GIBAS DE MARTE

Rosa M. Ros, Ederlinda Viñuales – Atrévete con el Universo

La Tierra está situada entre medio de los nueve planetas del sistema solar, eso hace que nuestras observaciones sean diferentes según el planeta esté más cerca o más lejos del Sol que nosotros.

Los planetas que tienen la órbita mayor que la nuestra se llaman exteriores (Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno). Al observarlos desde la Tierra no presentan nunca fases como la Luna, como mucho, podemos llegar a presenciar una pequeña deformación de la circunferencia, lo que normalmente se llama una giba. En particular Marte, visto desde la Tierra a veces se ve giboso.

Al girar el planeta entorno del Sol, la superficie que da hacia él refleja la luz solar, mientras que la otra parte queda oscura (figura 1).

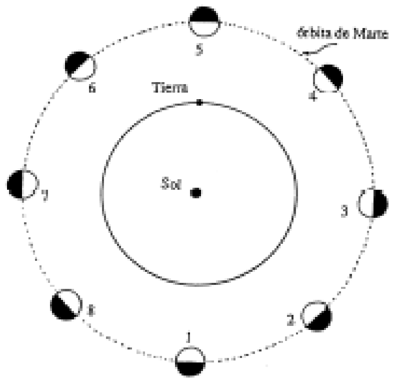


Figura 1: Posiciones de Marte al girar alrededor del Sol, y zona que este astro ilumina.

Visto desde el Sol, el planeta siempre se ve perfectamente redondo y totalmente iluminado, pero desde nuestra posición, cuando Marte está cerca de la conjunción (figura 2) no presenta ningún tipo de deformación sino que se ve bien redondo (figura 1: posiciones 1, 2 y 8).

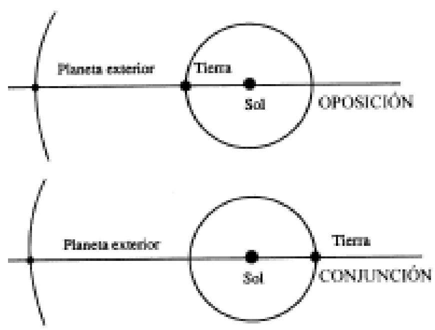


Figura 2: Posiciones de un planeta exterior respecto de la Tierra y el Sol. El planeta está en oposición si la Tierra y el Sol están en el mismo lado.

El planeta está en conjunción si el Sol está entre la Tierra y el planeta. Cuando Marte está cerca de la oposición (figura 1: posición 5), antes de que esta se de o poco después que haya tenido lugar (figura 1: posiciones 3, 4, 6 o 7), la circunferencia del planeta se ve deformada, es decir gibosa (figura 3: posiciones).

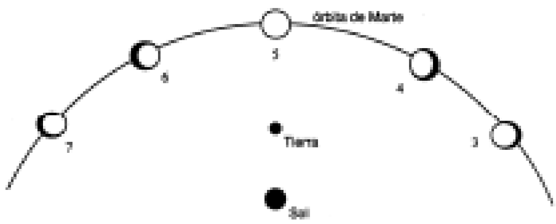


Figura 3: Gibas de Marte vistas desde la Tierra cuando está cerca de la oposición correspondientes a la figura 1. Marte no tiene gibas cuando está cerca de la conjunción.

A continuación pasamos a estudiar este fenómeno para el planeta Marte. Fotografiaremos un par de veces el planeta en un intervalo de unos pocos meses, cuando esté cerca de la oposición. Estas fotografías nos permitirán calcular la distancia que nos separa de Marte así como el radio de su órbita respecto del Sol si la suponemos redonda (fotos 1 y 2).

Seguidamente exponemos los razonamientos que aplicamos a la fotografía 1 para conseguir nuestro objetivo. Las fórmulas obtenidas se pueden usar también en la fotografía 2, nada más sustituyendo el índice 1 por 2.
En primer lugar, para cada fotografía deduciremos la fase $\mathbf{F_1}$, es decir el tanto por uno, de la zona iluminada $\mathbf{i_1}$ respecto del diámetro $\mathbf{d_1}$ que presenta el planeta (figura 4).

$$F_1 = \frac{i_1}{d_1}$$

donde F_1 = fase, siempre $0 \le F_1 \le 1$, i_1 = amplitud de la zona iluminada (en cm) y d_1 = diámetro aparente del planeta (en cm)

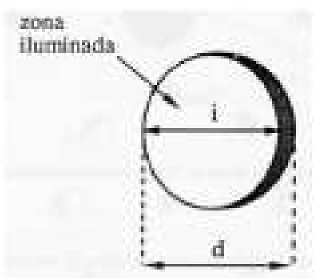


Figura 4: Planeta en fase, donde destaca el diámetro d y la zona iluminada i

A continuación relacionamos la zona iluminada con el ángulo **a**, que desde Marte recoge la distancia Tierra - Sol, el que se llama ángulo de fase (figura 5)

$$i_1 = \frac{d_1 \left(1 + \cos a_1\right)}{2}$$

donde a_1 = ángulo de fase, bajo el que se ve desde Marte la distancia Tierra - Sol.

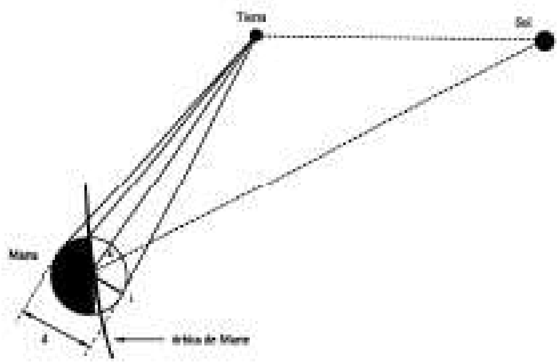


Figura 5: Posiciones relativas de la Tierra, Marte y el Sol, donde figura el ángulo de fase a.

De las dos fórmulas anteriores, podemos calcular el ángulo de fase $\mathbf{a_1}$ correspondiente a cada fotografía, usando la fase $\mathbf{F_1}$ obtenida antes:

$$a_1 = ar\cos(2F_1 - 1)$$

Siguiendo pues este proceso para cada una de las fotografías que tenemos, (fotos 1 y 2) calculamos las fases $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$, y los ángulos de fase $\mathbf{a_1}$ y $\mathbf{a_2}$.

Suponiendo que Marte describe una órbita circular de radio **R** alrededor del Sol, podemos calcular la distancia que nos separa del planeta así como el mismo radio **R**. Adoptamos la distancia Tierra - Sol igual ala unidad, considerando las posiciones relativas de los tres astros. Estas varían considerablemente al ser el planeta exterior y en consecuencia el radio **R** de la órbita es superior a 1 (distancia Tierra - Sol), y por tanto la distancia de Marte a nosotros puede variar entre **R - 1** y **R + 1**.

Como hemos detallado antes, el fenómeno de las gibas nada más se da cuando estamos cerca de la oposición. Consideraremos pues nada más esta posibilidad (figura 6).

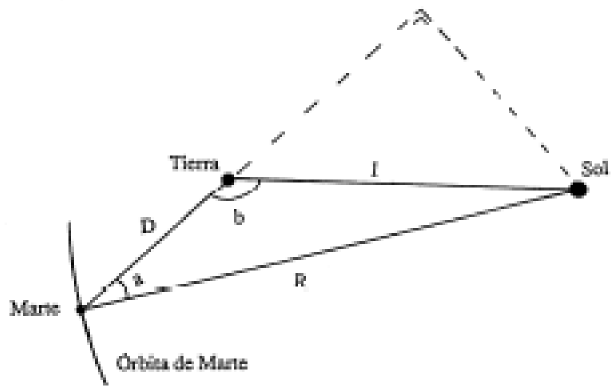


Figura 6: Posiciones relativas de la Tierra, Marte y el Sol.

Cuando estemos cerca de la oposición, el ángulo desde la Tierra bajo el que se ve el radio de la órbita de Marte, es casi de 180 grados. Tenemos pues de la figura 6:

$$R = \frac{sen\, b_1}{sen\, a_1}$$

donde *R* es el radio de la órbita de Marte entorno al Sol (u.a.) y b_1 el ángulo bajo el que se ve desde la Tierra la distancia de Marte al Sol, para la fotografía 1.

Dado que el ángulo $\mathbf{b_1}$ es obtuso, de la última expresión que permite deducir el coseno del ángulo $\mathbf{b_1}$ en función de **R** y del ángulo de fase $\mathbf{a_1}$, escogiendo la determinación negativa de la raíz. Sustituyendo el mencionado coseno de **b1** en la expresión de la distancia $\mathbf{D_1}$, obtenemos:

$$D_1 = R\cos a_1 - R\sqrt{\frac{1}{R^2} - sen^2 a_1}$$

$$K = \frac{d_1}{d_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Es evidente que el diámetro del planeta es inversamente proporcional a la distancia **D** de la Tierra a él. Por tanto si disponemos de dos observaciones fotográficas se verifica la proporcionalidad siguiente:

$$K = \frac{d_1}{d_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

donde d_1, d_2 son los diámetros de Marte en cada fotografía y D_1, D_2 es la distancia de la Tierra a Marte en cada fotografía.

A partir de las dos fotografías (fotos 1 y 2) que disponemos de Marte, se pueden medir los diámetros $\mathbf{d_1}$ y $\mathbf{d_2}$, así como las dos fases $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$, y los dos ángulos de fase $\mathbf{a_1}$ y $\mathbf{a_2}$. Usando pues las fórmulas detalladas antes, obtendremos la constante **K**, y podremos por tanto establecer una relación entre las dos distancias $\mathbf{D_1}$ y $\mathbf{D_2}$ de Marte a la Tierra que queremos calcular:

$$K = \frac{\cos a_2 - \sqrt{\frac{1}{R^2} - \sin^2 a_2}}{\cos a_1 - \sqrt{\frac{1}{R^2} - \sin^2 a_1}}$$

donde la única incógnita a calcular es la **R**, mientras que **K**, $\mathbf{a_1}$ y $\mathbf{a_2}$ son datos conocidos a partir de las fotografías.

Resolviendo la ecuación irracional, se obtiene el radio de la órbita de Marte:

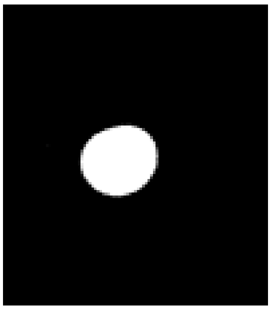
$$R=\frac{K^2-1}{\sqrt{\left(K^2-1\right)^2+4K^2\left(\cos^2 a_1+\cos^2 a_2\right)-4K\left(K^2+1\right)\cos^2 a_1\cos^2 a_2}}$$

Resultado que sustituiremos en las expresiones:

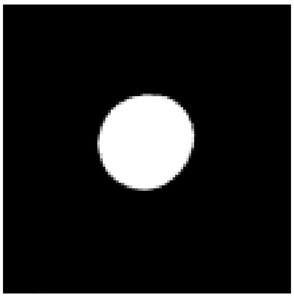
$$D_1=R\cos a_1-R\sqrt{\frac{1}{R^2}-\sin^2 a_1}$$

$$D_2=R\cos a_2-R\sqrt{\frac{1}{R^2}-\sin^2 a_2}$$

nos permite calcular la distancia que nos separa de Marte cuando realizamos las dos fotografías.



Fotografía 1 realizada el 27/07/86.



Fotografía 2 realizada el 2/09/86.

Conocidos todos los parámetros que sitúan el planeta, sugerimos comprobar esta información obtenida, con los esquemas de las figuras iniciales (figuras 1 y 3). En primera aproximación podemos asociar cada fotografía (fotos 1 y 2), con una de las posiciones 3, 4, 5, 6 y 7 de las figuras mencionadas. No se pretende gran precisión pues la figura realmente correcta debería tener en cuenta nuestro propio movimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Ros, R.M., Teaching several themes relating to inner and outer planets, European Journal of Physics, 20, Bristol. 1999.

- Ros, R.M., Viñuales, E., Saurina, C., Astronomía: Fotografía y Telescopio, Mira Editores. Zaragoza, 1993