

EL GRAN ESPECTÁCULO ASTRONÓMICO DEL 27 DE SEPTIEMBRE DE 2015



GUÍA DE OBSERVACIÓN DEL ECLIPSE TOTAL DE LUNA



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP

Planetario Nacional
Peruano Japonés
"Mutsumi Ishitsuka"



PROGRESO
PARA TODOS

Guía de Observación del Eclipse Total de Luna

El gran espectáculo astronómico del
27 de septiembre de 2015

*Hugo E. Trigoso Avilés, Mario Zegarra Valles,
Adita N. Quispe Quispe y Melchor O. Martinez Rojas*

Planetario Nacional Peruano Japonés “Mutsumi Ishitsuka”
Instituto Geofísico del Perú



Guía de Observación del Eclipse Total de Luna

© Instituto Geofísico del Perú

Autores:

Hugo E. Trigos Avilés

Mario Zegarra Valles

Adita N. Quispe Quispe

Melchor O. Martínez Rojas

Diseño de Carátula y Diagramación: Gab Contreras

Revisión de Texto y Estilo: Mg. María Elena Rafajlovski

Edición: Zlatko Pérez-Luna

Imagen de carátula extraída de: <https://photographylife.com/> - Nasim Mansurov.

ISBN N°: 978-612-4274-11-4

1° edición, septiembre 2015

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-12676

Editado por:

Editora Vuk, SAC.

Calle Las Flores 120 Apt. 302

Lima 12, Perú.

Impreso por:

Corporación Navarrete SA

Carretera Central 759 (Km 2)

Lima 43, Perú

Tiraje: 1,000 ejemplares.

Está prohibida la reproducción total o parcial de esta obra a través de algún medio mecánico, fotoquímico, electrónico o de cualquier otra índole sin previa autorización escrita del Instituto Geofísico del Perú.

Introducción

Esta guía nace como una forma de brindar información básica sobre los eclipses que se producen entre el Sol, la Luna y la Tierra. Se hace énfasis especial sobre el eclipse total de la Luna que muy pronto podremos contemplar y deleitar nuestros sentidos viendo ese espectáculo que la naturaleza nos regala. Describimos los aspectos más resaltantes de un fenómeno astronómico del que muy pronto seremos testigos. El domingo 27 de septiembre de 2015 se podrá ver la Luna llena oscurecerse y cambiar su usual color blanco por uno rojizo.

El eclipse lunar de septiembre será visto en todo el Perú y por ello la información que estamos divulgando será útil en especial para nuestro país. El único problema grave que afectaría ver este fenómeno celeste es la condición atmosférica. Si el cielo está nublado, no podremos ver mucho; también, las luces de las ciudades pueden impedirnos ver los detalles en las etapas previas y posteriores al máximo oscurecimiento de la Luna.

Esta guía tiene tres partes, en la primera describimos brevemente cómo se produce un Eclipse de Luna y de Sol, las características más importantes de la Luna, cómo se producen los eclipses y después procedemos a describir las características del eclipse de este 27 de septiembre.

En la segunda parte, se indica cómo se pueden tomar fotos del eclipse, detallando la óptica de una cámara fotográfica, se entrega la información necesaria para apuntar una cámara fotográfica digital y los cuidados a tener en cuenta para lograr una secuencia de fotos del eclipse.

En la última parte se propone realizar observaciones de un modo coordinado en todo el Perú, ojalá además en varios lugares donde podamos conseguir un cielo limpio.

Invitamos a la comunidad astronómica y en especial a los aficionados en todo el Perú para que se organicen y puedan compartir y disfrutar del eclipse, conociendo cada vez mejor cómo se produce un eclipse. El material de esta guía ayudará a registrar todo lo que se verá durante este fenómeno y servirá para enriquecer la información obtenida. Nos referimos a los tiempos de aparición y ocultación de los cráteres de la Luna por la sombra de la Tierra, los cambios de color de la superficie lunar durante la totalidad del eclipse, usando para ello las plantillas que aparecen en los cuadros 11 y 12 de este documento. Les pedimos enviar los cuadros y si es posible fotos, por medio del correo electrónico planetario@igp.gob.pe.

Pueden comunicarse con nosotros y enviarnos sus sugerencias, fotografías y lo que observaste durante el eclipse, por medio del correo electrónico: planetario@igp.gob.pe o a través de nuestra página web http://planetario.igp.gob.pe/eclipse_lunar.html y enviarnos tus sugerencias, fotografías y lo que observaste durante el eclipse.

Descripción del eclipse en una hoja

Un eclipse total de Luna se produce cuando hay un alineamiento entre el Sol, la Tierra y la Luna, en este orden. Bajo tal configuración, nuestro satélite natural termina atravesando el cono de sombra producido por la Tierra y en consecuencia la Luna deja poco a poco de recibir la luz que antes le llegaba del Sol.

El eclipse lunar de septiembre tendrá una duración de 5 horas, 10 minutos y 41 segundos, y su máximo ocurrirá a las 21:47:07,5 horas (9 de la noche y 47 minutos, hora peruana). Es el segundo eclipse total de Luna del presente año. El anterior ocurrió el 4 de abril y solo pudo observarse durante un breve momento ya que la Luna se ocultó rápidamente por el horizonte oeste.

La Figura 1 muestra el paso de la Luna por el cono de penumbra en color gris y por el cono de umbra en color rojo oscuro, y puedes ver los tiempos de contacto en hora peruana, la virtud de este diagrama es que te da una buena idea de la trayectoria de la Luna dentro de la umbra y penumbra; y los tiempos de cada una de las partes del eclipse.

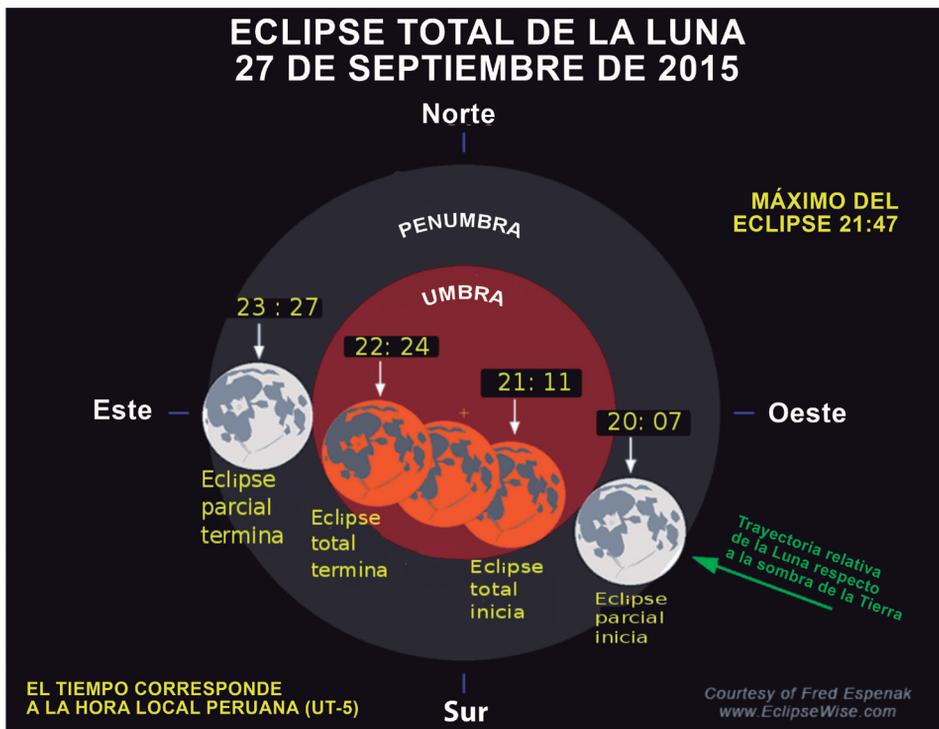


Figura 1: Diagrama de Fred Espenak que muestra el paso de la Luna por la penumbra —umbra—penumbra producida por la Tierra durante el eclipse del 27 de septiembre de 2015, fuente: <http://www.eclipsewise.com/lunar/LEnews/TLE2015Sep28/images/TLE2015Sep28-EDTa.gif>

El inicio de la totalidad se da con el tránsito de la Luna en la zona más oscura de la sombra producida por la Tierra, esto será ocho minutos después de las ocho de la noche, tú lo verás como una pequeña hendidura de oscuridad en el limbo noroeste del disco lunar y lentamente la sombra irá consumiendo a la Luna.

El eclipse total, gran espectáculo astronómico en la primavera 2015 se producirá una hora y tres minutos más tarde. La Luna ingresará a la fase de totalidad, cuando sea alcanzada por la parte más oscura de la sombra terrestre. Una hora cuarenta minutos después de entrar en la zona (21h:48m:18s) el brillo de la Luna alcanza su máxima oscuridad, que corresponde al máximo de la totalidad y dura solo algunos minutos. En ese momento la Luna se habrá tornado más rojiza y podremos distinguir algunas estrellas que normalmente no se pueden apreciar durante la Luna llena.

Cuando el reloj marque las 10 y veinticuatro de la noche en limbo este, nuevamente podrás apreciar el brillo lunar que ves cotidianamente. Lentamente la luna dejara la umbra, como si se desprendiera de un oscuro velo, del que se liberará cerca de media hora antes de la medianoche. Nuevamente podrás distinguir el magnificente brillo de la Luna llena.

En los últimos 15 años —en lo que va de este siglo— hubo cuatro eclipses lunares totales que tuvieron la virtud de mostrarnos todo su proceso. Nos referimos al eclipse lunar del 15 de mayo de 2003, al eclipse lunar del 27 de octubre de 2004, el cual duró casi seis horas, al eclipse lunar del 20 de febrero de 2008 y, asimismo, al eclipse lunar del 14 de abril de 2014, que duró 5 horas y 44 minutos.

Pocas veces tenemos la oportunidad de ver un eclipse lunar total desde que comienza hasta que termina. Por otra parte, el hecho de que el de septiembre se produzca en un horario muy accesible para los niños y todas aquellas personas que deseen disfrutar de la ocasión, permitirá testificar la belleza de este tipo de fenómeno astronómico y conocer mejor el mundo en el que vivimos.

Un vistazo a la Luna

Características generales

La Luna, nuestro satélite natural, nos acompaña desde hace 4 450 millones de años, unos 40 millones de años después de la formación de nuestro planeta. Es el mayor de los satélites planetarios en nuestro sistema solar y se calcula que tiene más de 300 mil cráteres con tamaño mayor a 1 km en la cara que muestra. Su radio es de 1 737,5 km y nos separa de ella una distancia de 384 400 km, lo que equivale a unos 60 radios terrestres.

Esto significa que si la Tierra fuera del tamaño de un puño (10 cm), la Luna sería del tamaño de una moneda de 1 sol (2,7 cm) aproximadamente, separados entre sí por una distancia de 3 metros. El Sol se encontraría a 1 180 metros, con un diámetro de casi 11 metros. En esta imaginaria maqueta, todos los actores tienen dos movimientos bien definidos, uno de rotación y otro de traslación. La rotación permite, en el caso de la Tierra, tener el día y la noche en sucesión. El movimiento de traslación corresponde al movimiento orbital que tiene nuestro planeta alrededor del Sol.

En el caso de la Luna, el periodo de rotación es igual al periodo de traslación en su órbita alrededor de la Tierra, en otras palabras, en la Luna un año lunar es igual a un día lunar. Esto se conoce como rotación sincrónica y explica porqué la Luna siempre nos muestra la misma cara. La Tierra y la Luna se encuentran gravitatoriamente entrelazadas y esto las obliga a moverse alrededor de un punto común denominado baricentro¹. En otras palabras, tenemos una danza de dos cuerpos que se mueven alrededor de su baricentro. En esta danza, la Luna se ha ido alejando y la Tierra va rotando cada vez más lentamente. Es decir, los días y las noches se hacen más largos. Según las mediciones que continuamente se realizan, la Luna se aleja a razón de 3,82cm por año.

El Cuadro 1 muestra las características más resaltantes de la Luna Gira alrededor de la Tierra en la misma dirección que nuestro planeta (de Oeste a Este) con una velocidad orbital media de 1 kms⁻¹. El periodo de revolución de la Luna alrededor de la Tierra se denomina mes sidéreo y es de 27,3 días.

También existe el periodo entre una fase llena y la siguiente, que se llama mes sinódico y dura 29,5 días. La diferencia se debe a que durante cada periodo de la Luna la Tierra avanza 27° en su propia órbita alrededor del Sol. Finalmente, como se desprende de la Figura 4, está también el periodo draconítico, que corresponde al periodo de la Luna desde un nodo (ascendente o descendente) al siguiente nodo del mismo tipo, y que vale 27,21 días.

Hay un número muy especial que se define como la razón (la división) del diámetro solar y la distancia que hay entre el Sol y la Tierra. Es casi igual a la razón que existe entre el tamaño de la Luna y su distancia a la Tierra, aproximadamente

¹Se define como baricentro al centro de masas de varios objetos. Si tomamos el sistema Tierra-Luna, ambos cuerpos orbitan alrededor de un punto que no se encuentra en el centro del objeto más masivo. Este punto se localiza a lo largo de la recta que une ambos centros, a unos 1 710 km por debajo de la superficie de la Tierra.

²Si consideramos un triángulo rectángulo en donde nuestro ojo es el vértice y el ancho de un dedo índice es el cateto opuesto, entonces el cateto adyacente sería la distancia del brazo extendido. Vemos que si apuntamos este triángulo al Sol o a la Luna, ocultamos con el dedo casi perfectamente el Sol o la Luna. El ángulo definido de este modo es muy próximo al tamaño angular del Sol o de la Luna, que corresponde a un ángulo de medio grado sexagesimal.

0,009. Este número dibuja en el cielo un arco de medio grado. A esta magnitud la denominamos tamaño aparente del Sol². El hecho de que el tamaño aparente de la Luna sea muy próximo al tamaño aparente del Sol permite tener eclipses totales de Sol. Si el tamaño aparente de la Luna fuera siempre menor que el del Sol, no habría la posibilidad de tener ese tipo de eclipses.

Cuadro 1: Se muestran algunas características de la Luna. En este esquema, se comparan los valores físicos de la Luna con respecto a los de la Tierra.
Ejemplo: La gravedad superficial de la Luna es 0,166 veces la de la Tierra.

Características de la Luna			
Características Físicas		Características Orbitales	
Radio medio: 1737,5 km	0,273 Tierra	Inclinación a la Eclíptica	5,16°
Densidad media: 3,344 gcm ⁻³	0,607 Tierra	Distancia media	384 400 km
Gravedad superficial: 1,624 ms ⁻²	0,166 Tierra	Mes draconítico	27 días 5 h 5,6 m
Masa: 7,3477x10 ²² kg	0,012 Tierra	Mes sinódico	29 días 12 h 44,0 m
Velocidad de escape 2,38 ms ⁻¹	0,212 Tierra	Mes sideral	27 días 7 h 43,2 m

¿Cómo se produce un eclipse total de Luna?

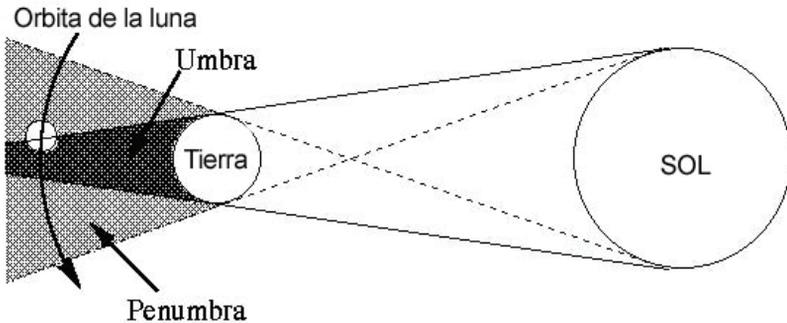


Figura 2: Diagrama que nos muestra la forma cómo la Luna entra en la sombra de la Tierra. Notemos que los tamaños y las distancias no están a escala.

La sombra de la Tierra tiene dos partes, como muestra la Figura 2: la umbra, que es la parte más oscura, debido a que allí la luz solar es totalmente bloqueada por el cuerpo opaco de la Tierra; y la penumbra, que se produce debido a que en ese sector la luz del Sol es solo parcialmente bloqueada.

Un eclipse lunar ocurre cuando nuestro satélite, en su órbita alrededor de la Tierra, ingresa en el cono de la sombra de la Tierra. En ese instante, el Sol, la Tierra y la Luna quedan alineados en dicho orden. Si consideramos el hecho de que la Luna orbita la Tierra una vez cada 27,3217 días (casi un mes) y los eclipses lunares ocurren solo en Luna llena, entonces ¿cómo puedes explicar que no tengamos un eclipse una vez al mes?

La respuesta la obtienes mirando con cuidado la Figura 3. Puedes ver que la órbita de la Luna alrededor de la Tierra no se encuentra en el mismo plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol (denominado plano de la Eclíptica). Se encuentran formando un ángulo de unos 5 grados.

En la Figura 4 puedes ver claramente que durante la fase de Luna llena, nuestro satélite natural en general está ya sea por encima o por debajo del plano de la órbita de la Tierra. La Luna, en consecuencia, no atraviesa la sombra de la Tierra y no se produce un eclipse. Pero de dos a cuatro veces al año, la Luna llena está cerca del eje de los nodos, pasa a través de una parte de las sombras de penumbra o de umbra de la Tierra y se produce uno de los tres tipos de eclipse: total, parcial o penumbral.

Es penumbral si el disco lunar pasa solo por la penumbra, es parcial si cruza la penumbra y parte de la umbra y total si además de cruzar la penumbra, el disco lunar entra totalmente en la umbra.

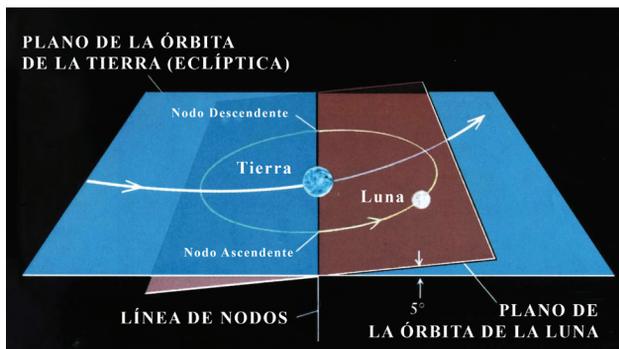


Figura 3: La Luna se encuentra orbitando en el plano de color marrón, el cual corta al plano de la Eclíptica (de color celeste) en una línea llamada eje de los nodos. Hay dos puntos de cruce de la Luna a través del plano de la Eclíptica. El primero es el nodo ascendente, cuando la Luna atraviesa el plano de la Eclíptica del sector sur hacia el sector norte. El otro es el nodo descendente. Fuente: <http://crab0.astr.nthu.edu.tw/~hchang/ga1/f0302-lineofnodes.JPG>



Figura 4: Las dos condiciones fundamentales para que ocurra un eclipse lunar son: a) La Luna debe encontrarse en la fase de Luna llena, lo cual significa que el Sol y la Luna están en oposición con respecto a la Tierra; y b) La Luna debe encontrarse cerca del plano de la Eclíptica, es decir, cerca del eje de los nodos o cerca de los nodos mismos (ascendente o descendente).

Fuente: <http://crab0.astr.nthu.edu.tw/~hchang/ga1/f0302-eclipseyear.JPG>

Alrededor del 35% de todos los eclipses lunares son del tipo penumbral y muy difíciles de detectar, incluso con un telescopio; en este tipo de eclipse la Luna apenas pasa por la penumbra de la Tierra. Otro 30% son los eclipses parciales, que son fáciles de ver a simple vista; en ellos, la Luna pasa por un costado de la umbra. Finalmente, el 35% o menos son eclipses totales. Estos son los eventos extraordinarios.

Ciclo de Saros: Supongamos que hoy hay un eclipse lunar. Por lo explicado, habría Luna llena y se encontraría cerca de un nodo (cerca del eje de los nodos o cerca del plano de la Eclíptica, en otras palabras). ¿Cuándo volveríamos a tener circunstancias similares, para tener un nuevo eclipse lunar? Dentro de un mes sinódico, cuando tengamos una nueva Luna llena, la Luna no se encontrará necesariamente cerca de un nodo, ya que para ir de nodo a nodo idéntico se necesita que pase un mes draconítico, que es diferente de un mes sinódico.

Para tener otro eclipse lunar muy similar tendrías que esperar una cantidad de días igual a un número entero de meses sinódicos o a un número entero de meses draconíticos. Esto corresponde a 242 meses draconíticos o 223 meses sinódicos, los que constituyen un periodo de 6 585 días, que es igual a 18 años y 11 días aproximadamente, y se conoce como el ciclo de Saros³. Este ciclo era, casi con certeza, conocido por los antiguos babilonios y posiblemente fue usado por Tales de Mileto cerca del año 585 a. C., para pronosticar eclipses.

Las Tétradas Lunares: Los eclipses lunares de 2015 son los dos últimos de cuatro eclipses totales consecutivos de Luna. A una serie como esta se la conoce como tétrada. Dentro de cada tétrada, un eclipse está separado del siguiente por seis meses sinódicos. Schiaparelli fue el primero en encontrar que la frecuencia de las tétradas es cíclica, con un periodo de aproximadamente 600 años. En el Cuadro 2 puedes ver las ocho tétradas de eclipses totales de Luna del siglo XXI.

Cuadro 2: Las ocho tétradas de eclipses totales de Luna del siglo XXI. Las fechas que están en negrita son eclipses totales de Luna visibles desde el Perú, aunque no necesariamente de principio a fin.
Fuente: Observer's Handbook 2015, Royal Astronomical Society of Canada.

Tétradas de eclipses totales de Luna para el periodo 2000-2100				
Primera	15/may/2003	09/nov/2003	04/may/2004	27/oct/2004
Segunda	14/abr/2014	08/oct/2014	04/abr/2015	27/sep/2015
Tercera	25/abr/2032	18/oct/2032	14/abr/2033	08/oct/2033
Cuarta	25/mar/2043	18/sep/2043	13/mar/2044	07/sep/2044
Quinta	06/may/2050	29/oct/2050	25/abr/2051	19/oct/2051
Sexta	04/abr/2061	29/sep/2061	24/mar/2062	18/sep/2062
Séptima	04/mar/2072	28/ago/2072	22/feb/2073	17/ago/2073
Octava	15/mar/2090	08/set/2090	05/mar/2091	28/ago/2091

En el presente siglo, desde el 2001 hasta el 2100, ocurrirán 228 eclipses de Luna. De este total, 86 serán penumbrales, 57 parciales y 85 totales. En el Cuadro 3 se ha escogido los 16 eclipses totales perfectos, que te permitirán ver toda la fase parcial y

³Si desea conocer más sobre este cálculo, puede buscar el libro "Astronomía Recreativa" Escrito por Yakov Isidorovich Perelman, editado por: Create Space Independent Publishing Platform (Abril 25, 2015), ISBN-10: 151189430X, ISBN-13: 978-1511894302

total. El más largo de los eclipses tendrá lugar el 25 de junio del año 2029, se iniciará a las 19:35 y terminará a las 01:10 del día siguiente, es decir 5 horas y 35 minutos. Observarás que hay una diferencia entre el valor del máximo de la totalidad del eclipse calculado por la NASA y el calculado por el MICA versión 2.2.2 desarrollado por U. S. Naval Observatory, del orden menor a un minuto.

Cuadro 3: Lista de los 16 eclipses totales de Luna perfectos para ser observados desde el Perú.
Fuente: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JLEX/JLEX-SA.html>

Próximos 16 eclipses perfectos totales de Luna observables desde el Perú, para el periodo 2015-2099				
	Fecha	Magnitud penumbral	Magnitud umbral	Máxima Totalidad hora peruana
01	27/sep/2015	2.230	1.276	21:47
02	20/ene/2019	2.168	1.195	00:12
03	15/may/2022	2.373	1.414	23:11
04	25/jun/2029	2.827	1.844	22:22
05	06/ago/2036	2.527	1.454	21:51
06	18/sep/2043	2.243	1.256	20:50
07	11/ene/2047	2.265	1.234	20:25
08	29/oct/2050	2.034	1.054	22:20
09	25/abr/2051	2.277	1.202	21:15
10	29/nov/2058	2.480	1.426	22:14
11	24/mar/2062	2.291	1.270	22:32
12	29/oct/2069	2.424	1.462	22:33
13	16/jun/2076	2.755	1.794	21:37
14	28/sep/2080	2.297	1.244	20:50
15	28/julio/2083	2.452	1.477	20:03
16	20/oct/2097	2.015	1.010	20:28

Características del eclipse total de Luna del 27 de setiembre de 2015

El eclipse que verás corresponde a la serie de Saros 137. En esta serie que ya se inició, los eclipses lunares ocurren cuando la Luna está en el nodo descendente y se repiten cada 18 años, 11 días y 8 horas. Este ciclo cuenta con 78 eclipses: 35 eclipses penumbrales (44,87 %), 15 parciales (19,23 %) y 28 totales (35,90 %). Se inició el 17 de diciembre de 1564 y terminará el 20 de abril del año 2953.

En la primera columna del Cuadro 4 observarás el estado que le corresponde a la Luna; la segunda y tercera columnas te muestran el momento en el que se producirá la referida fase del eclipse del 27 de setiembre. Las etiquetas P1, U1, U2, etc., se encuentran en el diagrama del eclipse de la Figura 5.

Finalmente, las dos últimas columnas te indican la posición aparente de la Luna en términos de acimut y elevación. Estos valores fueron calculados suponiendo que estuvieras en la Plaza Mayor de Lima. Para las otras ciudades del Perú, los tiempos del eclipse son los mismos pero las posiciones aparentes tienen una pequeña variación: mientras más te alejes de Lima, cambiarán un poco más.

Las características más importantes del próximo eclipse se encuentran sintetizadas en el Cuadro 4 y en la Figura 5. Será visible desde las siguientes regiones geográficas: Pacífico oriental, América, Europa, África y Asia occidental. El instante de mayor ocultación será el 27 de setiembre a las 21:47:07,5 horas. La Luna alcanzará el perigeo (distancia más corta a la Tierra) a las 20:47 horas, por lo que la Luna será un 12,9% mayor que el tamaño que lució en el eclipse total del 4 de abril. Tendremos una luna más brillante y de mayor tamaño que en otros eclipses.

Cuadro 4: Se muestra el instante y la posición aparente de la Luna de cada uno de los contactos del eclipse. El resultado aquí mostrado fue calculado por medio del Multi Year Interactive Computer Almanac MICA 2.2.2

Fenómeno por Observar desde la ciudad de Lima	Tiempo Local		Posición Aparente	
	Fecha	Hora	Elevación	Acimut
Orto de la Luna	27/septiembre/2015	17:52:00	0°	89°0'
Luna entra en la penumbra (P1)	27/septiembre/2015	19:10:24	17°36'	84°48'
Luna entra en la umbra (U1)	27/septiembre/2015	20:06:54	30°48'	81°0'
Luna entra en la totalidad (U2)	27/septiembre/2015	21:10:42	45°36'	74°54'
Máximo del eclipse	27/septiembre/2015	21:47:06	53°54'	69°48'
Luna sale de la totalidad(U3)	27/septiembre/2015	22:23:36	61°48'	62°6'
Luna sale de la umbra (U4)	27/septiembre/2015	23:27:24	73°12'	33°12'
Luna en la meridiana	27/septiembre/2015	00:05:00	76°0'	0'
Luna sale de la penumbra (P4)	27/septiembre/2015	00:23:54	74°54'	341°30'
Ocaso de la Luna	27/septiembre/2015	06:15:00	0°	273°0'

Cuadro 5: Se muestran las características más relevantes del eclipse.
Los datos fueron calculados por Espenak (<http://eclipsewise.com/eclipse.html>).

CARACTERÍSTICAS DEL ECLIPSE TOTAL DE LUNA DEL 27 DE SEPTIEMBRE DE 2015		
Descripción	Resultado	Comentario
Hora del máximo del eclipse	21:47:08	Tiempo Local
Diámetro del Sol durante el máximo	31,92'	Tamaño aparente del Sol
Diámetro de la Luna durante el máximo	33,483'	Tamaño aparente de la Luna
Radio de la umbra	46,242'	Durante el máximo
Radio de la penumbra	78,162'	Durante el máximo
Magnitud de la umbra	1,2764	Durante el máximo
Magnitud de la penumbra	2,2296	Durante el máximo
Duración del eclipse penumbral	5hs 10min 41seg	
Duración del eclipse umbral	3hs 19min 52seg	
Duración de la totalidad	1h 11min 55seg.	

Durante el eclipse, la Luna estará en la constelación de Piscis. Dos semanas antes hubo un eclipse solar parcial, a ocurrir (el 13 de septiembre). La Figura 5 muestra un mapa de la Tierra; las zonas más claras representan los lugares donde se verán todas las fases del eclipse; mientras que las zonas más oscuras señalan los lugares donde no se visualizará. Las regiones en tono gris representan las zonas donde se verá parcialmente, sea el eclipse en curso, o durante el orto o el ocaso occidental.

El lugar donde se observa el asterisco indica el lugar en la Tierra desde donde se verá la Luna durante el máximo del eclipse en el cenit, que es el instante de mayor ocultación, 09:47:09 Hora Peruana.

Este lugar tiene las coordenadas de 01° 32,1' de latitud norte y 43° 58,0' de longitud oeste; se encuentra sobre el Océano Atlántico cerca de la ciudad de Belem, Brasil. En dicho momento, la mitad norte de la Luna aparecerá mucho más oscura que la mitad sur, ya que estará más profundamente sumergida en la umbra.

Observa en la primera columna, el estado que le corresponde a la Luna; la segunda y tercera columna, muestran el momento en que se producirá la referida fase del eclipse por observarse. Las etiquetas P1, U1, U2, etc., se encuentran en el diagrama del eclipse que de la Figura 5.

Finalmente, las dos últimas columnas indican la posición aparente de la Luna en términos de acimut y elevación, estos valores, como ya se dijo, se calcularon suponiendo que estuvieras en la Plaza Mayor de Lima.

Los datos de la posición aparente de la Luna (las dos últimas columnas), se describen por medio del azimut y elevación. Mayores detalles sobre este sistema de coordenadas los encontrarás en la última parte de esta guía. Con el fin de facilitar la lectura del Cuadro 4 y la Figura 5, conviene aclarar los siguientes términos:

Orto de la Luna. Desde la Tierra, se denomina orto el momento que 'aparece' el astro por el horizonte; la dirección exacta por donde sale se mide por medio del ángulo denominado acimut. En este caso le corresponde el valor de 89°.

Eclipse Total de Luna del 27 de setiembre del 2015

Máximo del Eclipse = 21:47:08

Magnitud Penumbral = 2,22296 Radio penumbral = 1° 18' 10"
 Magnitud Umbral = 1,2764 Radio umbral = 46' 14,5"

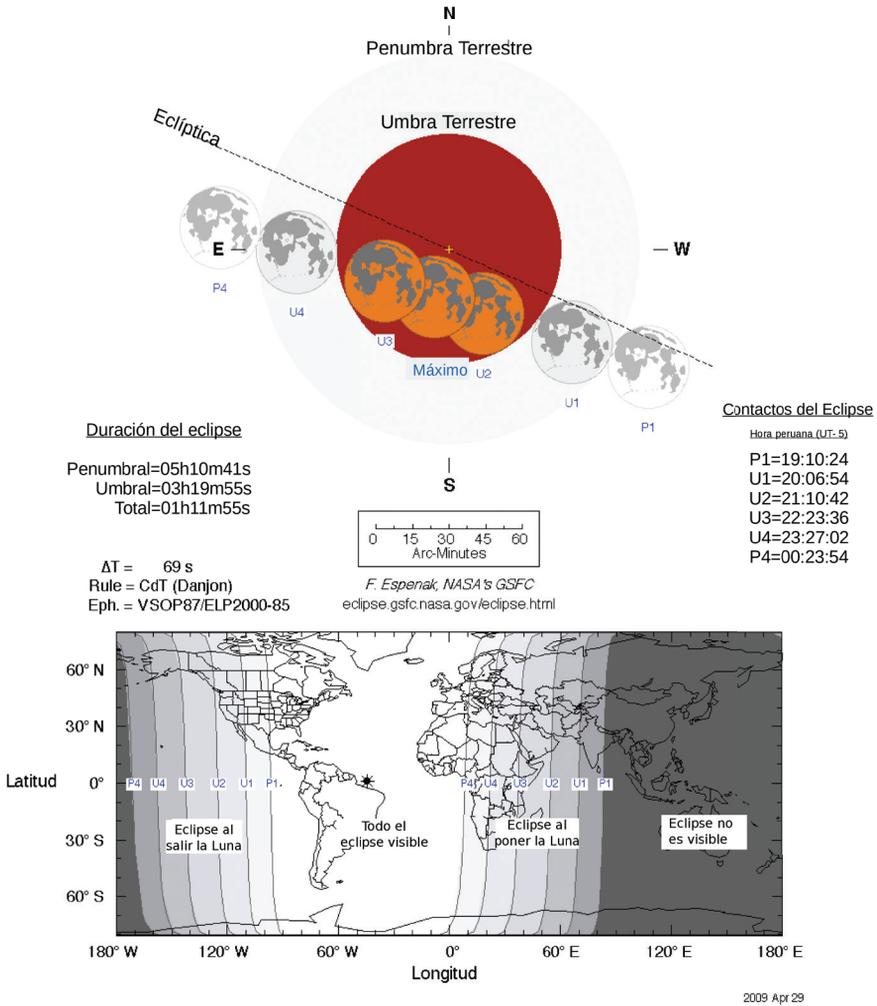


Figura 5: Diagrama que nos muestra el pasaje de la Luna a través de la sombra de la Tierra, visto desde la Tierra, durante el eclipse total de Luna del 27 de setiembre de 2015.
 (Fuente: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEplot/LEplot2001/LE2015Sep28T.pdf>)

Entrada a la Penumbra (P1). Se define como el instante cuando el disco lunar al entrar en la zona del eclipse, toca tangencialmente el borde exterior de la Penumbra. Se inicia la parte penumbral del eclipse.

Entrada a la Umbra (U1). Se define como el instante cuando el disco lunar al entrar en la zona del eclipse, toca tangencialmente el borde exterior de la Umbra. Se inicia la parte umbral del eclipse; que se denomina también como la fase parcial del eclipse.

Entrada a la Totalidad (U2). Se produce cuando el borde del disco lunar toca el interior de la Umbra. Se inicia la totalidad del eclipse lunar.

El máximo del eclipse. Se produce cuando la Luna atraviesa la zona más oscura de la umbra terrestre.

Sale de la Totalidad (U3). Se produce cuando al salir el borde del disco lunar toca el interior de la Umbra. Finaliza la totalidad del eclipse.

Sale de la Umbra (U4). Se define como el instante cuando el disco lunar saliendo, toca la el borde externo de la Umbra. Finaliza la parte umbral del eclipse.

La Luna en el tránsito. La Luna en ese momento cruza el meridiano celeste, es decir, la Luna en ese momento se encuentra en el punto más alto.

Sale de la Penumbra (P4). Se define como el instante cuando el disco lunar saliendo, toca el borde exterior de la penumbra. Finaliza la parte penumbral del eclipse.

Ocaso de la Luna. Es el instante cuando la Luna ‘desaparece’ por el horizonte y el ángulo de acimut se mide del mismo modo, En este caso le corresponde un ángulo de 273° .

Cambios de color de la Luna

Uno de los aspectos más interesantes en un eclipse lunar es el cambio de color del disco lunar conforme entra en la umbra producida por la Tierra.

En realidad, la fase penumbral no es tan espectacular como la fase de totalidad. Podría creerse erróneamente que la Luna se oscurecerá completamente durante la totalidad del eclipse, pero ocurre que la atmósfera de nuestro planeta refracta la luz solar en la sombra umbral, por lo que incluso en el máximo del eclipse, la Luna estará iluminada, aunque débilmente. Recuerda que las capas más profundas de la atmósfera terrestre son las responsables de la refracción de la luz blanca que viene de la fotosfera solar, produciendo que la parte roja (o componente de mayor longitud de onda) de la luz solar cambie de dirección (se refracte) hacia adentro, generando un efecto parecido al que ves cuando observas una puesta de Sol.

Si estuvieras en la Luna, lo que verías sería un eclipse total de Sol. La Tierra cubre el brillante disco solar con un disco 3,5 veces más ancho que el del Sol, lo que corresponde al tamaño aparente de nuestro planeta visto desde la Luna. La corona interior del Sol queda oculta pero la ondulante corona exterior resultaría impresionantemente brillante. También se apreciaría la parte más interna de la atmósfera terrestre como un brillante halo, como un anillo de color rojo. De un eclipse a otro, la apariencia de la Luna puede variar considerablemente. Ello se debe a que la geometría de la trayectoria de la Luna a través de la umbra no siempre es la misma.

Por otro lado, está el importante efecto de los procesos de refracción de la luz del Sol con la atmósfera. Las partículas sólidas que se encuentran flotando en ella (cenizas volcánicas, restos orgánicos, polvo, etc.) producen el efecto de filtrar y atenuar la luz del Sol, antes de ser refractada hacia la umbra. Un detalle adicional a tener en cuenta es que, cuando hay mucha actividad volcánica, grandes cantidades de ceniza son lanzadas a la atmósfera. Cuando ello ocurre, el rostro de la luna permanece de un color rojo oscuro por varios años, aunque esto solo sería observable durante la totalidad de un eclipse

El astrónomo francés A. Danjon, en 1920, propuso una escala muy usada para evaluar la apariencia y brillo de la Luna durante los eclipses totales. Los valores para las luminosidades de la Luna durante los eclipses son definidos como sigue (ver el Cuadro 6): El valor de “L” puede estimarse a simple vista, con binoculares o pequeños telescopios. También es útil examinar la apariencia de la Luna justo inmediatamente después del comienzo, y antes del fin de la totalidad del eclipse, ya que la Luna se encuentra en ese momento cerca del borde de la sombra de nuestro planeta y nos da la oportunidad de evaluar adecuadamente la umbra externa.

Cuadro 6: Escala de brillo de Danjon. Fuente: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/OHres/Danjon.html>

Escala de brillo de Danjon	
L = 0	Eclipse muy oscuro. La Luna es prácticamente invisible, especialmente en la totalidad del eclipse.
L = 1	Eclipse oscuro. Coloración gris o marrón. Detalles solo distinguibles con dificultad.
L = 2	Coloración rojiza oscura, con la zona central de la umbra muy oscura y las zonas exteriores relativamente brillantes.
L = 3	Eclipse rojizo, usualmente con colores amarillos en el borde de la umbra.
L = 4	Coloración rojiza brillante o naranja con tonos azulados muy brillantes en el borde de la umbra.

Futuros eclipses de Sol para el presente siglo

Durante el siglo XXI, desafortunadamente no tendremos un eclipse total de Sol que cruce por la parte central a nuestro territorio. Solo habrá un eclipse total que será visible en los departamentos de Tumbes y Loreto el 11 de mayo del año 2059. En la ciudad de Tumbes la totalidad del eclipse durará 1m:32s y el máximo será a las 15:22:48, hora local.

En el periodo 2015-2020 habrá dos eclipses totales que cruzarán Chile y Argentina, nos referimos a los del 2 de julio del 2019 y el 14 de diciembre del 2020.

En el periodo del 2021-2040 tendremos el eclipse total del 8 de abril del 2024, que cruzará México y Estados Unidos. En América del Sur habrá seis eclipses anulares, de ellos el del 26 enero de 2028 que pasará por Tumbes y Loreto, por Ecuador, Brasil, Surinam, cruzará el Atlántico y terminará en España y Portugal.

En el periodo del 2041-2060 tenemos tres eclipses totales con trayectorias que cruzarán América del sur, el 12 de agosto del 2045 pasará por la parte sur de Estados Unidos, Haití, República Dominicana, Venezuela, Guayana Francesa, Guayana, Surinam y la parte noreste de Brasil. El siguiente eclipse total será 5 de diciembre del 2048, pasará por Chile, Argentina, cruzará el Atlántico y luego Namibia, para terminar en Botsuana.

El 31 de mayo de 2049 un eclipse anular cruzará Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guayana. Luego el Atlántico y pasará por Senegal, Mali, Burkina Faso, Ghana, y Nigeria.

El siguiente eclipse anular será el 12 julio de 2056, pasará por Pacífico central, Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. En el lado peruano lo hará justo por la frontera entre los departamentos de Loreto y Colombia.

En el periodo 2061-2080 habrá cuatro eclipses totales y cuatro anulares. De todos ellos solo el eclipse anular del 11 de junio de 2067 pasará por Ecuador y Perú en el departamento de Loreto.

En el periodo 2081-2100 solo habrá cuatro eclipses anulares que pasan por Sudamérica, de todos ellos, el del 27 de febrero de 2082 cruzará la parte central del territorio peruano. Es decir pasará por los departamentos de Cajamarca, La libertad, Ancash, San Martín, Huánuco, Pasco, Ucayali y Loreto. Luego atravesará Brasil, Surinam, Guayana, cruzará el Atlántico para llegar a Portugal, España, Francia, Italia, Alemania y Austria.

Si deseas ver algunos de estos eclipses gráficamente, puedes hacerlo en la siguiente dirección de la NASA: <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JLEX/JLEX-SA.html>. Un ejemplo de los eclipses solares del periodo 2041-2060 se muestran en la Figura 6.

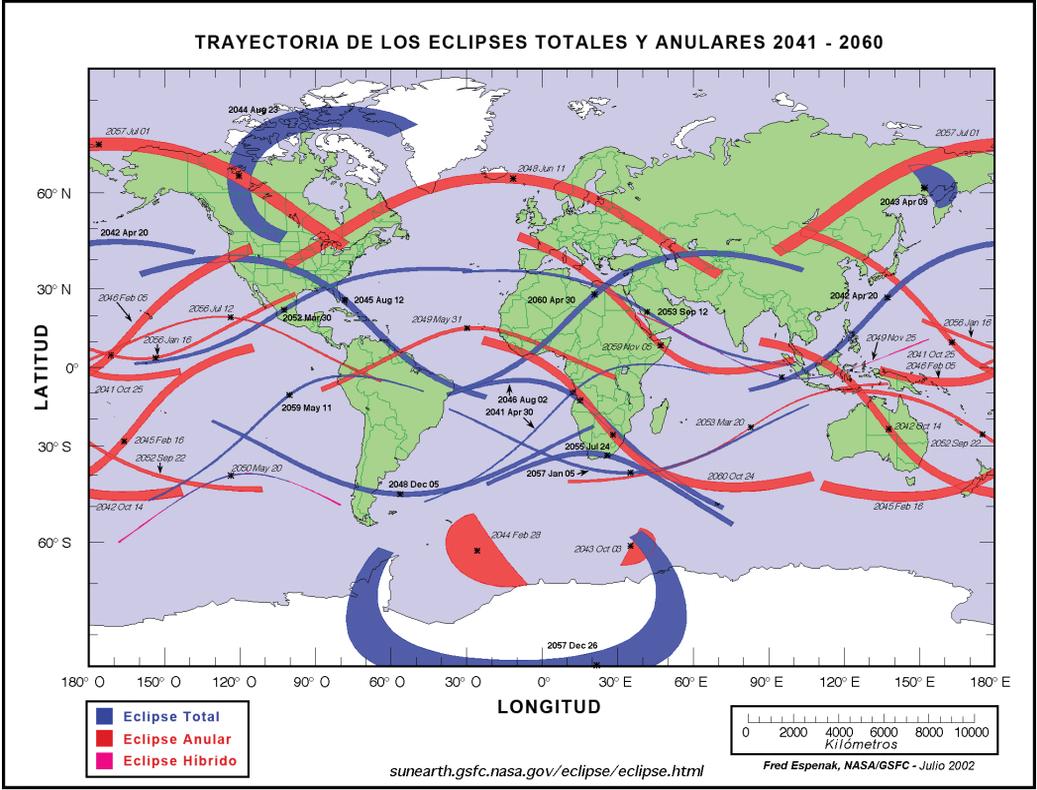


Figura 6: mapa con los eclipses solares de 2041-2060. De todos ellos solo el eclipse del 11 de mayo del año 2059, el único eclipse total que será visible en el Perú pasa por los departamentos de Tumbes y Loreto.
 Fuente : <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JLEX/JLEX-SA.html>

Consejos para lograr un testimonio gráfico del eclipse

Resumen del Eclipse a Fotografiar

Un eclipse de Luna es un fenómeno que puede verse directamente sin necesidad de filtros, fotografiarlo es muy fácil y puede ser divertido, a diferencia de los eclipses del Sol que para ser observados requieren usar filtros especiales para proteger sus ojos o la cámara.

Fotografiar el astro más cercano a nuestro planeta es una actividad interesante, también puede ser amena y divertida. Usted puede poner a prueba su habilidad de fotografiar el eclipse de Luna, muy pronto, en la noche del 27 de setiembre del presente año podremos contemplar la belleza de un eclipse y dejar un testimonio gráfico de este fenómeno astronómico. Si usted desea conocer más sobre este maravilloso fenómeno que se viene, puede leer la primera parte de la presente guía.

En esta parte del documento vamos a presentar sugerencias para lograr buenas fotografías del eclipse total de Luna, describir ciertos términos de óptica y fotográficos y sugerir algunos consejos que pueden ser útiles para lograr buenas fotografía del eclipse.

Esta experiencia de retratar la Luna puede iniciarte en el interesante hobby: que es el arte de fotografiar a las estrellas, y de vez en cuando algún furtivo cometa, a los planetas más cercanos e incluso a nuestro Sol.

Un poco de óptica

El ojo humano, al igual que las cámaras fotográficas o un telescopio refractor, siguen básicamente el mismo principio. Un lente captura la luz necesaria y genera la imagen según el diagrama de la figura 7, un lente convergente ideal donde f representa la distancia focal al punto donde convergen todos los rayos de luz que vienen paralelamente al eje óptico, entonces según el diagrama, la luz del objeto que se encuentra a la izquierda, va a generar su imagen que se encuentra a la derecha, que está invertida y al revés.

Existen dos ecuaciones que permite calcular sus características:

$$\frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} = \frac{1}{f}$$

La primera muestra la relación entre el objeto y su imagen, donde D_o y D_i son las distancias del objeto al lente y de la imagen a lente, como se muestra en la figura 7 y f es la distancia focal.

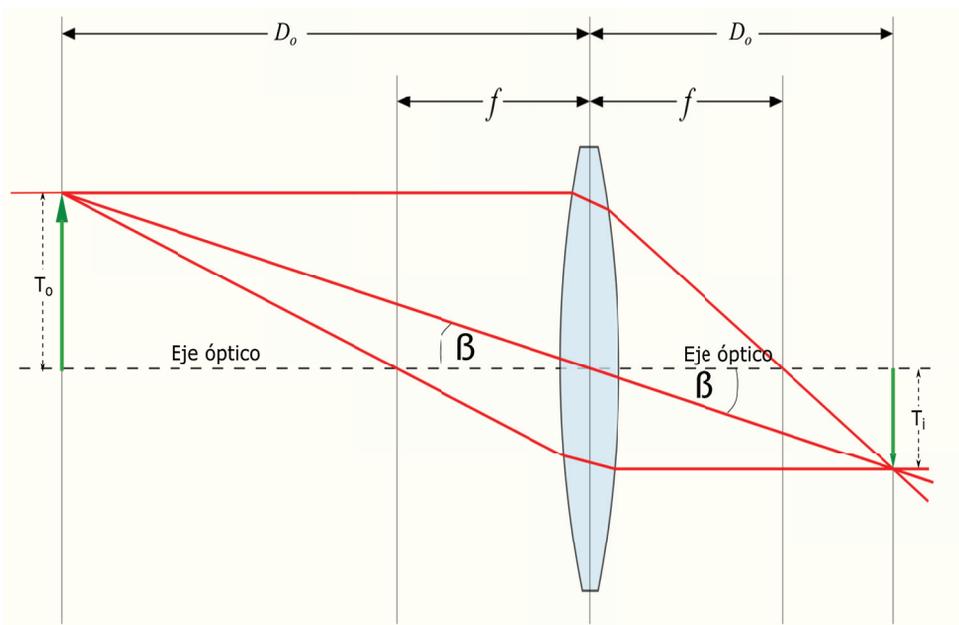


Figura 7: Diagrama que nos muestra la forma cómo se forma la imagen del objeto que se encuentra a la izquierda, y a la derecha tenemos su imagen invertida y al revés

La ampliación m es la relación entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto, si definimos T_o y T_i los tamaños del objeto y la imagen, entonces la segunda ecuación define la ampliación:

$$m = \frac{T_i}{T_o} = \frac{D_i}{D_o}$$

Si queremos que el tamaño de la imagen sea igual al tamaño del objeto entonces la distancia del objeto al lente debe ser igual a la distancia de la imagen al lente, esta distancia será igual al doble de la distancia focal f , como se ve en la ecuación 1:

$$T_i = T_o \implies D_i = D_o = 2f \quad (1)$$

$$D_o \geq D_i \implies T_o \geq T_i \quad (2)$$

$$\frac{f}{D_o} \approx 0 \implies D_i \approx f \quad (3)$$

Para un refractor donde el tipo de lente es convergente, la segunda relación (ecuación 2), resulta muy útil en el sentido que si la distancia del objeto al lente D_o es mayor que la distancia de la imagen al lente D_i significa que el tamaño de la imagen T_i es menor que el tamaño del objeto T_o .

Si el objeto está muy lejos del lente (ecuación 3), entonces la imagen estará casi a la distancia focal del lente, esta es la geometría que usamos en los instrumentos para fotografiar la Luna, planetas, etc. Si bien en la figura 7 vemos que el ángulo β ,

formado por el eje óptico del lente con respecto al objeto, es igual al ángulo que forma la imagen con respecto al mismo eje óptico. El tamaño de la imagen es proporcional a la distancia focal f .

Si el objeto tiene un tamaño T (grados de arco), y la distancia focal es f (en mm), entonces el tamaño de la imagen T' en el plano donde se forma la imagen (denominado plano focal primario), será igual a:

$$T'(mm) = T.f.(0,01745) = \frac{T.f}{57,3}$$

Donde T' es el tamaño de la imagen en milímetros. Puedes usar esta fórmula del siguiente modo: Si el objeto fuera la Luna, con tamaño (T) de medio grado de arco, y nuestro ojo tiene en promedio una distancia focal (f) de 25 mm, entonces el tamaño de la imagen será:

$$T' = (0,5)(25)(0,01745) = 0,22mm.$$

Si f fuera igual a 1000 mm (un telescopio) entonces $T' = 8.73$ mm. De acuerdo con lo visto, puedes fotografiar un objeto tan grande como la Luna o el Sol en todo su tamaño si estás lo suficientemente lejos del objeto. Consideremos el caso de la imagen de la Luna. Cuando la vemos directamente, el tamaño en nuestra retina es de 0.22 mm, y se pueden observar sus detalles, debido a que las células que se encuentran en la retina (conos y bastones) lo permiten. Si las células de la visión fueran más pequeñas y más densas, la resolución de nuestro ojo sería mayor. Es decir, podríamos ver con mayor detalle. Esta característica está presente en cualquier sistema óptico tratando aquí.

Los sensores tipo CCD o la emulsión fotográfica, al igual que la retina, se encuentran en el plano focal primario.

En resumen, la fotografía astronómica permite jugar con las imágenes objeto de estudio tomando en cuenta el tamaño del lente, su distancia focal, y por otro lado contamos con dispositivos que permiten convertir la imagen a un formato susceptible de ser guardado. En el caso de un arreglo CCD, por "chip en una cámara digital", si consideramos que el tamaño de cada elemento del chip, denominado pixel, es igual a 10 micras, y tenemos mil pixeles a lo largo y ancho del chip, que tiene forma cuadrada, tenemos una matriz de un millón de pixeles, en un chip de 10 mm x 10 mm.

Si la imagen de la Luna cubre un tamaño de 10 mm de diámetro (para una distancia focal de 1146 mm) en una longitud de arco de 30 minutos, tenemos que la densidad será 3 minutos de arco por mm, o 0.003 minutos de arco por micra, que es lo mismo que 0.18 segundos de arco por micra, entonces como el pixel es de 10 micras, tenemos una resolución máxima de 1.8 segundos de arco. En la luna esto corresponde a 2.6 km/pixel. Esto significa que las estructuras en la Luna menores a 2.6 km los veremos como parte de objetos mayores.

Ahora tenemos la relación que existe entre la distancia focal y el tamaño del lente. Mientras más grande sea el tamaño del lente, el área de colección será cuadráticamente proporcional al diámetro del lente. Por otro lado mientras mayor sea la distancia focal d del lente, el brillo de la intensidad de la imagen disminuye cuadráticamente. Entonces tenemos una relación denominada el número f (f /stop) como un número adimensional que es la razón entre la diámetro del lente (que de aquí en adelante lo llamaremos abertura del objetivo) y la distancia focal. Podemos decir que un lente con un f / menor es más transparente y generalmente se usa la siguiente notación si por ejemplo nuestro objetivo es de 10 mm y la distancia focal f es de 20 mm entonces tenemos un sistema óptico de $f/2$.

Un detalle muy importante es que el lente que imaginamos “estar usando”, es perfectamente transparente, los lentes reales absorben una cantidad de luz, lo que debemos tomar en cuenta. Entonces, decimos que un lente es más luminoso que otro de las mismas dimensiones, si deja pasar más luz que el otro. En las cámaras fotográficas tienen un mínimo valor de f /, por ejemplo $f/2$, que es un objetivo más opaco que un $f/1.2$. Como puedes ver en un lente marca Nikon, la mínima abertura es de $f/22$ y la máxima abertura $f/2$.



Figura 8: Fotografía de una cámara Nikon, donde se ve la escala de f / que varía de 22 a 2, donde $f/2$ que es el valor de la máxima transparencia cuando el diafragma está totalmente abierto, es decir deja pasar mayor cantidad de luz y $f/22$ cuando reducimos el diafragma tenemos la mínima cantidad de luz

Toda cámara fotográfica usa film o el sistema CCD para registrar la imagen. Como nuestra retina tiene una sensibilidad dada, para lograr la mejor fotografía necesitamos la cantidad de fotones que puedan generar la mejor imagen. Imagina que la luz que llega a la cámara es una lluvia de fotones, para formar la imagen necesitas una cierta cantidad de fotones, para lograr esto debes mantener el lente abierto durante un periodo de tiempo dado, hasta lograr esa cantidad de fotones.

A este periodo de tiempo lo denominamos tiempo de exposición o tiempo de integración. Si deseas mantener el tiempo de integración, entonces necesitas cambiar la abertura del objetivo, si deseas mantener la abertura fija, debes variar el tiempo de integración. En el caso del ojo humano el tiempo de integración aproximadamente es de 2,5 centésimos de segundo y es más o menos constante⁴, entonces nosotros abrimos más o menos el iris del ojo hasta lograr la imagen que queremos.

Fotografiando el eclipse de Luna

Hace una década, la película fotográfica era la mejor opción. En ese tiempo las cámaras digitales tenían baja resolución y alto precio. Hoy en día, las cámaras digitales son más comunes que las cámaras de película.

Las cámaras de 6 a 12 mega píxeles ofrecen una calidad de imagen que rivaliza o incluso supera a las cámaras de película. Los eclipses lunares se pueden capturar fácilmente tanto con las de película, como también con las digitales. Las más simples son las que tienen lentes con una sola longitud focal. Los mejores modelos son los equipos con una lente 3x o mayor zoom.

Las cámaras más versátiles (y costosas) son las reflex de lente fijo (SLR⁵) y su equivalente digital, la cámara reflex digital de lente fijo (DSLR⁶). Estas cámaras permiten reemplazar el objetivo por una variedad de lentes, desde gran angular hasta súper telefoto. También se puede conectar una cámara réflex o DSLR directamente a un telescopio, de manera que la Luna llene todo el marco. No importa qué tipo de cámara tiene, una o más de las técnicas se pueden utilizar para registrar gráficamente su testimonio de haber visto el eclipse lunar.

Un elemento que resulta muy útil realizar largas exposiciones fotográficas es un trípode que permita fijar la cámara⁷. Otro elemento que será muy útil pero no tan necesario, es el cable de disparo, un dispositivo que permite realizar la toma fotográfica sin tocar la cámara, esto te ayudará a eliminar las vibraciones que pueden malograr su foto. Como alternativa, Si no has conseguido este dispositivo, emplea el temporizador que tienen las cámaras. No te olvide de desactivar el flash electrónico.

Otro detalle muy importante que debes tomar en cuenta es conocer muy bien las características de tu cámara fotográfica, para lograr que este dispositivo realice justamente lo que se quieres. Bueno, ¿cómo saberlo? Practicando varias noches antes del eclipse, hasta estar seguro de que conoces los trucos necesarios para lograr una buena foto de la Luna.

La forma más sencilla de fotografiar un eclipse es utilizar la técnica de Gran Angular. Se puede utilizar cualquier tipo de cámara, siempre y cuando sea capaz de disparar largas exposiciones de 5 segundos o más de duración.

⁴Este valor no único, por lo que se toma como un valor referencial encontrado según el libro "Physiology of the eye" escrito por Hugh Davson, Academic Press, 1972. I.S.B N. 0-12-206740-1 pp 478-479.

⁵SLR e el acrónimo de Single Lens Reflex.

⁶DSLR es el acrónimo de Digital Single Lens Reflex.

⁷Debe quedar fija la cámara con el objeto de que no se mueva durante el tiempo que dure el eclipse.

Una ventaja importante de las cámaras digitales es que puedes ir viendo tus exposiciones y determinar cuáles son las velocidades de que te dan la mejor imagen, para encontrar la óptima. La Luna parece bastante pequeña en una foto con un lente gran angular, por lo que la idea detrás de este tipo de imagen es capturar el eclipse con un primer plano interesante. Podrías incluir un edificio (por ejemplo campanario de la iglesia, torre, árbol o incluso el horizonte. Esto da a la foto contexto, mostrando la Luna eclipsada, en un ambiente familiar.

La idea clave fundamental es mantener la cámara fotográfica fija de modo que te permita seguir el movimiento de la Luna en el campo que la cámara dispone, de modo que en el momento del inicio del eclipse umbral (U1), que se inicia en el extremo derecho inferior, el centro del campo estaría en el momento del máximo de la totalidad (MAX) y el extremo superior izquierdo la Luna estaría al final del eclipse umbral, como se ve en la Figura 9. Esta foto se escogió porque sería muy similar al eclipse que estamos esperando; se inicia poco tiempo después del naciente y termina la fase umbral antes de lograr su máxima altura.

Se puede estimar el movimiento de la Luna eclipsada observándola dos noches antes. Toma en cuenta que la Luna aparecerá en el mismo lugar unos 56 minutos más tarde cada noche, para esta época del presente año. Para facilitar que puedas completar tu registro del eclipse, no olvides completar los datos que aparecen en los cuadros 10 y 11, que además re ayudarán a planificar la observación del eclipse.

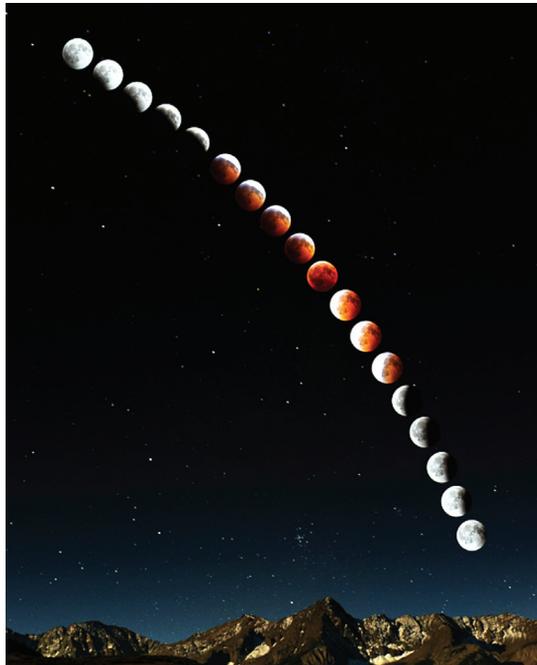


Figura 9: Fotografía múltiple de un eclipse total de Luna, que se coloca como ejemplo. El tema más delicado es apuntar correctamente la cámara fotográfica de modo que el máximo de la totalidad del eclipse se encuentre en el centro del campo. fuente: <https://cdn.photographylife.com>

En el cuadro 7 encontrarás la posición de la Luna para los días 24, 25, 26 y 27 de septiembre, para la ciudad de Lima, en el nacimiento (orto), el momento que culmina la bóveda celeste (tránsito), y el ocaso.

Cuadro 7: Los datos fueron calculados por medio del Multiyear Interactive Computer Almanac MICA2.2, para los días anteriores y posterior al eclipse Total de Luna del 27-28 de septiembre del 2015

Posición de la Luna antes y durante el eclipse Total de Luna observada desde Lima W 77° 01' 50.0", S 12° 02' 40.3", 161 m							
EVENTO	ORTO		TRÁNSITO POR MERIDIANO			OCASO	
FECHA	HORA LOCAL	ACIMUT	HORA LOCAL	ELEVACIÓN	HORA LOCAL	ACIMUT	
jueves 24 de septiembre de 2015	14:52	103	21:16	90 N	02:46	256	
viernes 25 de septiembre de 2015	15:51	99	22:12	85 N	03:39	250	
sábado 26 de septiembre de 2015	16:51	94	23:08	81 N	04:31	263	
domingo 27 de septiembre de 2015	17:52	89			05:23	268	
lunes 28 de septiembre de 2015	18:53	84	00:05	76° N	06:15	273°0'	

En base a esta información se elaboró el cuadro 8, donde se proporciona los tiempos en que la Luna se encontrará en la misma posición que va a tener durante el eclipse. Ten en cuenta que los tiempos son los mismos para todo el Perú.

Debes considerar tres momentos claves, el inicio del eclipse, el máximo del eclipse y el final del eclipse. En nuestro caso podemos ver en el cuadro 11 que el eclipse umbral se inicia (U1) a las 20:08:00, el máximo del eclipse (MAX) se da a las 21:48:18 y sale de la umbra (U4) a las 23:28:36 del 27 de septiembre. Lo que significa una duración de 3 horas, 21 minutos, aproximadamente. No estamos considerando la parte penumbral del eclipse, porque es muy difícil de observar, y será más difícil fotografiarla, salvo que tengas un privilegiado cielo muy limpio que te permita ver pequeños cambios en el brillo de la Luna.

Este tipo de ejercicio es de gran ayuda en la planificación de una foto del eclipse, permite lograr bellas imágenes que justifican el esfuerzo invertido. Si observas con detenimiento la foto del eclipse en la figura 9, verás que existen cinco fotos en la fase parcial y cuatro fotos en la fase de totalidad. Entonces ¿con qué secuencia se han tomado las fotos? La respuesta sería 11 minutos pero no es así.

En el Cuadro 8, puedes ver que la fase U1 a U2 dura 1 hora aproximadamente entonces se podría sacar una serie de 6 fotos, una cada 10 minutos, de la fase U2 al máximo durará 36,5 minutos, por lo que podrás obtener cuatro imágenes, una cada 9 minutos, e igual será con las otras fases.

Si tu cámara necesita baterías, es probable que no duren tanto tiempo y debes planear cambiarlas, sin mover la cámara. Si tienes un adaptador de alimentación de corriente alterna (AC), podría ser una mejor opción que la energía de la batería. También usar la función de reducción de ruido de su cámara, esto mejora en gran medida la calidad de la imagen para exposiciones largas (consulta el manual de la cámara).

Cuadro 8: Tabla de los tiempos cuando la Luna se encuentra en la posición que corresponden al inicio de las fases del eclipse total de Luna, calculados por el autor.

Instante cuando la Luna se encuentra en la misma posición que se observa durante el eclipse total de Luna para dos días antes del eclipse					
	U1	U2	MAX	U3	U4
viernes 25 de septiembre de 2015	18:15:00	19:18:54	19:55:18	20:31:42	21:35:36
sábado 26 de septiembre de 2015	19:11:00	20:14:54	20:51:18	21:27:42	22:31:36
domingo 27 de septiembre de 2015	20:08:00	21:11:54	21:48:18	22:24:42	23:28:36

El tiempo de exposición va a depender de la valor de $f/$, la sensibilidad de la cámara (ISO) y la intensidad de brillo de la Luna (Q). Por este motivo te sugerimos usar la tabla de la figura 10, desarrollada por Fred Spenak que resulta muy útil para determinar el valor de los tiempos de exposición, por ejemplo si el valor de ISO es 400 y $f/$ es igual a 5.6 entonces antes de que se inicie el eclipse a $Q=8$ le corresponde $t=1/4000$ segundo, para $Q=7$ $t=1/2000$ segundo, de U1 a U2 el eclipse varía de $1/2000$ segundo a $1/60$ segundo y en la fase total de U2 a U3 el tiempo de exposición será de $1/2$ segundo a 2 minutos y finalmente en la parte final del eclipse de U3 a U4 será similar a de U2 a U1. Los valores de Danjon (L) se encuentran en el Cuadro 6 e indican el brillo de la Luna durante la totalidad del eclipse.

Para valores que se encuentran fuera de esta tabla podemos usar la fórmula que Espenak describe:

$$t = \frac{f^2}{(I)(2^Q)}$$

Donde el número f es el valor de $f/$ que se encuentra explicado en las páginas 21 y 22 del texto, I es la sensibilidad de la cámara y Q es el valor de brillo de de la Luna, fuente: <http://www.mreclipse.com/LEphoto/LEphoto.html>

Un consejo práctico sería:

Para cámaras réflex de 35 mm, se recomienda una lente gran angular (28mm o 35mm), aunque un objetivo normal de 50 mm también funciona bien. Para réflex digitales, utiliza una longitud focal en el intervalo de 18 mm a 35 mm. Con cámaras de apuntar y disparar, intenta ajustar el zoom en gran angular (distancia focal más corta). Un ajuste de velocidad de la película o ISO de 400 es una buena opción.

Si tu cámara tiene un modo de exposición manual, ajusta el objetivo a su apertura más amplia (menor valor del número $f/$) y el uso de una serie de exposiciones de 5 segundos a 40 segundos (es decir, 5, 10, 20 y 40 segundos). Las exposiciones más largas nos mostrarán una traza que en exposiciones más cortas no se observa, debido a la rotación de la Tierra sobre su eje.

Los tiempos de exposición son referenciales, y se sugiere practicar en el lugar escogido para fotografiar el eclipse, según lo descrito en este texto, y ver el manual de la cámara.

Una vez que tengas todas las imágenes, puedes usar un procesador de imágenes digitales que te permita incluirlas en una sola imagen.

Lunar Eclipse Exposure Guide

ISO	f/Number									
25	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32
50	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44
100	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64
200	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88
400	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88	128
800	8	11	16	22	32	44	64	88	128	176
1600	11	16	22	32	44	64	88	128	176	

Eclipse Phase	Q	Shutter Speed									
No Eclipse											
Full Moon	8	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	
Penumbral Eclipse											
Magnitude = 1.0	7	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	
Partial Eclipse											
Magnitude = 0.00	7	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	
Magnitude = 0.30	6	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	
Magnitude = 0.60	5	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	
Magnitude = 0.80	4	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	
Magnitude = 0.90	3	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	
Magnitude = 0.95	2	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	
Total Eclipse											
Danjon Value: L=4	-3	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec	30 sec	1 min	2 min	
Danjon Value: L=3	-5	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec	30 sec	1 min	2 min	4 min	8 min	
Danjon Value: L=2	-7	8 sec	15 sec	30 sec	1 min	2 min	4 min	8 min	15 min	30 min	
Danjon Value: L=1	-9	30 sec	1 min	2 min	4 min	8 min	15 min	30 min	—	—	
Danjon Value: L=0	-11	2 min	4 min	8 min	15 min	30 min	—	—	—	—	

Instructions

Choose the ISO speed in the upper left column. Next, select the f/number of the lens or telescope (on same line as ISO). Finally, drop straight down to the bottom table to get the correct exposure for each stage of the lunar eclipse. The magnitude of a partial eclipse is the fraction of the Moon's diameter immersed in Earth's umbral shadow (in the case of a penumbral eclipse, it is the penumbral shadow).

Note that the brightness of a total eclipse varies with different Danjon values (L). All exposure times in this guide are estimates. For best results, use them as a guide and bracket your exposures.

Exposure Formula: $t = f^2 / (I \times 2^Q)$ where: t = exposure time (sec); f = f/number;
I = ISO speed; Q = brightness value

www.mreclipse.com/LEphoto/LEphoto.html

©2008 Fred Espenak

Figura 10: Tabla para determinar el tiempo de exposición, para usarla primero escoja el valor de ISO, luego seleccione el valor de f/ en la línea horizontal y finalmente baje hasta encontrar el valor de acuerdo al estado del eclipse. Fuente: <http://www.mreclipse.com/LEphoto/image/>

Elementos adicionales para la Observación del Eclipse Total de Luna

Observación de los Tiempos de Ocultamiento de los Cráteres de la Luna

Para la mecánica celeste (la rama más antigua de la astronomía), este tipo de fenómenos son una excelente oportunidad de realizar ciertos cálculos relacionados directamente con la órbita de la Tierra y de la Luna, para ello es muy interesante realizar observaciones de los tiempos cuando los cráteres de la Luna son ocultados por la sombra de la Tierra, porque nos permite contrastar lo pronosticado con lo observado.

A continuación te proponemos realizar la observación del eclipse, usando los cuadros adjuntos 9, 10 y 1. El primero contiene un listado del ocultamiento de los cráteres que se observaran durante la fase parcial del eclipse, los dos siguientes son formatos que puedes usar para anotar tus observaciones tanto en su fase parcial como en la totalidad del eclipse. El objeto de estos cuadros es estandarizar las observaciones realizadas en diferentes escenarios, de forma que si un lugar está nublado, otro podría estar despejado.

Por otro lado, puedes usar las facilidades del Planetario Nacional “Mutsumi Ishitsuka”, Instituto Geofísico del Perú para compartir tu testimonio. El valor de “L”, puede realizarse a simple vista, con binoculares o pequeños telescopios. También es útil examinar la apariencia de la Luna justo inmediatamente después del comienzo, y antes del fin de la totalidad del eclipse. Ya que se encuentra en ese momento cerca del borde de la sombra de nuestro planeta y da la oportunidad de evaluar adecuadamente a la umbra externa. Con el fin de generar una base de datos que pueda ser útil, sería muy interesante que puedas evaluar las características del eclipse usando los cuadros mencionados:

1. Los cambios de color de la Luna según la escala de Danjon (ver el Cuadro 6)
2. Los tiempos de ocultación de los cráteres de la Luna por la umbra terrestre (ver el Cuadro 9 y la Figura 11).
3. Fotografías de los detalles que pudieran observarse durante este fenómeno astronómico.

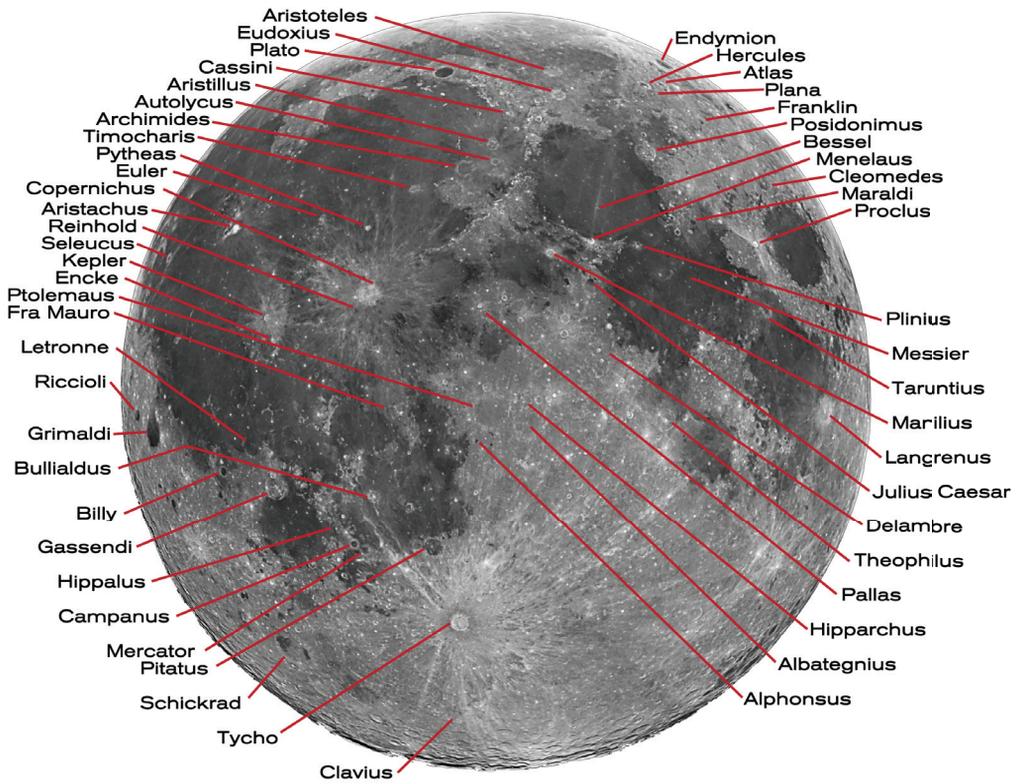


Figura 11: Foto de la Luna en la que se ven los nombres de algunos de sus cráteres.
 Fuente: <http://www.lpi.usra.edu/resources/mapcatalog/LEM/>

Cuadro 9: Tiempos de entrada y salida de los cráteres de la Luna por la sombra de la Tierra esta predicción incluye el 2% agrandamiento de la sombra de la umbra debido a la atmósfera terrestre Fuente: Fred Spenak (<http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>)

TIEMPOS DE OCULTAMIENTO DE LOS CRÁTERES DE LA LUNA			
Tiempos de entrada y salida de la sombra de la Tierra			
Hora Local Entrada	Nombre del Crater	Hora Local Salida	Nombre del Crater
20:10	Riccioli	22:31	Riccioli
20:11	Grimaldi	22:31	Grimaldi
20:15	Aristarchus	22:33	Billy
20:18	Kepler	22:37	Campanus
20:18	Billy	22:38	Tycho
20:25	Pyteas	22:43	Kepler
20:26	Copernicus	22:45	Aristarchus
20:28	Timocharis	22:51	Copernicus
20:30	Plato	22:53	Pytheas
20:31	Campanus	22:58	Timocharis
20:34	Autolycus	23:04	Plato
20:38	Aristoteles	23:05	Autolycus
20:39	Eudoxus	23:05	Manilius
20:39	Manilius	23:06	Dionysius
20:42	Menelaus	23:08	Menelaus
20:43	Tycho	23:11	Censorinus
20:45	Dionysius	23:11	Plinius
20:46	Plinius	23:11	Eudoxus
20:47	Endymion	23:12	Aristoteles
20:53	Censorinus	23:12	Goclenius
20:55	Proclus	23:16	Messier
20:57	Taruntius	23:16	Langrenus
20:59	Messier	23:18	Taruntius
21:00	Goclenius	23:20	Proclus
21:05	Langrenus	23:20	Edymion

Fecha	Magnitud penumbral	Magnitud umbral	Inicio de Eclipse penumbral		Altura	Inicio de Eclipse parcial		Altura	Máxima Totalidad	Altura	Fin de Totalidad	Altura	Fin de Eclipse parcial		Altura	Fin de Eclipse Penumbral		Altura
			Inicio de Eclipse penumbral	Inicio de Eclipse penumbral		Inicio de Eclipse parcial	Inicio de Eclipse parcial						Inicio de Eclipse Penumbral	Inicio de Eclipse Penumbral				
27/09/2015	2.23	1.276	19:12	19:12	18	20:07	31	21:11	46	21:47	22:23	62.00	23:27	73	00:22	00:22	75	
20/01/2019	2.168	1.195	21:37	21:37	39	22:34	48	23:41	56	00:12	00:43	57.00	01:51	51	02:48	02:48	42	
26/05/2021	1.954	1.009	03:48	03:48	34	04:45	21	06:11	2	06:19	06:26	-1.00	07:52	-20	08:50	08:50	-31	
15/05/2022	2.373	1.414	20:32	20:32	39	21:28	52	22:29	66	23:11	23:54	82.00	00:55	76	01:51	01:51	64	
13/03/2025	2.26	1.178	22:57	22:57	65	00:10	75	01:26	67	01:59	02:31	53.00	03:48	36	05:00	05:00	19	
25/06/2029	2.827	1.844	19:35	19:35	24	20:32	37	21:31	50	22:22	23:13	72.00	00:12	79	01:10	01:10	73	
06/08/2036	2.527	1.454	18:45	18:45	11	19:36	28	21:04	43	21:51	22:38	66.00	23:47	82	00:57	00:57	80	
18/09/2043	2.243	1.256	18:07	18:07	2	19:07	16	20:15	32	20:50	21:26	49.00	23:33	64	23:33	23:33	76	
11/01/2047	2.265	1.234	17:36	17:36	-13	18:40	1	19:50	16	20:25	21:00	30.00	22:09	43	23:13	23:13	52	
07/07/2047	2.731	1.751	02:48	02:48	50	03:45	37	04:44	24	05:34	06:25	1.00	07:23	-11	08:21	08:21	-23	
31/12/2047	2.214	1.128	22:53	22:53	50	00:05	55	01:24	50	01:52	02:20	43.00	03:40	28	04:52	04:52	14	
29/10/2050	2.094	1.054	19:44	19:44	24	20:44	37	22:03	52	22:20	22:57	57.00	23:57	63	00:57	00:57	59	
25/04/2051	2.277	1.202	18:12	18:12	5	19:24	21	20:40	39	21:15	21:50	56.00	23:05	74	00:17	00:17	88	
21/02/2054	2.249	1.277	23:12	23:12	62	00:09	67	01:14	64	01:50	02:26	52.00	03:30	38	04:27	04:27	26	
18/08/2054	2.381	1.306	01:20	01:20	72	02:32	55	03:43	37	04:25	05:06	18.00	06:18	1	07:30	07:30	-15	
29/11/2058	2.48	1.426	19:18	19:18	14	20:24	28	21:30	40	22:14	22:59	52.00	00:05	55	01:11	01:11	51	
24/03/2062	2.291	1.27	19:43	19:43	22	20:46	38	21:55	54	22:32	23:09	71.00	00:18	80	01:21	01:21	72	
22/01/2065	2.256	1.223	02:08	02:08	47	03:12	35	04:23	21	04:57	05:31	6.00	06:41	-9	07:46	07:46	-23	
06/05/2069	2.396	1.323	01:04	01:04	74	02:15	57	03:26	40	04:08	04:50	21.00	06:01	4	07:12	07:12	-12	
29/10/2069	2.424	1.462	19:55	19:55	27	20:50	38	21:49	50	22:33	23:16	62.00	00:16	63	01:11	01:11	58	
21/02/2073	2.222	1.25	23:46	23:46	66	00:43	66	01:48	58	02:23	02:57	45.00	04:02	31	04:59	04:59	18	
16/06/2076	2.755	1.794	18:55	18:55	16	19:50	28	20:47	41	21:37	22:27	62.00	23:25	73	00:20	00:20	78	
04/04/2080	2.361	1.346	03:32	03:32	38	04:34	23	05:40	7	06:21	07:02	-12.00	08:08	-27	09:10	09:10	-41	
28/07/2080	2.297	1.244	17:53	17:53	-1	19:01	15	20:13	32	20:50	21:27	49.00	22:39	64	23:47	23:47	73	
28/07/2083	2.452	1.477	17:19	17:19	-9	18:16	4	19:18	18	20:03	20:48	39.00	21:49	53	22:47	22:47	66	
28/08/2091	2.281	1.235	16:39	16:39	-19	17:47	-4	18:59	13	19:35	20:12	31.00	21:24	48	22:32	22:32	64	
28/06/2094	2.786	1.823	02:16	02:16	57	03:11	44	04:08	32	04:59	05:49	9.00	06:47	-3	07:42	07:42	-15	
20/10/2097	2.015	1.01	17:46	17:46	-4	18:50	11	20:20	32	20:28	20:35	35.00	22:05	53	23:09	23:09	63	
10/10/2098	2.383	1.325	01:18	01:18	61	02:26	47	03:35	31	04:17	04:58	12.00	06:07	-5	07:15	07:15	-21	

Cuadro 12: Próximos eclipses totales de Luna observables desde el Perú, para el periodo 2015-2099
<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JLEX/JLEX-SA.html>

Glosario de términos para el eclipse lunar, de Fred Espenak

Versión traducida y ampliada por Hugo Trigoso y Mario Zegarra como parte del material desarrollado para el eclipse total de Luna del 27 de septiembre de 2015.

- **Acimut** - Ángulo que se mide en un plano horizontal, el punto inicial es la dirección del norte geográfico, y gira en dirección de las manecillas del reloj. Por ejemplo, el Este geográfico se encuentra a 90° y el Oeste a 270° .
- **Baricentro** - Se denomina baricentro al centro de masa de una colección finita de objetos celestes.
- **Centro de la figura** - El centro de la figura de un cuerpo celeste (por ejemplo, un planeta o la Luna) es el centro aparente del objeto con respecto a su superficie, y toma en cuenta las irregularidades en su forma. Si la distribución de masa no es uniforme, entonces el centro de masa no coincide con el centro de la figura. En el caso de la Luna, la discrepancia entre el centro de masa y el centro de la figura es de aproximadamente medio kilómetro.
- **Centro de masa** - En la mecánica orbital, las ecuaciones del movimiento de los cuerpos celestes (estrellas, planetas, lunas, etc.) son formuladas considerando a estos objetos como puntos de masa localizados en sus centros de masa. En otras palabras, el movimiento de un cuerpo celestial puede ser predicho asumiendo que toda la masa del mismo se encuentra concentrada en un solo punto denominado centro de masa.
- **Conjunción** - una conjunción planetaria se define como la condición de un alineamiento del Sol con un planeta, tomando como vértice a la Tierra, de modo que el ángulo sería de cero grados.
- **Duración de un eclipse** - La duración de un eclipse lunar está definida como el periodo de tiempo entre el primer y último contactos del disco lunar con la sombra de la Tierra. La duración del eclipse penumbral es medida con respecto a la sombra penumbral de la Tierra. La duración de un Eclipse parcial se mide con respecto a los contactos exteriores con la sombra umbral, mientras que la duración de un eclipse total se mide con respecto a los contactos internos con la sombra umbral.
- **Eclíptica** - Se define como el plano donde orbita la Tierra alrededor del Sol.
- **Eclipse lunar central** - Un eclipse en el que alguna parte del disco lunar pasa a través del eje de la sombra umbral de la Tierra. Los eclipses centrales de Luna son siempre totales y tienen una magnitud umbral del eclipse bien grande, una larga duración y pequeños valores de gamma.

- **Eclipse parcial de Luna** - Es un eclipse lunar en el que la Luna pasa parcialmente pero no completamente a través de la oscura sombra umbral de la Tierra.
- **Eclipse penumbral de Luna** - Es un eclipse lunar en el que la Luna pasa a través de la penumbra de la Tierra. Durante un eclipse penumbral, el sombreado en la Luna es muy sutil y difícil de ver. Desde la perspectiva de un observador en la Luna, la Tierra aparece eclipsando parcialmente el Sol.
- **Eclipse total de Luna** - Un eclipse lunar en el que la Luna se sumerge completamente dentro de la oscura sombra umbral de la Tierra.
- **Elementos Besselianos** - Los elementos Besselianos son una serie de variables dependientes del tiempo usadas para calcular varios aspectos de un eclipse solar. Ellos describen el movimiento de la sombra de la Luna con respecto al plano fundamental. Este plano pasa por el centro de la Tierra y está orientado perpendicularmente al eje de la sombra de la Luna. Este cono de sombra es proyectado sobre la superficie de la Tierra, incluyendo los efectos de la rotación, el achatamiento de la Tierra y la latitud, longitud y elevación del observador. Las circunstancias locales en la posición del observador pueden ser calculadas, incluyendo los tiempos de contacto del eclipse, magnitud y duración de la totalidad (o anularidad).
- **Elevación** - Se define como el ángulo que mide la altura que se encuentra un objeto de modo que, si estamos mirando al cenit nuestro ángulo vale noventa grados, y si estamos viendo al horizonte, el ángulo será de cero grados.
- **Entrada a la penumbra (P1)** - Se define como el instante cuando el disco lunar, al entrar en la zona del eclipse, toca tangencialmente el borde exterior de la penumbra. Aquí se inicia la parte penumbral del eclipse.
- **Entrada a la totalidad (U2)** - Se produce cuando el borde del disco lunar toca el interior de la umbra. Aquí se inicia la totalidad del eclipse lunar.
- **Entrada a la umbra (U1)** - Se define como el instante cuando el disco lunar, al entrar en la zona del eclipse, toca tangencialmente el borde exterior de la umbra. Aquí se inicia la parte umbral del eclipse, que se denomina también fase parcial del eclipse.
- **Esfera Celeste** - Una esfera imaginaria de radio arbitrario centrado en el observador, sobre la cual se proyectan los cuerpos celestes. de modo que las dimensiones de la Tierra son un punto. Las medidas que se usan son solo ángulos, en ese sentido tiene dos dimensiones.
- **Gamma** - Es la distancia del centro del disco lunar, medida desde el centro de la sombra umbral de la Tierra en unidades de radios ecuatoriales. Es definido en el instante del máximo del eclipse, cuando su valor absoluto es un mínimo.

- **Magnitud penumbral** - La magnitud penumbral es la fracción del diámetro de la Luna ocultada por la sombra penumbral de la Tierra. La magnitud de un eclipse puede medirse como porcentaje o como una fracción (por ejemplo, 50% ó 0,50). Por convención, se toma el valor en el instante del máximo del eclipse.
- **Magnitud umbral** - La magnitud umbral es la fracción del diámetro de la Luna ocultada por la sombra umbral de la Tierra. La magnitud de un eclipse puede medirse como porcentaje o como una fracción (por ejemplo, 50% ó 0,50). Por convención, se toma el valor en el instante del máximo del eclipse.
- **Máximo del eclipse** - Para los eclipses lunares, el máximo es definido como el instante cuando la Luna pasa lo más cerca posible al eje del cono de sombra de la Tierra.
- **Nodo** - El plano de la órbita de la Luna está inclinado alrededor de $5,1^\circ$ con respecto al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Los dos puntos donde la órbita de la Luna cruza el plano de la órbita de la Tierra se llaman nodos. El nodo ascendente es donde la Luna cruza el plano de la órbita de la Tierra hacia el norte. El nodo descendente es cuando lo cruza hacia el sur.
- **Ocaso de la Luna** - Es el instante cuando la Luna ‘desaparece’ por el horizonte.
- **Oposición** - Se denomina Oposición, cuando hay un alineamiento de el Sol y La Luna tomado como vértice a la Tierra y el ángulo es de 180 grados.
- **Orto** - Desde la Tierra, se denomina orto al momento en el que ‘aparece’ un astro por el horizonte. La dirección exacta por donde sale se mide por medio del ángulo denominado acimut.
- **Penumbra** - La penumbra es la parte débil o pálida de la sombra de la Tierra. Desde dentro de la penumbra, el Sol es solo parcialmente bloqueado por la Tierra, como en el caso de un eclipse penumbral. Esto contrasta con los eclipses parcial y total, donde la Luna pasa parcial o completamente por la sombra umbral de la Tierra.
- **Salida de la penumbra (P4)** - Se define como el instante cuando el disco lunar, al salir, toca el borde exterior de la penumbra. Aquí finaliza la parte penumbral del eclipse.
- **Salida de la totalidad (U3)** - Se produce cuando, al salir, el borde del disco lunar toca el interior de la Umbra. Aquí finaliza la totalidad del eclipse.
- **Salida de la umbra (U4)** - Se define como el instante cuando el disco lunar, al salir, toca la el borde externo de la umbra. Aquí finaliza la parte umbral del eclipse.

- **Saros** - La periodicidad y recurrencia de los eclipses solares y lunares están gobernadas por el ciclo de Saros. Un Saros es aproximadamente 6585,3 días (18 años, 11 días y 8 horas). Cuando 2 eclipses están separados por un periodo de un Saros, ellos comparten un geometría muy similar.
Los eclipses ocurren en el mismo nodo, con la Luna casi a la misma distancia de la Tierra y en la misma época del año. Entonces, el Saros resulta una herramienta de suma utilidad para organizar los eclipses en familias o series. Cada familia por lo general dura 12 o 13 siglos y contiene 70 o más eclipses.
- **Tétrada** - Una tétrada es una secuencia de cuatro eclipses totales de luna consecutivos, cada uno separado del otro por seis meses sinódicos. Schiaparelli fue el primero en encontrar que la frecuencia de las tétradas es cíclica, con un periodo de aproximadamente 600 años. Durante el siglo XXI hay 8 conjuntos de tétradas.
- **Totalidad de un eclipse de Luna** - Es la máxima fase de un eclipse total, durante la cual el disco lunar pasa completamente por la oscura sombra umbral de la Tierra.
- **Umbral** - La umbral es la parte más oscura de la sombra de la Tierra. Desde dentro de la umbral, todos los rayos directos del Sol son bloqueados por la Tierra, como en el caso de un eclipse total de Luna.

El glosario aquí mostrado es una traducción del "Glossary of Lunar Eclipse Terms" escrito originalmente por Fred Espenak (<http://eclipsewise.com/lunar/LEhelp/LEGlossary.html>). Se han agregado nuevos términos y definiciones.

La Esfera Celeste

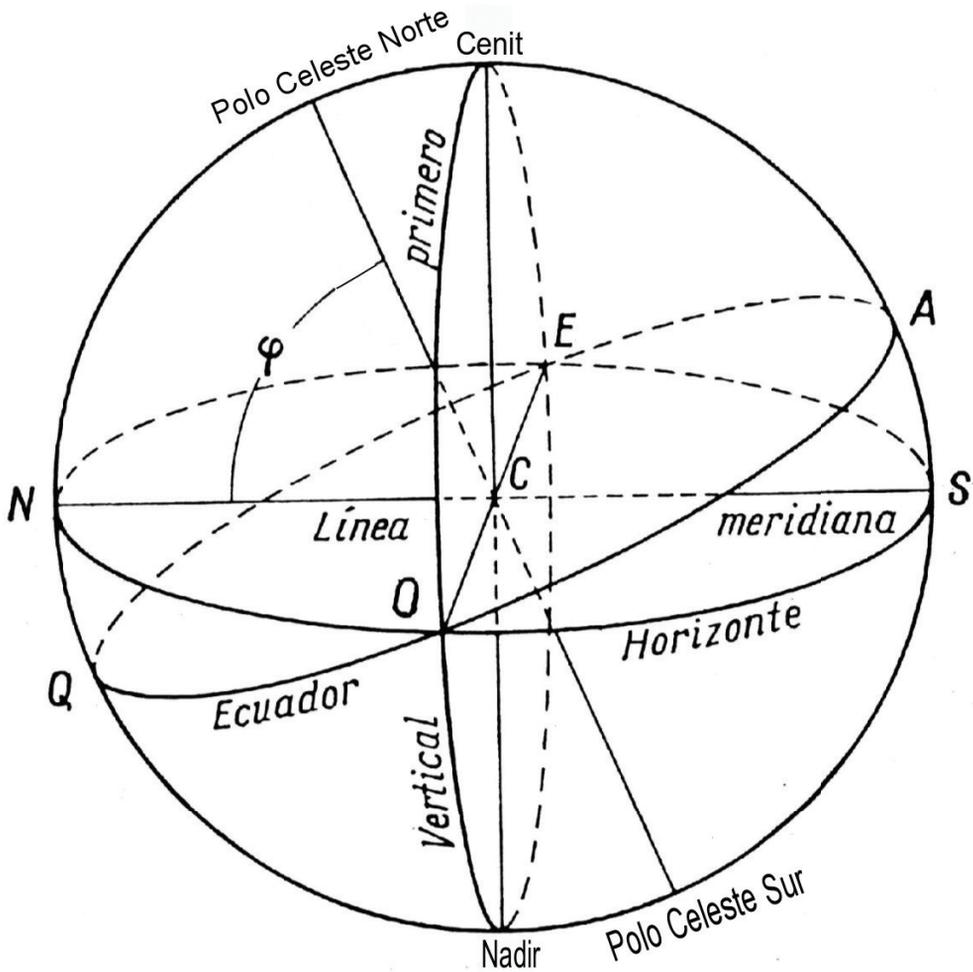


Figura 12: Diagrama de la Esfera Celeste

Fuente :“Problemas y Ejercicios Prácticos de Astronomía” de B. A. Borontov-Meliaminov, editorial MIR Moscú 1979

Uno de los temas de mayor interés para el que se inicia en la afición por la Astronomía suele ser la orientación en la esfera celeste, cómo observar objetos cuya posición conoce previamente a partir de un atlas o cómo deducir la posición aproximada del objeto que está observando, para identificarlo.

Para localizar los objetos celestes necesitas un sistema de coordenadas. Conociendo las coordenadas del astro, podrás identificarlo en el cielo, ya sea directamente, mediante círculos graduados del telescopio o indirectamente, mediante cartas celestes.

La localización de un objeto celeste en el cielo requiere únicamente conocer la orientación que debes dar a tu telescopio, ya que para verlo no necesitas saber la distancia a la que se encuentra.

La rotación de los cuerpos celestes es una consecuencia directa de la rotación de la Tierra, es decir todo punto de la esfera celeste se mueve con la misma velocidad angular. Es decir, la esfera celeste tiene un eje de rotación que está definido como la recta que cruza del polo sur celeste al polo norte celeste.

Por este motivo, se introduce el concepto de esfera celeste: una esfera imaginaria de radio arbitrario centrado en el observador, sobre la cual se proyectan los cuerpos celestes. Los sistemas de coordenadas que se emplean serán parecidos a los utilizados para definir posiciones sobre la superficie terrestre: sistemas de coordenadas esféricas.

A continuación, mostramos un resumen muy apretado de los sistemas de coordenadas más usados: el sistema de coordenadas horizontales y el sistema de coordenadas ecuatoriales.

Coordenadas Horizontales Acimut (A) y Elevación (h)

Estas coordenadas son muy usadas en topografía. Para ello, podemos imaginarnos parados frente a un teodolito observando algún objeto lejano. Las últimas dos columnas del Cuadro 4, muestran la posición de la Luna en coordenadas horizontales, como se observa en la Figura 13:

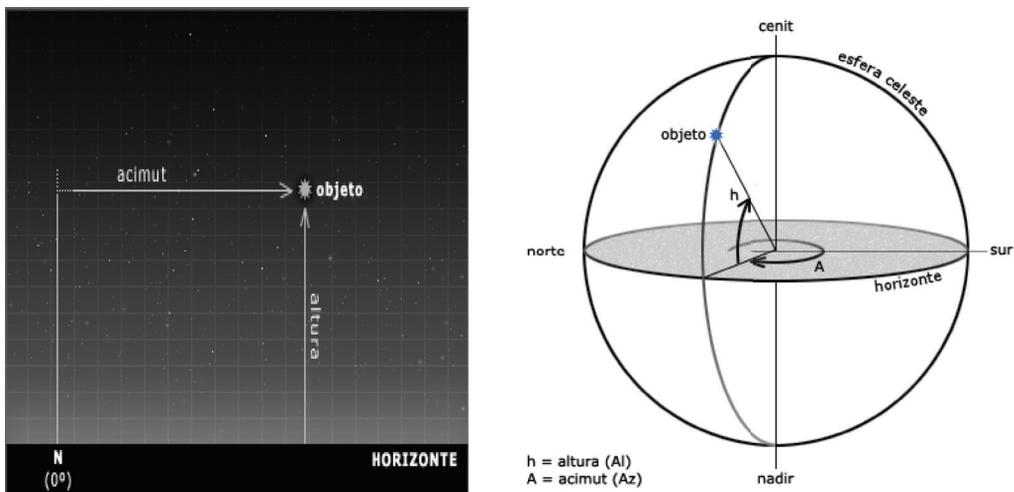


Figura 13: Diagrama que nos muestra el concepto gráfico de acimut y elevación. Fuente: “Problemas y ejercicios prácticos de astronomía”, de B. A. Vorontsov-Veliaminov, Editorial MIR, Moscú, 1979

- **Acimut:** es el ángulo que se define en el plano horizontal, de modo que cuando estamos viendo al norte geográfico, nuestro ángulo vale cero. Si vemos hacia el este geográfico, nuestro ángulo vale 90 grados; y al sur, 180 grados. Y así sucesivamente.
- **Elevación:** es el ángulo que mide la altura en la que se encuentra un objeto de modo que, si estás mirando al cenit, tu ángulo vale 90 grados; y, si estás viendo al horizonte, el ángulo será de cero grados.
- **Ejemplo de uso (ver el Cuadro 4):** Puedes apreciar que la Luna, vista desde la ciudad de Lima, saldrá por el horizonte, a las 17:52 del día 27 de septiembre de 2015. El ángulo medido desde el norte geográfico hasta el punto por donde saldrá la Luna será aproximadamente de 89 grados y se denomina acimut.
- Otro detalle que observarás ese día es el tránsito de la Luna por el meridiano geográfico. Sucederá aproximadamente 5 minutos después de la medianoche (00:05) y en ese instante el valor del ángulo de elevación será de 76 grados, mirando al norte.

Coordenadas Ecuatoriales

Ascensión Recta (α) y Declinación (δ)

- Para definir la ascensión recta (α) de un astro hay que considerar primero un punto especial del ecuador celeste, denominado punto Aries o punto Vernal, cuyo símbolo es (γ), para cualquier cuestión práctica, se considera fijo con respecto a las estrellas. Así, la ascensión recta (α) del astro en cuestión se mide desde el punto Aries hasta la meridiana del astro⁸, en el sentido indicado en la figura 14. Puedes visualizarla haciendo una comparación con lo que sucede para el caso de la coordenada terrestre de longitud geográfica.
- La unidad para medir la ascensión recta es la hora. Una hora es igual a 60 minutos y 1 minuto es igual a 60 segundos. Se tiene entonces que α varía entre 0 y 24hs. Una hora de ascensión recta se corresponde al tiempo que demora un astro en moverse 15 grados.
- La declinación (δ) de un astro indica la distancia angular de este al ecuador celeste (ver la figura 14). Puede ser positiva, si el astro está en el hemisferio norte; o negativa, si el astro está en el hemisferio sur. Si el cuerpo celeste se encuentra en el ecuador mismo, entonces su declinación es cero. En todos los casos, sin embargo, su valor está comprendido en el rango que va de los -90° a los $+90^\circ$. Puedes visualizar la declinación haciendo una comparación con lo que sucede para el caso de la coordenada terrestre de latitud geográfica.

⁸ La meridiana de un astro es la semicircunferencia máxima que se inicia en el polo norte celeste, pasa por el astro y termina en el polo sur celeste.

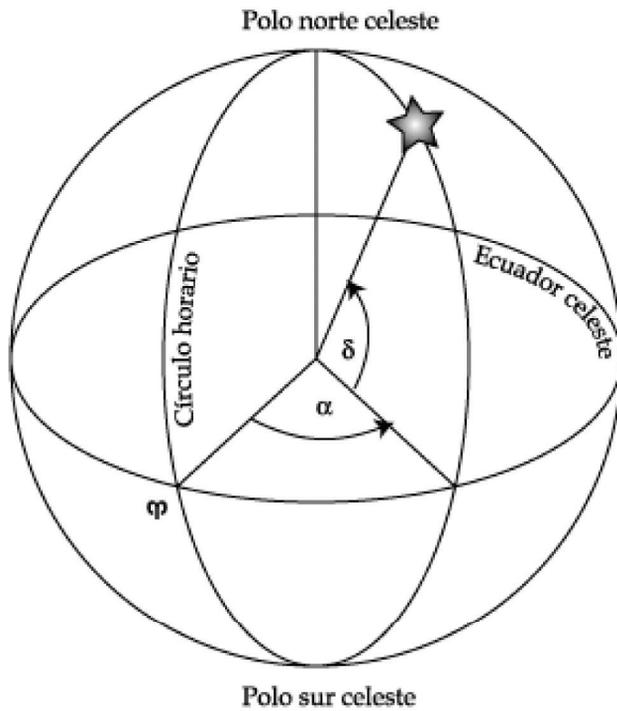


Figura 14: Diagrama de la esfera celeste, mostrando las coordenadas de ascensión recta y declinación. Fuente: “Problemas y ejercicios prácticos de astronomía”, de B. A. Vorontsov-Veliamínov, Editorial MIR, Moscú, 1979.

Índice

Primera Parte: Descripción del Eclipse de Luna.....	6
Un Vistazo a la Luna.....	8
Características del Eclipse Total de Luna del 27 de setiembre.....	12
Futuros Eclipses de Sol para el Presente Siglo.....	18
Segunda Parte: Consejos para Lograr un Testimonio Gráfico del Eclipse.....	20
Resumen del Eclipse a Fotografiar.....	20
Un Poco de Óptica	20
Fotografiando el Eclipse de Luna	24
Tercera Parte: Elementos Adicionales para la Observación del Eclipse de Luna	29
Glosario de términos para el eclipse lunar, de Fred Espenak.....	35
La Esfera Celeste	39
Coordenadas Horizontales: Acimut (A) y Elevación (h).....	40
Coordenadas Ecuatoriales: Ascensión Recta (α) y Declinación (δ).....	41
Índice	43



© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú
Central Telefónica: (511) 317 2300
<http://www.igp.gob.pe>
 <http://www.facebook.com/igp.peru>
 http://twitter.com/igp_peru

