encuentre colocado en el plano focal a tal distancia de  $F$  que quede más próximo al borde superior  $P_3$  de la onda emergente  $\Sigma$  que de su borde inferior  $P$ , siendo la diferencia exactamente de una longitud de onda ; esto equivale a decir que si se traza, haciendo centro en  $F'$ , una superficie de onda ficticia tangente al borde superior de  $P_3$  de la superficie de onda real  $\Sigma$ , se apartará de esta última, en la parte baja, exactamente en una longitud de onda :  $PP_1 = \lambda$ . Esta superficie de onda ficticia pone de manifiesto el interesante hecho siguiente : el trayecto  $P_2F'$  contado a partir del centro de la onda es más largo en media longitud de onda que el trayecto  $P_3F'$  que parte de su borde superior (proporcionalidad de los apartamientos). Pero en virtud de un célebre principio debido a Huygens, cada punto de nuestra onda  $\Sigma$  puede asimilarse a una fuente de luz. De esto resulta que nuestros rayos  $P_2F'$  y  $P_3F'$  que están en oposición en una media longitud de onda en el punto  $F'$  se destruyen por interferencia y no pueden dar luz en ese punto.

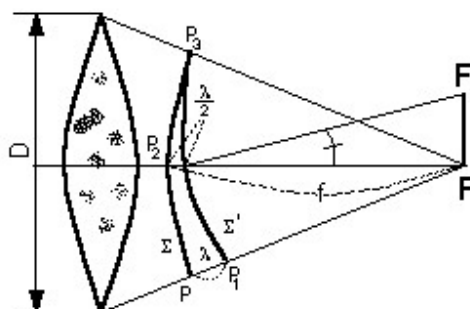


Fig. 4 Tamaño de la mancha de difracción

*Fig. 4. Tamaño de la mancha de difracción*

Pero esta propiedad es cierta para todos los puntos de la mitad superior de la onda (no olvidemos que su contorno es la mitad de un cuadrado) puesto que tienen un punto homólogo sobre la mitad inferior que corresponde a un trayecto más largo en  $\lambda/2$ , terminando la primera mitad en el punto  $P_2$  finalizamos la segunda en  $P$  y concluimos en que no puede llegar ninguna luz al punto  $F'$  a partir de los puntos fuentes repartidos sobre  $\Sigma$  que interfieren completamente en este punto. La mancha de difracción termina pues en  $F'$  ; es fácil de calcular su semilado  $FF'$ .

Se tiene sensiblemente (relaciones inexactas a la escala de la figura 4, muy distinta de la realidad) :

$$FP_2F' = PP_3P_1 \text{ pero } FP_2F' = FF/f \text{ y } PP_3P_1 = \lambda/D$$

Por consiguiente :

$$FF' = \lambda F / D$$

En realidad, se utilizan objetivos de contorno circular y éstos no corresponden punto por punto en los trayectos ópticos que difieren en  $\lambda/2$  y el cálculo del *radio* de la mancha de difracción, que evidentemente es circular esta vez, es mucho más difícil y nos contentaremos con enunciar aquí el resultado fundamental del cálculo realizado por primera vez por G. Airy : el radio *lineal* de la mancha de difracción dada por un objetivo de diámetro  $D$  y de longitud focal  $f$  es igual a :

$$\rho \text{ lineal} = 1,22 \lambda f/D$$

**Capítulo 1: Consideraciones generales y proyecto**  
**Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau**  
**Página mantenida por: Jorge López [jorgealm22@yahoo.com](mailto:jorgealm22@yahoo.com)**  
**Visite mi página: [www.geocities.com/jorgealm22](http://www.geocities.com/jorgealm22)**  
**Actualizada el 03-sep-2003**

Se sabe que la relación  $f/D$  caracteriza el inverso de la *abertura relativa* del objetivo ;  $\lambda$  es la longitud de onda de los rayos luminosos ; para los rayos más activos al ojo vale  $0,56 \mu\text{m}^1$  y por lo tanto con un espejo común de telescopio abierto a  $f/D = 6$ , el radio de la mancha de difracción medido en el plano focal es :

$$\rho = 1,22 \times 0,56 \times 6 = 4,1 \mu\text{m}$$

Tal es el límite impuesto por la difracción. El óptico debe retocar el espejo hasta que todos los rayos emergentes converjan efectivamente en un pequeño círculo de ésta dimensión.

Todos los objetivos que tengan la misma apertura relativa dan idénticas manchas de difracción, pero su importancia angular disminuye cuando la longitud focal  $f$  y por consiguiente  $D$ , aumentan. El radio angular de la mancha de difracción interesa en primer lugar al astrónomo, puesto que fija el límite del detalle más pequeño que puede verse con cierta seguridad en el instrumento. Vale en radianes :

$$\rho_{\text{ang}} = 1,22 \lambda/D$$

Para la conversión en segundos de arco es necesario multiplicar por  $206,265''$  lo cual da  $14,1/D$ . Se ve que el diámetro depende sólo de la longitud de onda de la luz y el diámetro  $D$  del objetivo. El astrónomo se halla mucho más limitado que el micrógrafo en la selección de la longitud de onda de la luz empleada ; está absolutamente obligado a aceptar la luz de la estrellas tal como puede llegarnos a través del filtro muy selector que es nuestra atmósfera ; si desea ver más detalles tiene entonces que aumentar necesariamente el diámetro de su objetivo. Frecuentemente toda la vida de un aficionado transcurre en la conquista, paso a paso de esta potencia ; veremos más adelante la necesidad de limitarse.

Si se considera la repartición de la energía luminosa en la mancha de difracción, se ve que en el centro la intensidad es muy grande, que disminuye rápidamente y se anula en el anillo negro de radio  $\rho$  que acabamos de calcular, pero que más allá, la interferencia no es total ; aparecen anillos débilmente luminosos que se van desvaneciendo. Con una estrella muy brillante se ve justamente el primer anillo y un poco el segundo. Es importante familiarizarse con este falso disco rodeado de anillos que presentan las estrellas examinadas con un aumento muy fuerte y un objetivo perfecto. Se tiene un buen criterio para el enfoque exacto tratando de conseguir que el primer anillo negro resulte tan oscuro como sea posible ; pero esto sólo puede lograrse, naturalmente, con un buen objetivo.

No es necesario ningún material costoso para observar esta apariencia teórica : coloquemos delante de una lámpara eléctrica con filamento visible una pantalla de cartón delgado perforada con un pequeño agujero practicado con una aguja o un alfiler común de 7/10 mm de diámetro. Colocando el ojo a 1 ó 2 metros de esta "estrella artificial" no se observan anillos ni el falso disco, puesto que el objetivo de nuestro ojo es muy grande para falsearnos la realidad en estas condiciones, pero coloquemos contra el ojo un pequeño diafragma obtenido esta

---

<sup>1</sup>la notación  $\mu\text{m}$  es micro - metro que por acuerdo internacional reemplazó a la "micra".

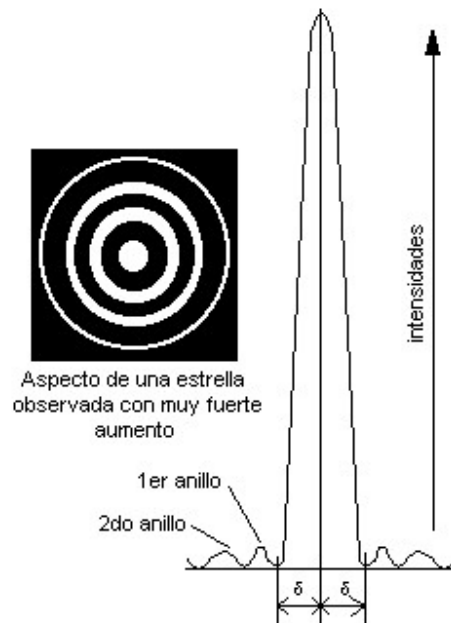


Fig. 5 Distribución de la luz en la mancha de difracción

Fig. 5. Distribución de la luz en la mancha de difracción

vez no pasando sino la mitad de la longitud de la punta de nuestra aguja en una tarjeta de presentación ; si la porción del filamento de la lámpara está exactamente detrás del agujero-estrella, veremos esta vez admirablemente el aspecto teórico de la figura 5, y podemos verificar, introduciendo más o menos la aguja en la tarjeta de presentación, que el diámetro del falso disco disminuye puesto que nos acercamos a la realidad, cuando el diámetro del objetivo aumenta.

#### 1.4 Regla de Lord Rayleigh

Es interesante establecer el tamaño del defecto material del objetivo que comienza a atenuar la perfección de la imagen de difracción. Lord Rayleigh encontró que si la onda defectuosa real dada por el objetivo no se aparta de la onda esférica en más de  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda de la luz, la imagen de difracción no sufre más que débiles alteraciones; el máximo central queda reducido al 80% de su valor y el primer mínimo no es totalmente nulo.

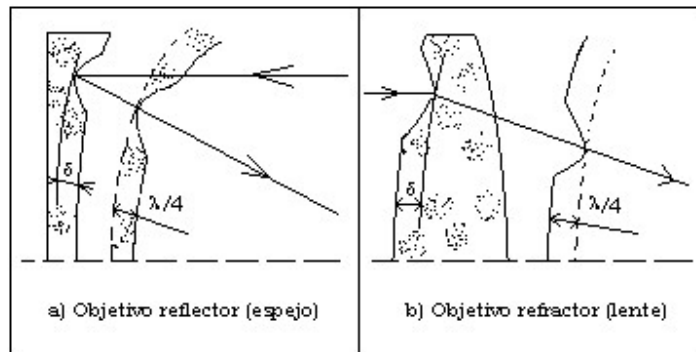


Fig. 6 Defectos tolerables con un objetivo reflector y refractor

*Fig. 6 Defectos tolerables con un objetivo reflector y refractor*

Como se adopta esta tolerancia, es por lo general útil mostrar cual es la correspondiente sobre el vidrio :  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda de los rayos de luz más activos sobre el ojo =  $0,56 \mu\text{m}/4 = 0,14 \mu\text{m}$ .

Si se trata de un espejo (fig. 6a) que representa un defecto cóncavo de profundidad  $\delta$ , se ve que los rayos luminosos deben recorrer dos veces un camino suplementario ; la onda emergente tendrá entonces un retardo total de  $2\delta$  y es necesario que sea  $\delta \leq 0,14/2 \mu\text{m}$ . El mayor defecto que podrá tolerarse será de  $0,07 \mu\text{m}$  (70 millonésimas de milímetro, o 2,76 millonésimas de pulgada) en un espejo.

Por el contrario si se trata de un lente (fig. 6b) con el mismo defecto cóncavo, la luz debe atravesar un menor espesor de vidrio ; de modo que se producirá un avance sobre la onda emergente que valdrá:

$$\varepsilon = \delta (n - 1)$$

Donde  $n$  es el índice de refracción,  $n-1$  es aproximadamente 0,5 para el vidrio "crown" ordinario, si se desea que  $\varepsilon$  no exceda el cuarto de onda, se podrá tolerar sobre el vidrio un defecto de  $0,28 \mu\text{m}$  que es cuatro veces más grande que en el caso de un espejo.

Estaríamos equivocados al creer que un objetivo que cumpla esta condición sería necesariamente perfecto. Para precisar mencionemos las restricciones siguientes que tendremos en cuenta en oportunidad del control final. :

A. Danjon<sup>1</sup> recordando que nuestro interés es el defecto real que se presenta efectivamente cuando se observa, afirma la necesidad de tener en cuenta las perturbaciones atmosféricas que se agregan a los defectos del objetivo, cuya suma excede con mucha frecuencia el límite tolerable, si el objetivo tiene ya defectos aproximados al cuarto de onda ; semejante objetivo es mucho más sensible a la agitación atmosférica que un objetivo perfecto del mismo diámetro, lo cual carece de interés si no es la turbulencia lo que se estudia.

A. Couder<sup>2</sup> mostró además que la forma y el número de los defectos tienen gran importancia ; por ejemplo muchos defectos pequeños con pendientes abruptas pueden arrojar fuera del falso disco de la mancha de difracción, una buena parte de la energía luminosa y ofreció en el *Bulletin de la S. A. F.*<sup>3</sup> un ejemplo de una grave alteración de este tipo<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Del estudio interferencial de la titulación, del *Institut d'Optique*.

<sup>2</sup> Défauts des instruments réels (Defectos de los instrumentos reales), Cahiers de Physique.

<sup>3</sup> Société Astronomique de France

<sup>4</sup> Sur la construction cellulaire des miroirs de télescopes (Sobre la construcción celular de los espejos para telescopios)

**Capítulo 1: Consideraciones generales y proyecto**  
**Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau**  
**Página mantenida por: Jorge López [jorgealm22@yahoo.com](mailto:jorgealm22@yahoo.com)**  
**Visite mi página: [www.geocities.com/jorgealm22](http://www.geocities.com/jorgealm22)**  
**Actualizada el 03-sep-2003**

Por último, considerando la visibilidad de los objetos poco contrastados y no sólo el caso muy favorable de una estrella, Françon<sup>1</sup> encontró que para los más débiles contrastes perceptibles (que se encuentran en la observación planetaria) un defecto sobre la onda igual a  $\lambda/16$  ya comienza a ser perjudicial, lo cual hace que el más grande defecto tolerable sobre un espejo sea menor que  $0,02 \mu\text{m}$ . Por otra parte, lo más difícil no es lograr el objetivo con esta precisión, sino el obtener efectivamente sobre el cielo una onda emergente de esta calidad. Todos los observadores de planetas conocen la pérdida de visibilidad de las regiones débiles cuando la imagen no es muy buena.

### ***1.5 Descripción somera de los principales tipos de instrumentos astronómicos***

Los telescopios refractores (lentes) tienen un tubo largo (fig. 7) provisto en un extremo de un objetivo acromático compuesto por lo general de dos lentes tallados en vidrios distintos, que deben responder a rigurosas condiciones de homogeneidad y de índice de refracción, y cuyas curvaturas de contacto coinciden. El otro extremo del tubo lleva un portaocular que permite el enfoque y el cambio de ocular.

El objetivo de un telescopio reflector (espejos) es un espejo cóncavo que se presenta en la forma de un disco de vidrio grueso que puede tener defectos internos, puesto que sólo sirve de soporte ; la cara pulida cóncava cuya curvatura es apenas visible para un profano (aproximadamente 2 milímetros de profundidad para un espejo común de 20 cm de diámetro) se vuelve reflectora por un depósito de plata obtenido por reducción química o por un depósito de aluminio evaporado en el vacío (la capa es normalmente de  $1/10$  de  $\mu\text{m}$  o micra).

El espejo colocado en la parte baja del tubo daría una imagen inaccesible en un pequeño instrumento, puesto que el observador interceptaría con su cabeza la mayor parte de los rayos de luz ; en el montaje de Newton (fig. 7) se proyecta el haz fuera del tubo en una posición cómoda para observar ; en el montaje de Cassegrain<sup>2</sup> (fig. 7) el espejo principal (parabólico) tiene un hueco en el centro que permite el paso del cono de rayos luminosos prolongados por la interposición de un pequeño espejo convexo (hiperbólico) dentro del haz principal.

---

<sup>1</sup> Vision dans un instrument entaché d'aberration sphérique (visión de un instrumento con aberración esférica).

<sup>2</sup> Cassegrain no es "caserola de granos" sino el apellido de su inventor.

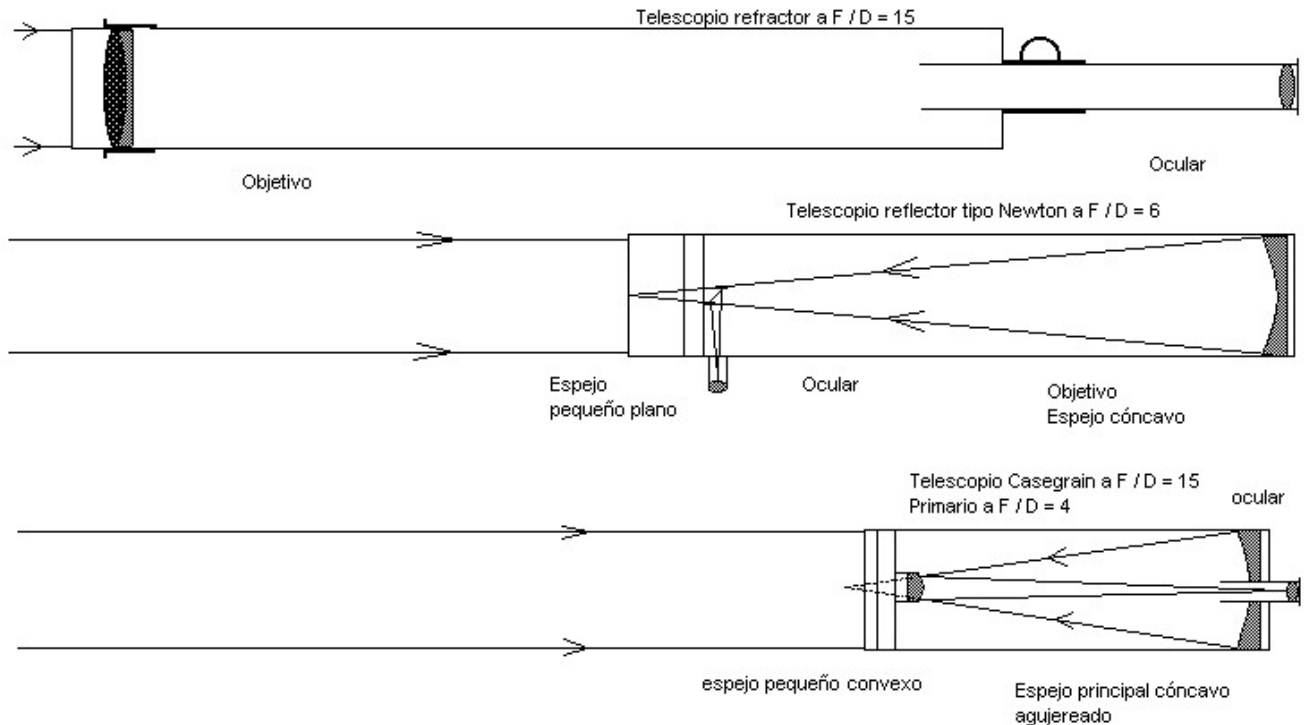


Fig. 7 Disposición general y dimensiones comparadas de los diversos tipos de instrumentos de igual potencia

*Fig. 7. Disposición general y dimensiones, comparadas, de los diversos tipos de instrumentos de igual potencia.*

No existe ningún instrumento universal verdaderamente bien adaptado para trabajos muy diferentes ; hasta el simple aficionado que por curiosidad hace una observación no especializada de las curiosidades del cielo, tiene interés en resolver su elección del tipo, de las dimensiones, de la montura que debe adoptar teniendo en cuenta :

- El trabajo más especialmente considerado.
- El emplazamiento disponible.
- El presupuesto, las herramientas, la habilidad que se tenga.

## 1.6 Refractor o reflector

Esta cuestión ha sido debatida muchas veces ; nos limitaremos aquí a indicaciones muy breves, pero tomando en consideración argumentos prácticos que pesan mucho en las realizaciones de los aficionados.

Hemos visto en el numeral 3 que la figura de difracción sólo dependía de la longitud de onda de la luz y del diámetro del objetivo ; un objetivo refractor y un espejo del mismo diámetro son pues equivalente en cuanto a la pequeñez de los detalles perceptibles. Como otro punto común al refractor y al reflector puede mencionarse que para diámetros corrientes de un veintena de centímetros y respecto de las radiaciones sensibles para el ojo, la cantidad de luz reflejada por una combinación de dos espejos bien plateados o aluminizados es casi la misma que la que atraviesa un objetivo de dos lentes.

Veamos ahora las diferencias que pueden decidir nuestra elección :

### 1.6.1 Telescopio refractor (lentes)

Generalmente preferidos en Francia.

#### Ventajas

- Imágenes calmas ; ningún remolino de convección dentro del tubo, cerrado arriba por el objetivo.
- Estabilidad de la longitud focal (medidas micrométricas, fotografías).
- Deformaciones de los lentes (flexiones, dilataciones) menos perjudiciales a las imágenes que las de un espejo.
- Posibilidad de fácil corrección de la "coma", lo que aumenta el campo utilizable en fotografía.
- Simplicidad de uso ; los objetivos, poco alterables, no requieren casi ninguna conservación. Los instrumentos pequeños están casi siempre centrados definitivamente por el constructor, pero todo observador digno de este nombre debe saber hacer el centrado.

#### Inconvenientes

- Acromatismo imperfecto ; especialmente en las radiaciones de cortas longitudes de onda (violeta) son extendidas, por un objeto visual muy lejos del foco de los rayos amarillos (fig. 8 ). El instrumento actúa como un filtro selector amarillo. Las mejores tentativas de corrección, difícilmente aplicables más allá de los 20 cm de abertura, comportan otros inconvenientes (curvaturas muy pronunciadas, agregado de un tercer lente).

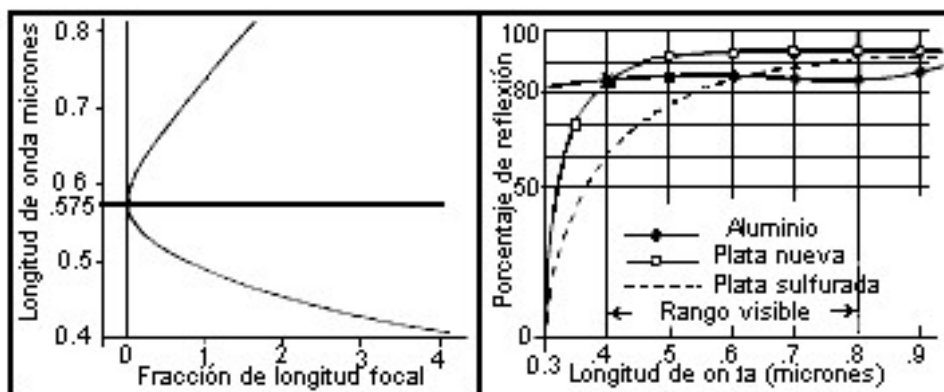


Fig 8. Aberración cromática longitudinal de un objetivo refractor

Fig 9. Poder reflector de espejos aluminizados o plateados

Fig. 8 Comportamiento del telescopio refractor en el espectro visible

- Tamaño (fig. 7) ; para que el inconveniente precedente sea admisible es forzoso adoptar una longitud focal al rededor de quince veces la abertura del objetivo. A partir de los 20 cm de abertura (tubo de 3 metros de largo) esto se vuelve impracticable para el aficionado.
- Costosa realización : el objetivo se talla en vidrios de óptica de primera calidad que cuestan muy caro si exceden los 15 cm de diámetro ; se necesitan ciertas herramientas y piezas de referencia de control para tallarlos, no obstante la precisión cuatro veces menor de la superficies. Es un capital demasiado elevado para ser arriesgado por un principiante.
- El precio total del instrumento es siempre mucho más elevado que el de un telescopio reflector (espejos) equivalente.

## 1.6.2 Telescopio reflector (espejos)

Más comunes entre los aficionados angloamericanos.

### Ventajas

- Acromatismo perfecto ; las capas de plata y aluminio tienen un poder reflector elevado y casi constante para toda la extensión del espectro visible (fig. 9).

*Fig. 9 Comportamiento del espejo reflector en el espectro visible  
(esta figura está con la figura 8)*

- Tamaño reducido (fig. 7) ; el tubo es, por lo menos, dos veces más corto que el de un telescopio refractor (lentes) de la misma apertura, de lo cual resulta una mayor estabilidad de la montura, facilidad de instalación y de observación.
- Posibilidad de tallar uno mismo la pieza maestra más costosa ; el espejo tiene muy poco costo ; esto coloca al alcance del aficionado medio, diámetros de objetivos que le serían absolutamente inaccesibles de otra forma (hasta 50 cm de diámetro por lo menos).

### Inconvenientes

- Obstrucción por el espejo secundario ; la pérdida de luz generalmente no tiene importancia, pero la figura de difracción se altera ligeramente. Si el espejo pequeño tiene un diámetro igual a un cuarto del grande, el primer anillo de difracción tiene doblada la intensidad a expensas de la mancha central, cuya cúspide es reducida en un 15%<sup>1</sup>. Las tres o cuatro láminas delgadas que sostienen el espejo secundario provocan cuatro o seis finos penachos alrededor de las estrellas brillantes ; es un inconveniente no despreciable especialmente en la observación planetaria, pero no debe ser exagerado ; algunos prefieren los refractores que tienen un residuo de aberración esférica que refuerza mucho más el primer anillo. Por otra parte se lo puede reducir casi a nada adoptando una relación  $f/D = 8$  ó  $10$  eligiendo un espejo plano (en el Newton) que cubra justamente el haz axial lo que no presenta inconveniente para la observación planetaria ; de este modo puede reducirse la obstrucción a  $1/8$  aproximadamente, lo cual vuelve inútiles las soluciones escabrosas de los espejos empleados fuera del eje.
- Campo reducido ; con las combinaciones clásicas la imagen sólo es perfecta sobre el eje ; para la observación visual, el campo es siempre suficiente como para no constituir un inconveniente, pero hay que tomarlo en cuenta en fotografía.
- Oculares ; con la relación  $f/D = 6$  para obtener fuertes aumentos es necesario emplear oculares de foco muy corto ; por otra parte, la corrección de los oculares simples es insuficiente para un cono de rayos tan abiertos y para obtener buenos resultados es preciso adquirir costosos oculares ortoscópicos ; estos dos inconvenientes son eliminados simultáneamente con la adopción de la combinación Cassegrain, desgraciadamente un poco más difícil de construir por un principiante.
- Agitación de las imágenes ; el más grave por no decir el único defecto práctico. Los remolinos de convección dentro del tubo son muy difíciles de eliminar y es mucho más difícil observar la figura teórica de difracción sobre una estrella que con un telescopio refractor del mismo diámetro y la observación planetaria es igualmente más trabajosa puesto que los momentos utilizables son menos frecuentes. No obstante, en un instrumento de 20 cm de apertura es bastante fácil lograr buenos resultados con la condición de no copiar los modelos clásicos de los constructores o las armazones de los telescopios gigantes.
- Deformaciones térmicas y mecánicas del espejo ; plano focal levemente desplazado e introducción de aberración esférica. En un instrumento chico el efecto es insensible ; para fijar ideas, digamos que en un cierto telescopio Cassegrain de 25,7 centímetros de apertura y 5,5 metros de longitud focal, el paso del

---

<sup>1</sup> Para mayores detalles consultar el estudio de Louis Roy.

**Capítulo 1: Consideraciones generales y proyecto**  
**Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau**  
**Página mantenida por: Jorge López [jorgealm22@yahoo.com](mailto:jorgealm22@yahoo.com)**  
**Visite mi página: [www.geocities.com/jorgealm22](http://www.geocities.com/jorgealm22)**  
**Actualizada el 03-sep-2003**

tornillo micrométrico no ha variado en 1/100 de segundo de arco en un año (La variación diurna es todavía más débil).

- Replateado ; en la ciudad es necesario replatar regularmente cada seis meses los espejos no protegidos (fig. 9). Actualmente el aluminizado elimina esta molestia, puesto que una buena capa, dura normalmente cinco años y conserva su elevado poder reflector durante ese tiempo.

### **1.7 Conclusión práctica : El telescopio estándar.**

Para una revisión general de las curiosidades del cielo, frecuentemente uno se contenta con un pequeño instrumento de menos de 110 mm de abertura, que debe ocasionar el mínimo de preocupaciones a su poseedor ; no cabe duda de que es preferible un telescopio reflector en estas condiciones. Advertimos sin embargo, que un telescopio reflector de 150 milímetros, aun por la mitad de cualquier principiante, es indiscutiblemente superior al telescopio refractor de 110 milímetro de la industria y cuesta como mínimo treinta veces menos.

Es necesario un instrumento más potente para ver detalles interesantes sobre los planetas, seguir débiles estrellas variables, observar las estrellas dobles un poco cerradas, ver convenientemente las nebulosas, etcétera, pero 20 centímetros de abertura para un telescopio refractor es casi impracticable para un particular ; aquel que mide estrellas dobles le dará, sin duda, otra vez la preferencia (a causa de la visión más fácil del falso disco y no debida a la variación de foco del espejo), pero todos los demás elegirán por fuerza un telescopio reflector, que es menos costoso y más fácil de instalar. La relativa facilidad que existe en tallar uno mismo un potente espejo de hasta 50 centímetros de diámetro constituye también un peligro ; es necesario decir por adelantado que si es posible aprovechar cómodamente un espejo de 20 cm con una montura azimutal muy simple pesando en total menos de 20 Kg, un telescopio de 50 cm, en cambio, no puede, razonablemente, evitar una pesada montura ecuatorial y representa en conjunto cerca de una tonelada de mecánica.

La carrera por el diámetro no debe hacer olvidar las limitaciones relacionadas con el peso y dimensiones y, sobre todo, con la calidad de las imágenes que proporcionan las condiciones locales. Es necesario no olvidar jamás que en la ciudad, salvo excepción, es imposible utilizar convenientemente un instrumento de más de 150 milímetros de abertura a través de una ventana. Sobre un balcón común, un telescopio de 200 milímetros representa el máximo práctico ; en un granero provisto de una gran abertura a bastidor rodante, un telescopio de 250 milímetros trabaja ya pocas veces a pleno rendimiento ; para ir más lejos, es necesario una azotea protegida del calor por medio de esteras y que sea bastante firme o, mejor todavía, un amplio espacio bien despejado de toda construcción en medio de un prado cubierto de césped. Pero ahora aparece el problema del resguardo : una ligera cúpula de cinc no protege al instrumento del calor, y una construcción de doble pared resulta cara ; una casilla con techo corredizo no produce remolinos del tipo causado por la abertura clásica, pero la protección contra el viento no es tan buena ; no podemos tratar sino superficialmente todas las dificultades que esperan a aquel que quiere utilizar convenientemente un instrumento de más de 30 cm de abertura.

Tenemos ahora cuanto nos hace falta para elegir las características esenciales del instrumento estándar del aficionado :

- Este será un telescopio reflector que es más fácil de construir y estorba menos que uno refractor de diámetro igual.
- Será del tipo "Newton", más fácil de realizar para un principiante que el modelo "Cassegrain".
- Tendrá 20 centímetros de abertura, buen compromiso general entre la potencia y las dificultades de realización y uso.
- Su abertura relativa  $f/D = 8 \text{ ó } 6$ , según se disponga de un adecuado emplazamiento.
- Su montura será azimutal y del modelo imaginado por A. Couder, puesto que es la más fácil de realizar correctamente con poco gasto para el aficionado.

Capítulo 1: Consideraciones generales y proyecto  
Del libro: El telescopio del aficionado de Jean Texereau  
Página mantenida por: Jorge López [jorgealm22@yahoo.com](mailto:jorgealm22@yahoo.com)  
Visite mi página: [www.geocities.com/jorgealm22](http://www.geocities.com/jorgealm22)  
Actualizada el 03-sep-2003



Fig 10. El telescopio estándar

*Fig. 10 El telescopio estándar*

A partir de éste momento, las indicaciones que daremos se referirán casi especialmente a este modelo, pero todo lo concerniente al trabajo del vidrio es aplicable casi sin cambio a los espejos de 15 a 30 centímetros de diámetro.