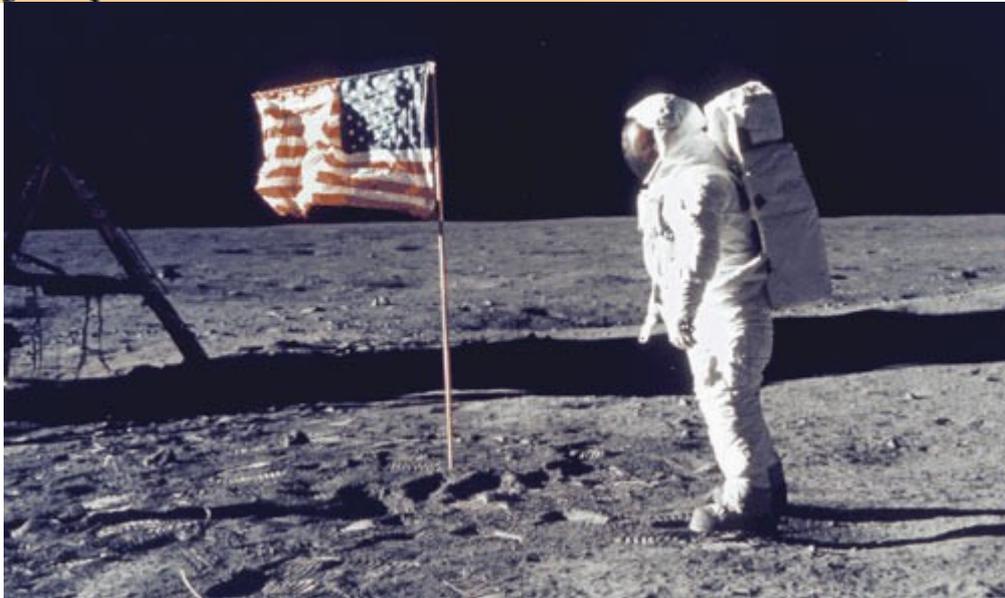
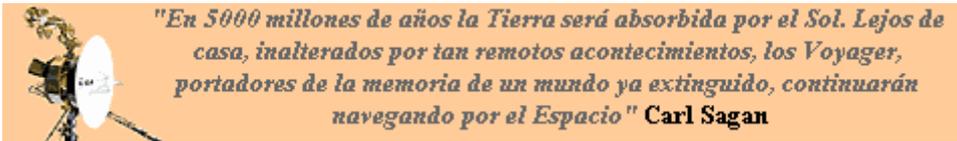


## La "Bandera Lunar"

Francisco A. Violat Bordonau [violat@olanet.net](mailto:violat@olanet.net)



No hace mucho, en una sesión de observación pública, se nos preguntó si sería posible ver la bandera norteamericana plantada en la Luna con un telescopio de 10 m de abertura... Sepamos algo más sobre este tema.

Casi siempre que hacemos salidas nocturnas de observación no suele faltar la persona que le da una patada accidental a la montura del telescopio, quien nos habla sobre "platillos volantes" o incluso aquel padre que nos pregunta, muy excitado, si podemos ver la "bandera norteamericana" plantada sobre la Luna... Le contestamos pacientemente que esto no es factible **con ningún** telescopio terrestre, pero no suele quedar muy convencido de nuestra respuesta y los argumentos usados...

Para determinar cuál es el **tamaño mínimo** que un telescopio sobre la Tierra es capaz de apreciar en la superficie lunar -teóricamente, por supuesto- es preciso conocer primero las distancias lunares extremas (**apogeo** y **perigeo**), para calcular a continuación por trigonometría elemental estos valores angulares extremos.

Debido a la presencia de la Tierra (casi 82 veces más masiva), a la del Sol (más distante pero muchísimo mayor) y a la de los planetas (sobre todo Júpiter), la órbita lunar sufre diversas *perturbaciones periódicas*. Por ello sus distancias extremas a la Tierra oscilan con el tiempo: así en el período 1500-2500 la distancia mínima (**perigeo**) es de 356.371 km en el año 2257, mientras que la máxima (**apogeo**) es de 406.720 km (año 2125); como comparación estos valores en el año 2003 son 357.157 km y 406.529 km respectivamente.

Para determinar cuál es el tamaño angular aparente de la Luna, o cualquier cuerpo en general, podemos aplicar la sencilla fórmula:

Tamaño =  $\text{atn}(\text{diámetro} : \text{distancia}) \times 3.600$

en donde **atn** es el arcotangente -una función trigonométrica (el inverso de la tangente)-, **diámetro** es el tamaño real del cuerpo (3.476 km en el caso de la Luna), **distancia** es la que existe hasta el ojo del observador (ambos valores medidos en las mismas unidades, km en este caso) y **3.600** es una constante que nos transforma el resultado obtenido a segundos de arco

(").

Tomando ahora los valores extremos anteriores ya citados y operando tenemos entonces:

$$\text{Perigeo lunar: } D = \text{atg} (3.476 \text{ km} : 356.371 \text{ km}) \times 3.600 = \mathbf{2.011,81''}$$

$$\text{Apogeo lunar: } D = \text{atg} (3.476 \text{ km} : 406.720 \text{ km}) \times 3.600 = \mathbf{1.762,78''}$$

siendo la diferencia entre estos valores de 249,03" (4,1505'); más tarde los emplearemos por lo cual conviene no olvidarlos. Calculemos ahora el valor del diámetro lunar a la distancia media, tomando ésta igual a 384.403 km:

$$D = \text{atg} (3.476 \text{ km} : 384.403 \text{ km}) \times 3.600 = \mathbf{1.865,12''}$$

en todos los cálculos futuros podemos tomar este valor como bueno dado que es intermedio y, por tanto, más probable que cualquier que los dos anteriores que siempre serán extremos. ➔

**PODER RESOLUTIVO DEL TELESCOPIO** Para determinar el poder resolutivo teórico de un telescopio (independientemente de su tipo, montura o focal) se suele emplear la fórmula:

$$\mathbf{PR} = \mathbf{120} : \mathbf{D}$$

en donde **120** es una constante (otros autores prefieren el valor 122 o incluso el número 115: depende del criterio teórico que se siga) y **D** el diámetro del objetivo medido en milímetros; entre los aficionados este valor suele tomarse como 120 y es el que emplearemos en este trabajo.

Trabajando con la fórmula anterior podemos elaborar una sencilla tabla que nos indique cuál es el ángulo más pequeño que podremos apreciar todavía; la tabla ya terminada queda entonces así:

Abertura	Poder resolutivo
30	mm 4"
50	mm 2,4"
75	mm 1,6"
80	mm 1,5"
100	mm 1,2"
114	mm 1,05"
125	mm 0,96"
150	mm 0,80"
200	mm 0,60"
255	mm 0,47"
300	mm 0,40"
500	mm 0,24"
1.000 mm	0,12"

Como se ve el valor angular (teórico) es más y más pequeño conforme aumenta la abertura; sin embargo no olvidemos que la atmósfera impide bajar de un cierto límite angular debido a la **turbulencia**, siendo 2-3" el valor habitual más reducido: esto quiere decir que si trabajamos con un telescopio de 114 mm de diámetro y con otro de 300 mm de abertura, uno al lado del otro, si la turbulencia mínima es de 3" con ambos veremos *los mismos detalles* hagamos lo que hagamos. ➔ **TAMAÑO LUNAR APARENTE** Podemos determinar cuál es el tamaño aparente de un detalle sobre la superficie de la Luna (medido en *segundos de arco*) sabiendo cuánto mide y a qué distancia está de nosotros: para ello podemos emplear la trigonometría como hicimos antes; otro camino es calcularlo a mano en base a su diámetro ecuatorial aparente.

De este modo, si nos dicen que en un determinado momento el diámetro lunar aparente es de 1.865,12" (p. ej. cuando está a la distancia media de 384.403 km), sabiendo que el diámetro lunar ecuatorial es de 3.476 km basta hacer una sencilla división para conocer la escala angular; de este modo la operación nos queda así:

$$1.865,12'' : 3.476 \text{ km} = \mathbf{0,536570771''/km}$$

o también podemos determinar su valor inverso  
 3.476 km : 1.865,12" = **1,863687055 km/''**

El primer valor nos permite convertir *segundos de arco en km*, mientras que el segundo nos permite *convertir km en segundos de arco* (por ejemplo para decirle a un amigo cuánto medirá el cráter Platón, de 100 km de diámetro, visto con un telescopio); si este segundo valor lo multiplicamos por 1.000 pasamos el valor a **metros**, quedando entonces 1.863,68 metros/''.

Para determinar entonces cuál es el valor del accidente lunar más pequeño que podemos apreciar con el telescopio (medido en km) no tenemos más que multiplicar el dato recién determinado (1,863687055 km/'' ) por el poder resolutivo teórico del telescopio que se emplee: el resultado nos queda siempre en km. Así cuando trabajo con un telescopio de 75 mm de diámetro (poder resolutivo: 1,6'') el accidente lunar más pequeño visible medirá entonces:

1,6'' x 1,863687055 km/'' = **2,981899 km**  
 que equivalen también a 2.981,89 metros.

Con este sistema elaboramos una nueva tabla que nos permite conocer el tamaño lunar de un accidente cualquiera (en km) cuando tenemos la Luna a su distancia media:

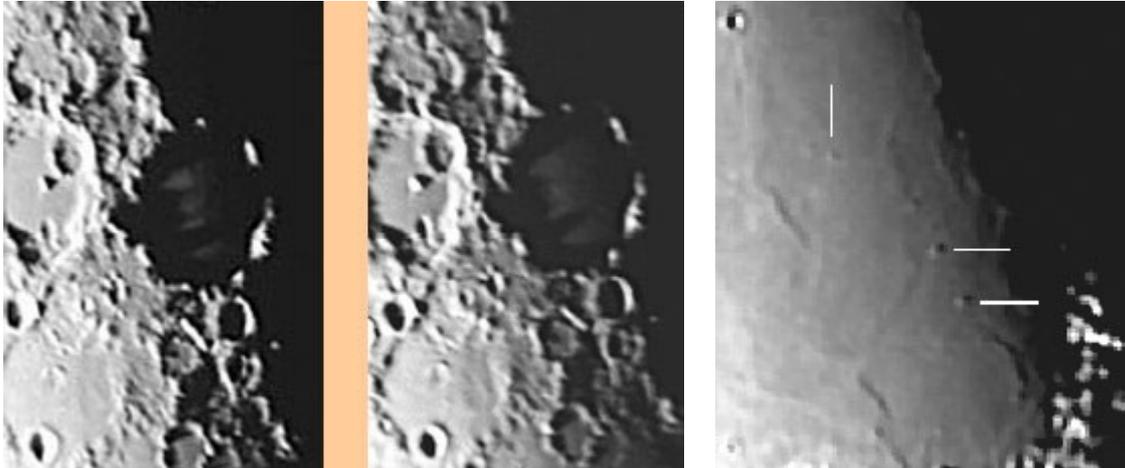
Abertura	P. resol.	T. mínimo (km)
30	mm 4"	7,454748
50	mm 2,4"	4,472848
75	mm 1,6"	2,981899
80	mm 1,5"	2,795530
100	mm 1,2"	2,236424
114	mm 1,05"	1,956871
125	mm 0,96"	1,789139
150	mm 0,80"	1,490949
200	mm 0,60"	1,118212
255	mm 0,47"	0,875932
300	mm 0,40"	0,745474
500	mm 0,24"	0,447284
1.000 mm	0,12"	0,223642

Observemos que para apreciar detalles *inferiores a 1 km* se precisa, siempre teóricamente, una apertura superior a los **250 mm**; notemos también que incluso con un telescopio profesional de 1 m de apertura -no accesible a nuestras observaciones- el detalle lunar más pequeño apreciable todavía es de **223 metros**: lejos de ver la bandera norteamericana o el *módulo lunar* sobre la Luna...

Apurando todavía un poco más podemos elaborar una nueva tabla (sencilla como las anteriores) que nos permita conocer hora cuál es el tamaño más pequeño (*teórico*, limitado siempre por la turbulencia atmosférica) de un detalle lunar cuando la tenemos en sus distancias extremas (perigeo y apogeo) y compararlo con el recién obtenido; dicha tabla nos queda así:

Abertura	P. resol.	T. mínimo (km)	Perig.	Apog.
30	mm 4"	7,454748	6,911	7,887
50	mm 2,4"	4,472848	4,146	4,732
75	mm 1,6"	2,981899	2,764	3,155
80	mm 1,5"	2,795530	2,591	2,957
100	mm 1,2"	2,236424	2,073	2,366
114	mm 1,05"	1,956871	1,814	2,070
125	mm 0,96"	1,789139	1,658	1,896
150	mm 0,80"	1,490949	1,382	1,577
200	mm 0,60"	1,118212	1,036	1,183
255	mm 0,47"	0,875932	0,812	0,926
300	mm 0,40"	0,745474	0,691	0,788
500	mm 0,24"	0,447284	0,414	0,473
1.000 mm	0,12"	0,223642	0,207	0,236

Las dos últimas columnas nos indican cuál es, medido en km, el tamaño de un accidente lunar más pequeño visible, *teóricamente*, con la abertura elegida; para convertir este valor en metros basta con multiplicarlo por 1.000 o simplemente eliminar la coma. Hemos de comentar que este valor sólo alcanzaría **si la atmósfera terrestre no existiese**: en realidad es dudoso que se baje de 0,8-0,9" por lo cual el valor mínimo real siempre suele estar en torno a los 1.600-2.000 metros como mucho, salvo que se trabaje desde lugares de buena visibilidad (turbulencia = 0,3") en cuyo caso se pueden apreciar detalles tan pequeños como **450-500 metros** en buenas condiciones...



Cambios de aspecto en el amanecer lunar, capturados con un catadióptrico de 203 mm de abertura y 2 m de focal.

Cratercillos de 1.200 a 1.500 m de diámetro capturados con luz rasante, en el amanecer (F. A. Violat: SC-203, 2002).

➔ **AUMENTOS A EMPLEAR** Todos los valores ofrecidos anteriormente son *teóricos*; no es posible en la práctica que con unos prismáticos de 50 mm de abertura (y 12 aumentos) podamos apreciar detalles de 4". Como el detalle más pequeño que el ojo humano distingue como *disco* (y no como punto) mide 240" (4 minutos de arco), es necesario que el objeto que tenemos intención de estudiar mida al menos ese tamaño mínimo, por lo cual necesitamos emplear un **aumento** que lo haga mayor angularmente.

Podemos determinar el aumento necesario por medio de la fórmula:

$$\text{Aumento} = \frac{240''}{T}$$

en donde **240''** es una constante (4 minutos de arco) y **T** es el tamaño angular del detalle medido en segundos de arco. De esta manera si queremos ver el disco aparente de Marte -cuando mide 15"- con los prismáticos de 50 mm de abertura, cuyo poder resolutivo teórico es de 4", necesitamos emplear entonces:

$$A = \frac{240}{15''} \rightarrow A = \mathbf{16 \text{ aumentos}}$$

como mínimo y por tanto los prismáticos **no** nos permitirían ver el disco de Marte con comodidad sino un "punto gordo" de color anaranjado. Si deseamos ver sobre la Luna un cratercillo que mide 0,82" necesitaremos emplear entonces:

$$A = \frac{240}{0,82''} \rightarrow A = \mathbf{292 \text{ aumentos}}$$

Dado que el aumento máximo de un instrumento se determina empíricamente como el diámetro del objetivo multiplicado por la constante 2, será necesario utilizar una abertura de al menos 150 mm y precisamente 0,8" es el poder resolutivo teórico de ese instrumento. Para apreciar con un reflector newtoniano de 255 mm de abertura (poder resolutivo teórico 0,47") detalles de 0,5" se necesitan entonces:

$$A = \frac{240}{0,5''} \rightarrow A = \mathbf{480 \text{ aumentos}}$$

que es casi el aumento máximo de este instrumento si la turbulencia de la atmósfera lo permite.

Supongamos que convencemos a un amigo astrónomo profesional ("ese amigo" que todos queremos tener...) para que observe y nos describa la superficie lunar con un telescopio de 10 m de diámetro, trabajando en condiciones inmejorables: ¿qué tamaño llega a observar entonces? El resultado es descorazonador: el poder resolutivo de semejante telescopio es 0,012" y, por tanto, podría ver como máximo detalles de 22,36 m sobre la superficie lunar: lejos todavía del tamaño de la banderita... Incluso suponiendo que lo que vamos a ver es la sombra de la misma (no la propia bandera) y que esta sombra es 3 veces más larga que el mástil que la soporta, sólo podríamos aspirar a ver objetos de 7,5 metros como mucho...

Como hemos demostrado, los aficionados modestos estamos en disposición de observar sobre la superficie lunar detallitos que están en torno a 1-2 km como mucho (cuando trabajamos a nivel del mar o a no mucha altura sobre el mismo: si nos trasladamos a la cima de una montaña seguramente la turbulencia será menor y podremos bajar al poder resolutivo teórico del instrumento), sobre todo debido a la turbulencia atmosférica, instrumental y al estorbo que nos supone la *borrosidad* en los detalles menores. La abertura empleada y el aumento utilizado son también factores a considerar, pero éstos están siempre limitados por la turbulencia de la atmósfera.

Con un buen instrumental y bajo condiciones atmosféricas ideales podríamos llegar incluso a los 500 metros, pero no más abajo: lo cual nos demuestra que no podemos ver ni la bandera norteamericana ni el cercano módulo lunar L.E.M. posado sobre su polvorienta superficie... ➔

#### **RECURSOS EN INTERNET**

<http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/luna.html>

<http://tycho.usno.navy.mil/vphase.html>

<http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>

[http://www.lpi.usra.edu/research/lunar\\_orbiter/](http://www.lpi.usra.edu/research/lunar_orbiter/)

<http://aa.usno.navy.mil/data/>

<http://www.fourmilab.ch/earthview/lunarform/lunarform.html>

[http://www.geocities.com/jpvcedasa/VMA/ES\\_index.html](http://www.geocities.com/jpvcedasa/VMA/ES_index.html)



Ranuras (*rimae*) sobre la superficie lunar:  
Vista de Rima Hyginus (en el centro) y Rima Triesnecker (abajo).

**Sobre los Autores**

**Francisco A. Violat Bordonau**, (40 años) de Cáceres, España, es un destacado astrónomo especializado en Astronomía Planetaria y en observaciones CCD. Desempeña sus actividades en el Observatorio Astronómico de Cáceres, en el Departamento de Fotometría CCD.

Es autor de innumerables notas aparecidas en prestigiosos medios especializados, como "Tribuna de Astronomía", "Astronomía, Astrofotografía y Astronáutica" o "Universo". Su joven hijo, **Víctor Violat Martín**, pese a su corta edad -11 años- desde hace ya varios años viene recorriendo los caminos de los astros...

En la imagen vemos a los autores del artículo (con unos años menos), delante de Titán, un telescopio de 254 mm de apertura con el cual se han efectuado detallados estudios lunares.



© Copyright 2003 Francisco A. Violat Bordonau - Todos los derechos reservados.

Asociación de Variabilistas de España

Asesores Astronómicos Cacereños

Cáceres, España, 01 de Noviembre de 2003.

**Francisco A. Violat Bordonau**

[violat@olanet.net](mailto:violat@olanet.net) / [fviolat@yahoo.es](mailto:fviolat@yahoo.es)

**Víctor Violat Martín**

Asesores Astronómicos Cacereños