

GUÍA PROYECTO DE OBSERVACIÓN DEL ECLIPSE TOTAL DE SOL QUE OCURRIRÁ EL 22 DE JULIO DE 2009

Por: Alberto Martos Rubio

Características de los eclipses del año 2009.

En 2009 habrá dos estaciones de eclipses y otra a caballo con el año 2010, originando seis eclipses, dos de Sol centrales y cuatro de Luna, tres no-centrales y uno central, correspondientes a los saros 131, 143, 110, 136, 148 y 115, respectivamente. Ninguno de los eclipses de Sol será visible desde España y de los de Luna, sólo serán “visibles” el tercero y el cuarto. Las fechas de las estaciones de eclipses serán las siguientes:

Nodo lunar orientado al Sol	Edad de la lunación	Distancia al perigeo
Ascendente: 30 de Enero	4 días	271° 33' 00"
Descendente: 22 de Julio	0 días	011° 47' 24"
Ascendente: 11 de Enero (2010)	26 días	112° 01' 48"

La estación del 22 de Julio estará centrada exactamente sobre el novilunio, por lo que comprenderá tres eclipses, uno central de Sol flanqueado por dos no-centrales de Luna. Al ocurrir un mes después del solsticio estival, la inclinación de la eclíptica con los paralelos celestes será de 12 grados. Por otro lado, la distancia de la Luna al perigeo será muy corta ($<12^\circ$). La secuencia de los eclipses será, el primero no-central de Luna, el 7 de Julio (saros 110), el central de Sol el 22 de Julio (saros 136) y el segundo no-central de Luna, el 6 de Agosto (saros 148).

Eclipse total de Sol del 22 de Julio:

Este será el eclipse central de la estación, como prueba la edad de la lunación (0 días) y la distancia de la Luna al nodo descendente ($<1^\circ$). Como resultado, el eje del cono de sombra lunar pasará a muy poca distancia del centro de la Tierra ($\gamma = 0,0694$), lo que sitúa al eclipse en una posición intermedia (37) dentro del saros 136. Este dato explica que la sombra lunar barra la superficie terrestre por latitudes cercanas al ecuador. Como tendrá lugar exactamente un mes después del solsticio estival, la inclinación de la eclíptica con respecto a los paralelos celestes será de casi 12 grados.

En cuanto a la escasa distancia de la Luna al perigeo ($\approx -4^\circ$), revertirá en una gran paralaje ($\pi \approx 3680''$) y un tamaño angular del disco lunar muy superior al del disco solar, que darán como resultado una totalidad de 6:39 de duración en el máximo.

Recapitulación:

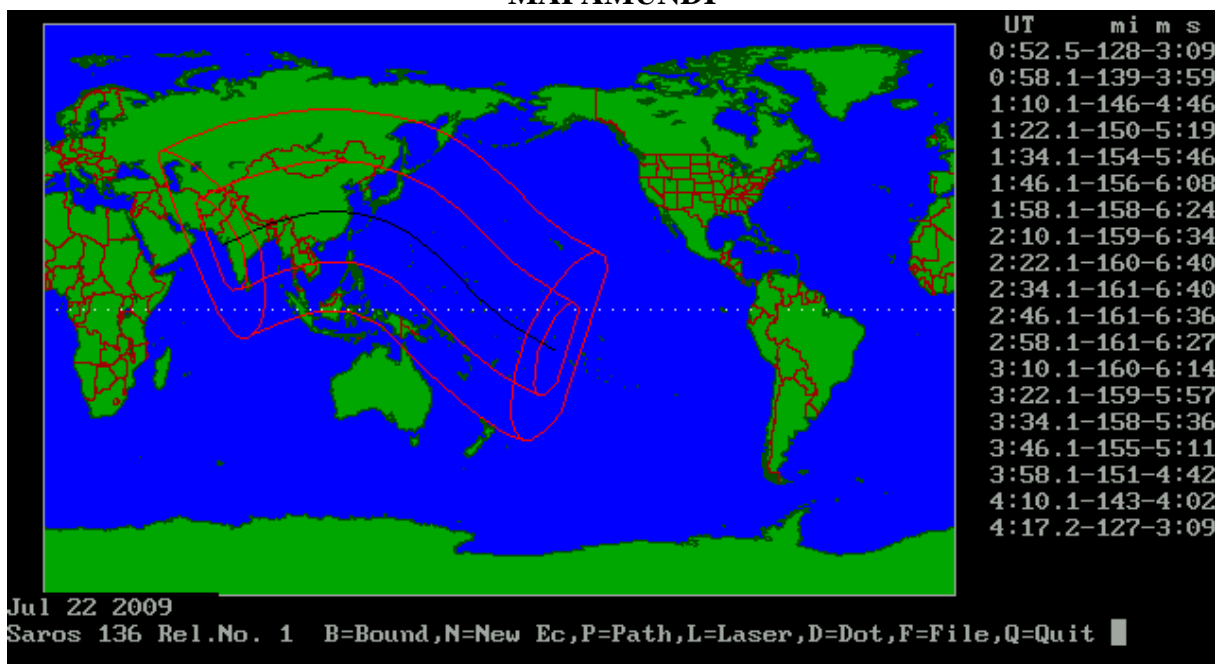
Es evidente que en este eclipse concurren varios factores astronómicos que lo convierten en el más largo del siglo en curso, por lo que la posibilidad de observarlo adquiere un interés especial, por cuanto permite llevar a cabo experimentos que serán imposibles de realizar en otras ocasiones.

Características de observación:

DATOS GENERALES	
Fecha	Miércoles, 22 de Julio de 2009
Hora Universal	02:34:54
Día Juliano	2455035
Latitud del punto central	24° 12' 00" N
Longitud del punto central	144° 12' 36" E
Clase de eclipse	Total
Duración de la totalidad	6:39
Magnitud	1,080
Gamma	0,0694
ΔT	1,49 min.
Saros	136
Número relativo	37 de 71

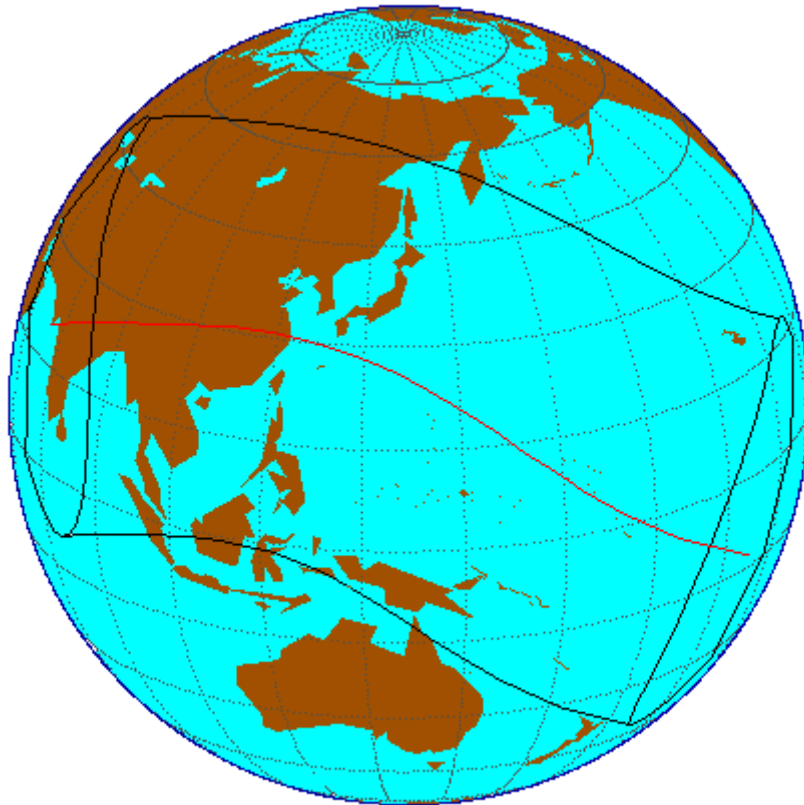
DATOS ORBITALES			
DEL SOL		DE LA LUNA	
Ascensión Recta	08h 06m 24s	Ascen. Recta	08h 06m 30s
Declinación	20° 16' 03" N	Declinación	20° 20' 06" N
Latit. Eclípt.	00° 00' 00,0"	Latit. Eclípt.	00° 04' 14" N
Long. Eclípt.	119° 26' 33"	Long. Eclípt.	119° 26' 58"
Distancia (UA)	1,016021	Paralaje	3679,91"
Edad estación	0 días	Dist. al nodo	00° 45' 38"

MAPAMUNDI



La línea de la totalidad, de 16.300 Km de longitud, arrancará de Bombay, en la India y, cruzando este subcontinente, atravesará el Himalaya entre Bangla Desh y Nepal, tocará el Norte de Myanmar y China meridional para internarse en el Pacífico sobre las islas Ryukyu, cruzar el ecuador e ir a terminar en la Polinesia Francesa.

Como se aprecia en el mapamundi, el recorrido de la sombra discurre en buena parte por la zona subtropical del continente asiático, caracterizada por la influencia desfavorable para la observación óptica, que ejerce sobre su clima el régimen monzónico de vientos predominante en ella durante los meses estivales. Si a este inconveniente se añade el de la gran altitud orográfica que impera en la región del Himalaya, donde la presencia de nubes en la época veraniega alcanza estadísticamente el 90%¹, el resultado es que las mejores condiciones para la observación se dan en los puntos de la trayectoria de la totalidad cuyas longitudes geográficas rebasan los 100° E. Aún allí y según la misma fuente, la probabilidad de cielos nublados en la época que nos incumbe es del 50%.



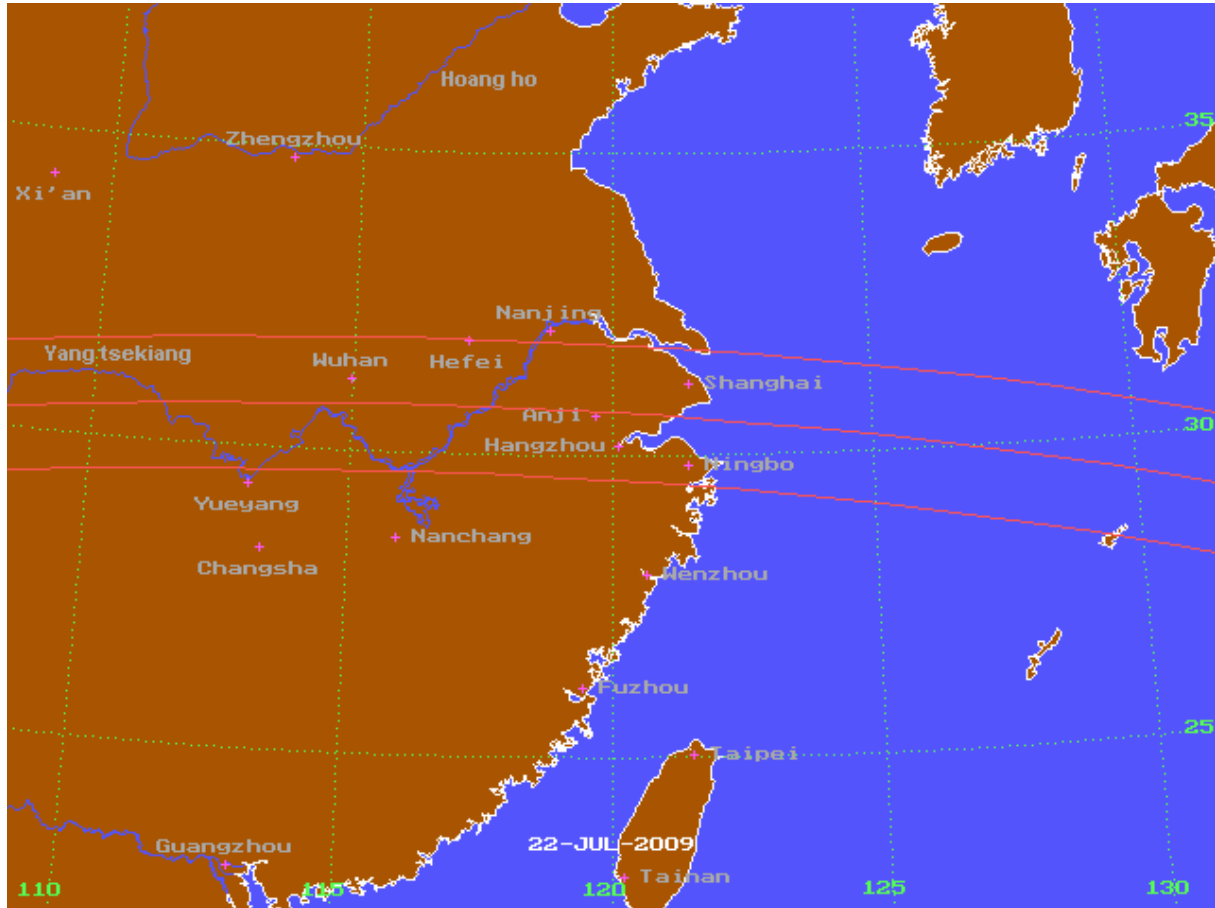
Recorrido de la sombra y la penumbra en proyección ortográfica. La forma ondulada con inclinación Sur se debe a que la estación de eclipses tiene lugar en el nodo lunar descendente. El punto de inflexión (24° N, 144° E) señala el máximo del eclipse, donde el eje del cono de sombra pasa más cerca del centro de la Tierra ($\gamma = 0,0694$).

Como por otra parte, la duración de la totalidad aumenta hacia el Este, la Agrupación Astronómica Madrileña ha optado por elegir como zona de observación los alrededores de la

¹ Espenak, <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEmono/TSE2009/TSE2009fig/TSE2009-fig21.pdf>

ciudad de Anji (lat. 30° 39' N, long. 119° 41'E y alt. 86 m), situada 200 Km al Oeste de Shanghai.

MAPA LOCAL



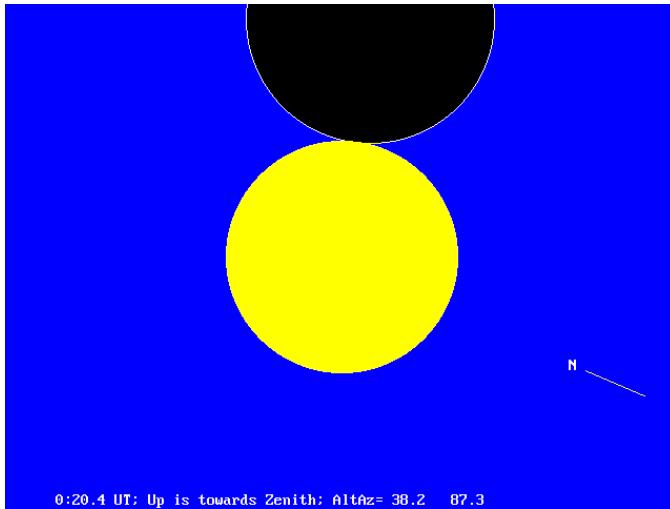
Desplazándose a 3460 Km/h, la totalidad correrá siguiendo el curso del río Yang tsé-kiang hasta alcanzar los meandros de Yuengyang y Nanchang. Pasará exactamente al Sur de la antigua capital Nanjing y cruzará Anji, conocida como la “Ciudad de Bambú”, para atravesar el delta del Yang tsé entre la populosa Shanghai y Ningbo, para salir al Mar de la China Oriental.

Las condiciones de visibilidad desde Anji (lat. 31° 35', long. 112° 03', alt. 86 m) son las que expone la tabla siguiente:

VISIBILIDAD DESDE ANJI									
Hora Un	Mag	Sup	An pos S	An pos L	Alt	Acim	Dur	D _S /D _L	Ang Hor
00:20:24	-0,000	0,000	286° 36'	353° 12'	38° 12'	087° 18'	-	1,073	20h 12m 43s
01:35:24	1,036	1,000	018° 48'	084° 24'	54° 18'	097° 42'	-5:48	1,076	21h 27m 41s
02:57:24	0,000	0,000	111° 24'	165° 00'	71° 06'	119° 06'	-	1,079	22h 49m 40s

La duración total del eclipse en Anji será, pues, de 2h 7m.

Los gráficos que siguen muestran las fases del eclipse. El cenit queda hacia arriba.

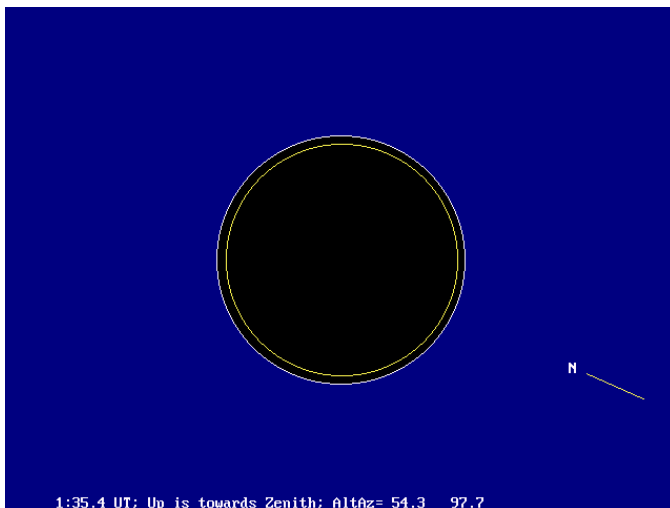


PRIMER CONTACTO

Hora: 00:20:24

Altura: $38^{\circ} 12'$

Acimut: $87^{\circ} 28'$

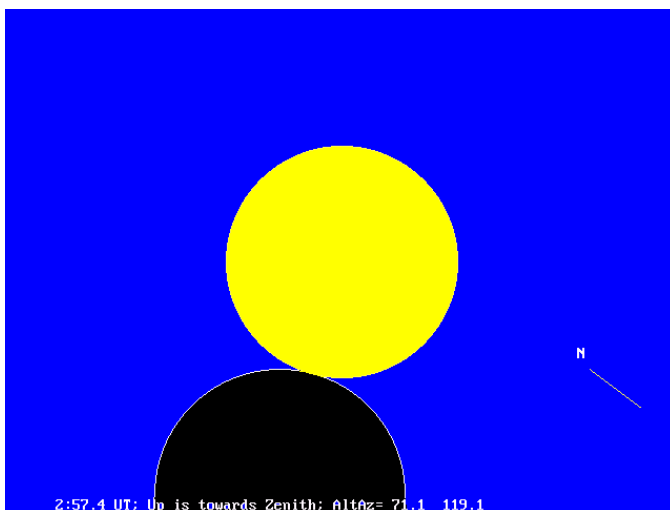


MÁXIMO

Hora: 01:35:24

Altura: $54^{\circ} 18'$

Acimut: $97^{\circ} 42'$



ÚLTIMO CONTACTO

Hora: 02:57:24

Altura: $71^{\circ} 06'$

Acimut: $119^{\circ} 06'$

Obsérvese que la trayectoria aparente de la Luna es casi perpendicular al horizonte.

PROPUESTA PARA LA OBSERVACIÓN

La combinación de larga duración de la totalidad (5:48 desde Anji) con el 50% de posibilidad de presencia de nubes, aconsejan diversificar los modos de observación de este eclipse. En consecuencia, nuestra propuesta es efectuar cuatro tipos de trabajo de campo, óptico, radioeléctrico, GPS y gravimétrico. De esta forma aún con una cubierta de nubes total se podría cumplir el 75% de las observaciones programadas.

Nuestra propuesta aprovecharía la larga duración de la totalidad para llevar a cabo experimentos que requieren cierta perseverancia para arrojar algún resultado, bien por razones de estadística (repeticiones), bien por complejidad de la ejecución.

Observación óptica. Corona y protuberancias solares.

La observación de un eclipse debe siempre comenzar por el cronometraje de los tiempos en que ocurren los distintos contactos. La mejor manera de realizar este trabajo consiste en elaborar un video foto a foto, efectuando disparos en ráfaga durante los tiempos de dichas efemérides. No obstante, las condiciones meteorológicas de la zona no dan lugar a muchas expectativas de buena visibilidad durante todas las fases, por lo que es aconsejable reservar esta actividad para el caso en que sea posible.

Nuestra propuesta es fotografiar la corona solar para estimar su tamaño al principio del ciclo de actividad de 11 años (se estima que el ciclo actual comenzó el pasado Octubre). Esta fotografía se tomaría con un telescopio de campo ancho y sin filtros y se efectuarían múltiples tomas con distintas exposiciones para conseguir captarla en toda su extensión, incluyendo los filamentos débiles de la periferia. El proceso de apilamiento de las fotografías por medio de recursos informáticos se llevaría a cabo al regreso del viaje.



Ejemplo de fotocomposición de la corona solar

Telescopio de focal corta.

obtenida en Libia por compañeros de la AAM

La segunda propuesta consiste en observar la cromosfera durante el desarrollo del eclipse, con un telescopio solar provisto de un filtro de hidrógeno alfa ($H\alpha$). Si es posible, se trataría de fotografiar las prominencias solares visibles, aprovechando el oscurecimiento del disco solar producido por la Luna. Se espera así poder captar antes de la totalidad los delicados detalles de los filamentos y de los arcos que presente el limbo solar. Estos mismos rasgos serán más difíciles de fotografiar durante la totalidad, debido al gran tamaño del disco lunar. También existe la posibilidad de tomar las imágenes con cámara web.



Telescopio solar con filtro $H\alpha$



Foto del Sol en $H\alpha$

Protuberancias solares con WebCam

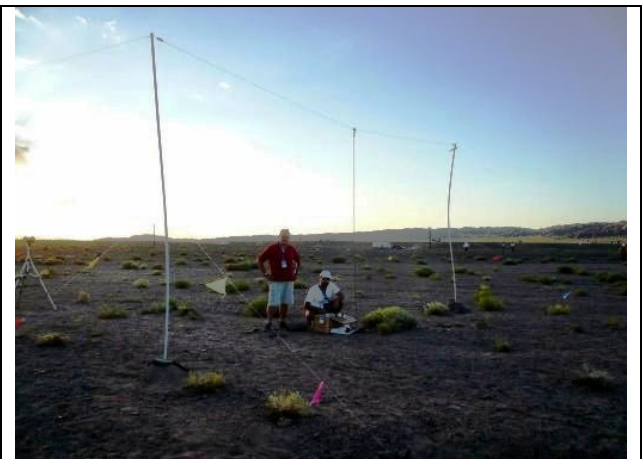
Observación radioelétrica. Medida del tamaño del Radiosol.

Nuestra propuesta es utilizar un radiotelescopio didáctico portátil, que pueda ser transportado sin dificultad. Tal es el receptor del Proyecto RadioJove, recomendado por NASA para fines docentes. El experimento consistiría en averiguar la relación de diámetros del radiosol y del Sol óptico, comparando los tiempos de ocultación y emersión en ambos campos. Para este menester no es necesario contar con un equipo de alta directividad ni sensibilidad.

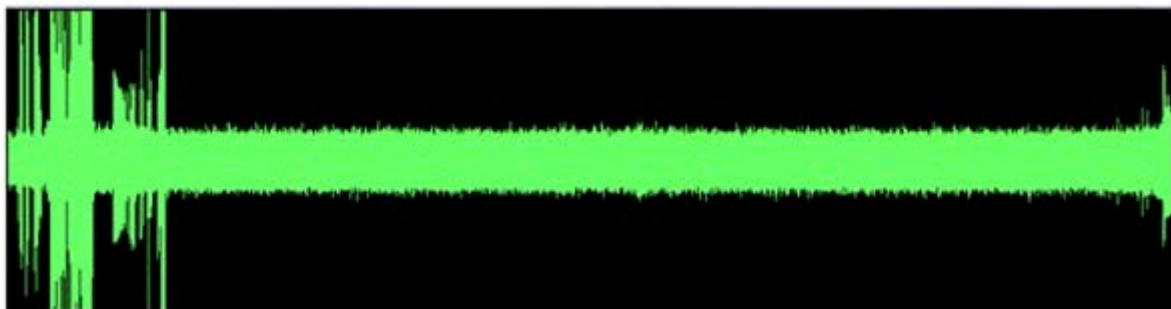
Este experimento fue intentado durante el eclipse del año pasado, pero la escasa experiencia con el instrumento malogró el resultado. La salida audible del radiotelescopio era grabada en un registrador MP3 utilizando un altavoz y un micrófono, pero la falta de protección del micrófono (éste y el altavoz estaban al aire libre) no impidió que el viento incidiera sobre dicho instrumento y que su soplo se sobrepusiera a cualquier otra radioseñal del Sol.



El receptor RadioJove



El radiotelescopio instalado en Yiwu.



La salida audible sólo muestra el registro plano del viento soplando sobre el micrófono. Los picos al principio y al final corresponden a las voces de los observadores.

Para la presente ocasión el plan es llevar la salida del radiotelescopio al grabador por medio de un cable, sin utilizar el micrófono, lo que requiere alguna manipulación menor del grabador.

Observación mediante GPS. Estima de la atracción combinada del Sol y la Luna.

Esta propuesta pretende evidenciar el efecto combinado de la atracción gravitatoria del Sol y de la Luna sobre los satélites del servicio GPS. Aunque los efectos gravitatorios de ambos astros se suman en todas las sicigias, como bien prueban las mareas, este efecto es máximo durante un eclipse. La idea es que el mismo efecto sobre los satélites GPS debe producir cierta aceleración, que merecería la pena tratar de detectar.

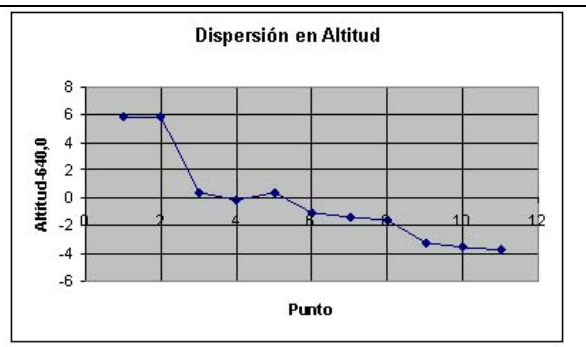
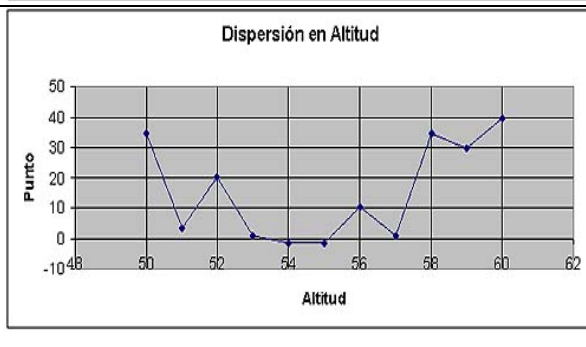
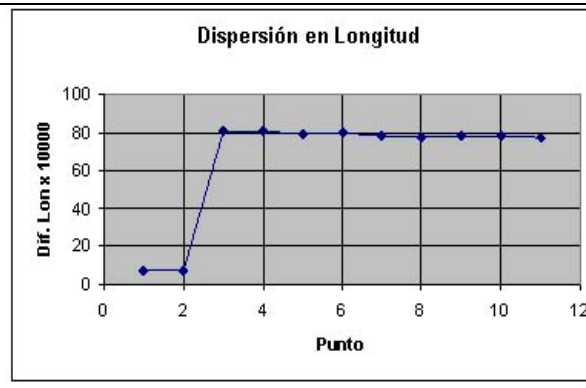
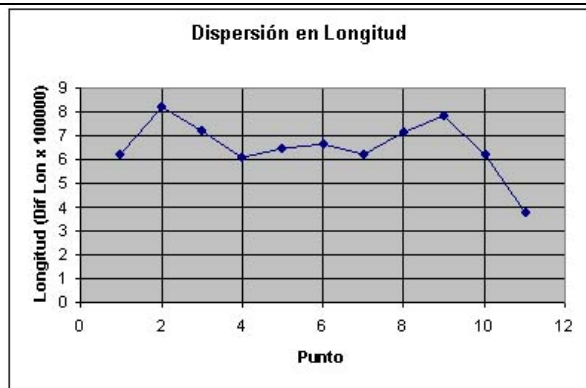
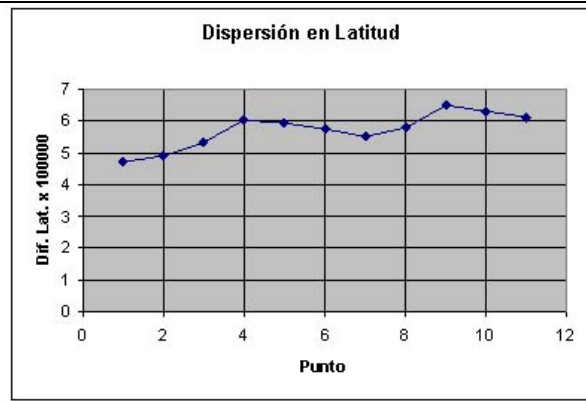
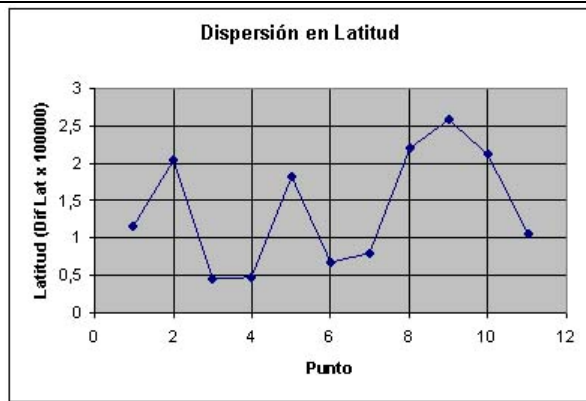
Al proponer este experimento, somos conscientes de que la exactitud de las medidas que entrega un receptor GPS es demasiado basta para pretender determinar con ellas un fenómeno tan sutil. Pero creemos que existe una posibilidad de hacerlo estadísticamente, aprovechando la enorme cantidad de cifras (14 decimales) que genera el receptor. Estas cifras, que no son significativas, muestran un patrón de dispersión distinto cuando la Luna y el Sol se hallan en sicigia que cuando están en cuadratura.

Punto	Latitud	Longitud
50	43,45491165295250	94,83556176535790
51	43,45492037013180	94,83558213338260
52	43,45490452833480	94,83557182364170
53	43,45490477979190	94,83556092716760
54	43,45491827465600	94,83556427992890
55	43,45490687526770	94,83556612394760
56	43,45490804873410	94,83556218445310
57	43,45492196269340	94,83557106927050
58	43,45492573454980	94,83557811006910
59	43,45492120832210	94,83556218445310
60	43,45491064722220	94,83553812777780

Las coordenadas geográficas que proporciona un receptor GPS contienen 14 cifras decimales. La dispersión es notable a partir de las cienmilésimas.

Los datos obtenidos en Yiwu durante el eclipse del 1 de Agosto, dejan entrever que la dispersión fluctúa algo más durante el eclipse que durante la sicigia, pero tratándose de una medida estadística, es necesario disponer de un cuerpo de datos mucho más abundante para presentar un resultado aceptable. Nuestra propuesta consiste en continuar acumulando datos de dispersión durante eclipses, aprovechando la gran duración del que nos ocupa.

ECLIPSE



Observación del péndulo de Allais.

El “efecto Allais” consiste en una supuesta precesión anómala del plano de oscilación de un péndulo durante un eclipse de Sol. En el momento actual el experimento para repetir la observación “carambolesca” de Maurice Allais está en periodo de desarrollo, en colaboración de otros participantes en las expediciones anteriores.

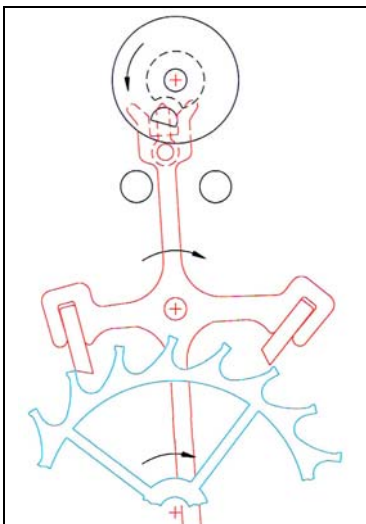
Referencias:

http://en.wikipedia.org/wiki/Allais_effect

<http://www.allais.info/priorartdocs/lawgrav.htm>

Antecedentes:

La propiedad de isocronismo de las oscilaciones de un péndulo fue descubierta por Galileo Galilei, cronometrando el período de las oscilaciones de una lámpara de la catedral de Pisa y utilizando su pulso como reloj. Más tarde descubrió experimentalmente la ley del péndulo, según la cual el período de oscilación sólo depende de la longitud. A pesar de estas pruebas de agudeza, Galileo no fue capaz de construir un reloj de péndulo aprovechando estos descubrimientos clave.



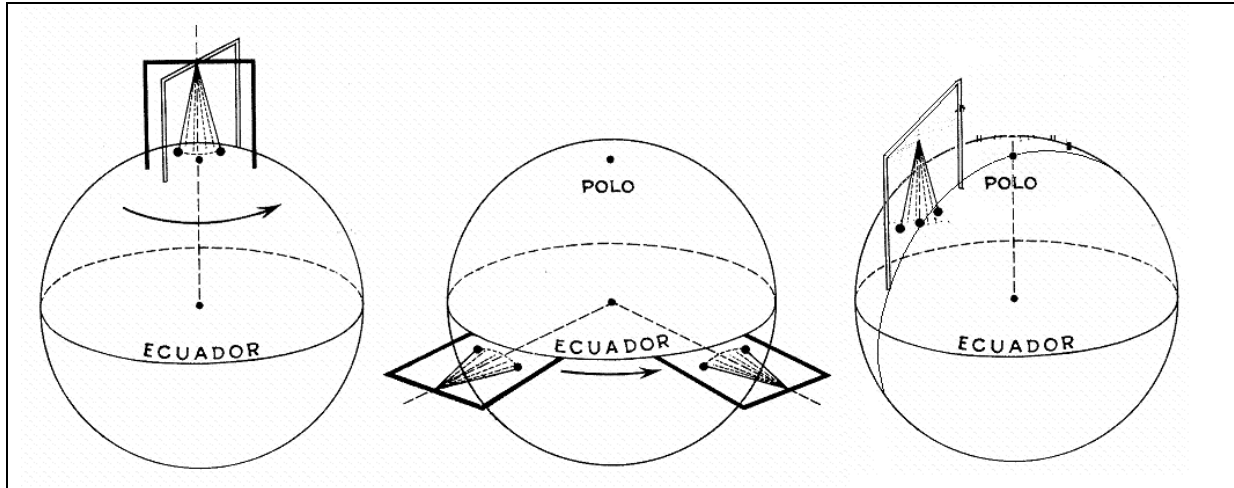
Este honor correspondió a Christiaan Huygens, quien encontró la manera de regular el movimiento rotatorio de una rueda dentada mediante un péndulo provisto de un ánclora con dos zapatas, retén y escape. Se hacía girar a la rueda mediante un contrapeso suspendido de un hilo arrollado a un tambor solidario con ella. El ánclora sincronizaba también el impulso mecánico que mantenía entretenidas las oscilaciones. De esta forma, Huygens construyó el primer reloj mecánico que registra la historia.

Más tarde Leon Foucault se sirvió del péndulo para una utilidad que nada tenía que ver con la medida del tiempo. Lo utilizó para demostrar la rotación de la Tierra a los defensores de hipótesis geoestacionaria.

El método de Foucault se basaba en el movimiento de precesión de un péndulo que oscila suspendido de un gancho con dos grados de libertad, de modo que permita variar la orientación del plano de oscilación.

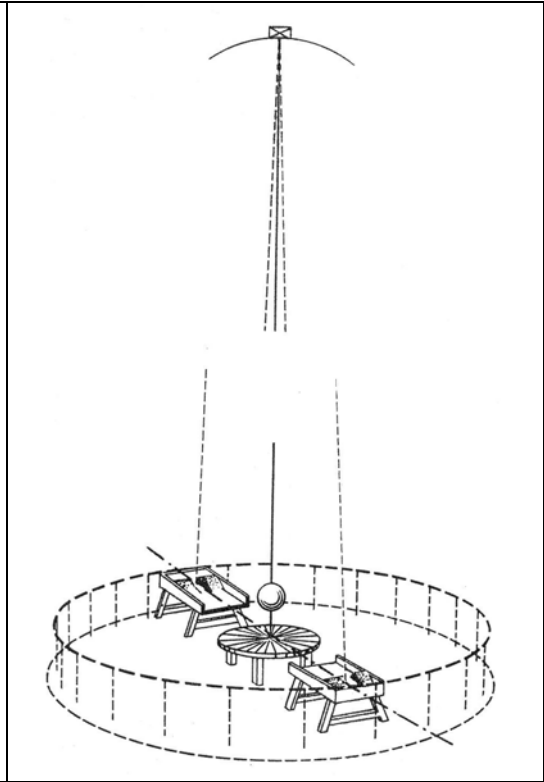
De este modo, al girar la Tierra el péndulo puede continuar oscilando en el mismo plano, a pesar de que el gancho que lo sujeta girará con la Tierra. Entonces, a un observador que lo contemple le parecerá que el plano de oscilación del péndulo varía y esa alteración aparente del plano es lo que se denomina “precesión”.

El fenómeno se entiende perfectamente si se supone el péndulo colocado en un polo terrestre. Según gira la Tierra, la precesión hará que el plano de oscilación gire un ángulo igual y en sentido contrario, de modo que completará una revolución en 24 horas. Es decir, que la velocidad del movimiento de precesión será de 15 grados/hora.



Sin embargo, el mismo péndulo situado exactamente en el ecuador terrestre y oscilando en la dirección Este-Oeste, no experimentará precesión alguna, porque el suelo no girará bajo él.

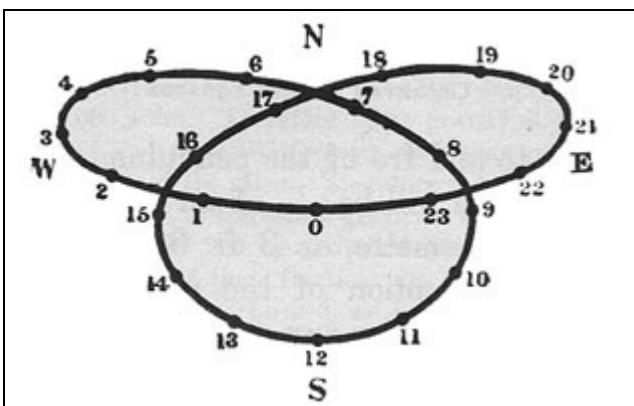
Si se coloca el péndulo en un punto de latitud intermedia y se le hace oscilar en sentido Norte-Sur, entonces aparecerá movimiento de precesión, debido al efecto Coriolis. Es decir, a la exigua diferencia entre las velocidades lineales con que rota la Tierra en el paralelo más boreal que alcanza la masa pendular en elongación Norte, y el paralelo más austral a que llega la misma en elongación Sur. Por ser esta diferencia de velocidades tan pequeña, el movimiento de precesión es mínimo y depende de la latitud.



En general, la velocidad de precesión vendrá corregida por el inverso del seno de la latitud (o sea por la cosecante de la latitud), de modo que en Madrid sería de 37 horas. Es claro que si se elige el ecuador terrestre y se hace oscilar al péndulo en sentido Norte-Sur, tampoco se detectará precesión alguna, porque los paralelos máximos Norte y Sur que alcance la masa pendular serán simétricos.

Foucault demostró la rotación de la Tierra colgando un péndulo de 67 m de longitud y 28 Kg de masa, en el Panteón de París. La velocidad del movimiento de precesión resultó de 11 grados por hora.

A finales del siglo XIX, el astrónomo George Darwin, segundo hijo del naturalista y F.S.R., encontró, estudiando las interacciones de la Luna y las mareas con un péndulo, que la Luna influye en el plano de oscilación. ¡Incluso aunque el péndulo se halle sobre el ecuador terrestre!



En efecto, en el caso particular en que la Luna se halla sobre el ecuador celeste y el péndulo sobre el ecuador terrestre, la dirección de la precesión se entrecruza tres veces a lo largo del día, dibujando una curva con forma de trébol.

En palabras del propio Darwin:
The curves which are traced out by a pendulum present an infinite variety of forms, corresponding to various positions of the observer on the earth and of the moon in the heavens.

En la segunda mitad del siglo XIX, el matemático francés Jules Antoine Lissajous utilizó un péndulo de arena para comparar oscilaciones ortogonales de distinta frecuencia. Las curvas trazadas por el rastro de arena sobre una superficie plana reciben el nombre de “curvas de Lissajous”.

Por último, a mediados del pasado siglo (1954), el físico Maurice Allais halló un comportamiento anómalo en la precesión de un péndulo durante un eclipse total de Sol, exactamente entre el primero y el último contactos (2,5 horas). La velocidad pasó de 11 a 13,5 grados/hora.

Cinco años después Allais repitió su experimento durante otro eclipse, obteniendo resultados similares. Desde entonces, el experimento se ha repetido 7 veces por otros observadores, dando resultados positivos y negativos.

La opinión más en boga actualmente es la que ha dado el Dr. David Noever, del Marshall Space Center de NASA:

"La interpretación inicial de los registros apunta tres posibilidades: un error sistemático, un efecto local o algo desconocido".

Nuestra propuesta

Tomamos en consideración la advertencia del Dr. Noever y tratamos de evitar que factores, como el “viento del eclipse” influya en la medida encerrando nuestro dispositivo en una campana de plástico transparente.

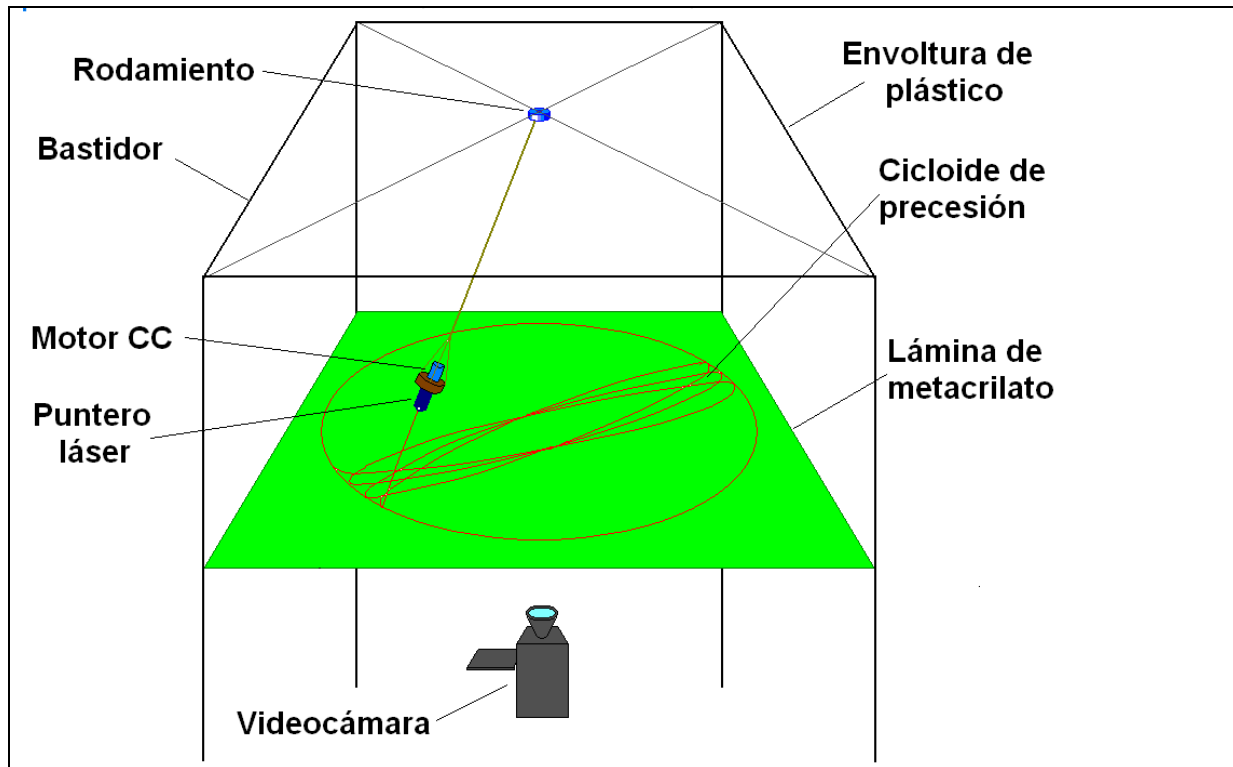
NOTA: el viento del eclipse se produce por el enfriamiento parcial de la zona ocupada por la sombra de la Luna (de unos 250 Km de diámetro), con respecto a las regiones circundantes, calentadas por el Sol. Esta corriente produce una pequeña depresión (milipascales), detectable con un barómetro suficientemente sensible.

En segundo lugar, la baja latitud geográfica de Anji ($31^{\circ} 35'$) determina que el período de precesión del péndulo sea de 45,8 horas, o sea que la velocidad será de 0,008 grados por minuto. En consecuencia, la variación total del plano de precesión durante las 2h 7m de duración del eclipse, será de $1,11^{\circ}$.

Para incrementar la tasa de precesión sin perturbar los posibles fenómenos gravitatorios que se puedan producir, nuestra propuesta consiste en utilizar una variante del péndulo de arena de Lissajous, substituyendo el rastro de arena por el haz de luz de un láser rojo proyectado sobre una pantalla translúcida verde.

Para la segunda oscilación, proponemos utilizar el método del helicóptero, es decir, montar un pequeño motor eléctrico sobre el péndulo, cuyo par rotor obligue a éste a describir una cicloide que se captará con una cámara de video situada por debajo de la pantalla.

El péndulo estaría formado por un contrapeso del telescopio (2,5 Kg) suspendido de un rodamiento que permita la precesión.



REPERCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Tras el análisis de los datos obtenidos en los cuatro experimentos propuestos, se pretende realizar un artículo científico que resuma de manera didáctica el desarrollo y ejecución de los experimentos así como las conclusiones más importantes derivadas del estudio de las observaciones. Este artículo se enviará para su publicación a diversas revistas de divulgación científica de tirada nacional, alguna de las cuales ha mostrado ya su interés.

Además se propondría presentar una charla en la próxima reunión científica de la Sociedad Española de Astronomía, que tendrá lugar en Madrid en el año 2010. Esta charla tendrá como objetivo dar a conocer las actividades de astronomía fundamental de INSA tomando como ejemplo la realización de esta serie de experimentos.

Asimismo se contempla la posibilidad de ofrecer otra presentación oral en ESAC dentro del marco de los seminarios científicos que quincenalmente tienen lugar en el centro.

Sobra decir que si de alguno de los experimentos (especialmente el relacionado con las alteraciones gravimétricas) se desprende alguna conclusión novedosa y/o significativa se optaría por su publicación en una revista científica de tirada internacional sometida a un sistema de revisión *inter pares*.