



Olimpiadas Metropolitanas de Física
Nivel único
Problema de desarrollo

NOMBRE COMPLETO:.....
ESCUELA A LA QUE PERTENECE:.....
NÚMERO DE EXAMEN:.....

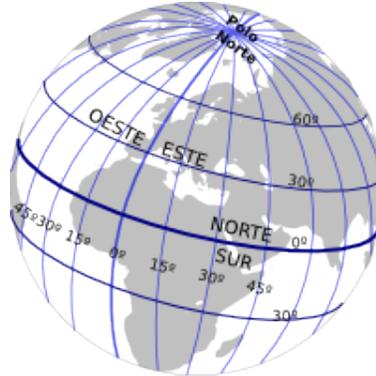


Figura 1: Esquema de latitud y longitud en el globo terráqueo. Noten que ambas magnitudes son ángulos.

Geolocalización

Alrededor del siglo VIII a.C., Homero escribía en la Odisea:

“Entonces Ulises izó las velas y guió su barco habilidosamente con el timón, con los ojos bien abiertos, mientras miraba las Pléyades, y la Osa Mayor, que los hombres también conocen como El Carro y que siempre se mantiene describiend círculos donde está y no toma parte de los baños del océano. Fue esta estrella la que le dijo Calipso, la hermosa diosa, que mantuviera siempre a su izquierda mientras navegara por el mar.”

Pregunta 1

Sabiendo que la Osa Mayor se encuentra siempre sobre el Polo Norte, ¿en qué dirección tenía que viajar Ulises?

Al navegar en el mar, poder localizarse no es tan sencillo como en tierra. En tierra firme, simplemente podemos clavar un poste y marcar una esquina como “Corrientes y 9 de Julio” o reconocerla directamente por el Obelisco. De más está decir qué pasaría si intentáramos hacer una marca parecida en el medio del océano. Por eso, a la hora de aventurarnos al altamar, ya sea nosotros, ya sea Ulises, necesitamos un poco más de ingenio para poder saber dónde estamos.

El método que menciona Homero en el pasaje de la Odisea que mencionamos se conoce como *Navegación Celestial*, y ésta es la referencia más antigua que hay en la literatura. A lo largo de este problema vamos a ver distintos métodos para poder ubicarnos en la Tierra, la *geolocalización*. Podemos ver en la figura que, si nos movemos en la superficie de la Tierra, necesitamos sólo dos ángulos para poder ubicarnos, los que conocemos de Geografía como *latitud* y *longitud*.

Por ejemplo, para poder medir la latitud, se utilizan las llamadas *estrellas circumpolares*, que giran alrededor de alguno de los polos y siempre son visibles. La constelación más utilizada en el hemisferio sur para la geolocalización es la conocida como *Cruz del Sur*. Esta constelación

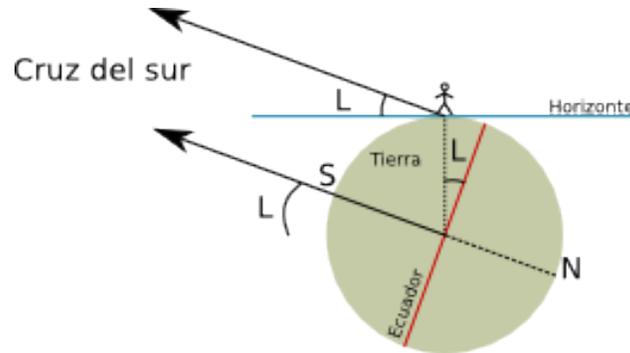


Figura 2: El ángulo L que se forma entre el horizonte y la dirección hacia la cruz del sur es igual a la latitud del observador

está ubicada de modo tal que se mantiene siempre sobre el polo sur. De esta manera, como podemos ver en la figura, simplemente medir el ángulo que tiene ésta con el horizonte basta para saber nuestra latitud en la Tierra. Este método para calcular la latitud se utiliza desde la antigüedad, pero el problema de calcular el otro ángulo, la longitud, fue tan difícil que incluso en el año 1714 la corona británica decidió organizar un concurso en búsqueda de un método simple y práctico para medir la longitud, lo que se llamó *El Premio de la Longitud*. El premio recién se entregó en el año 1765 a un tal John Harrison, y su invento fue... ¡un reloj!¹

Pregunta 2

¿Se te ocurre cómo se puede usar un reloj para poder calcular la longitud? *Pista: considerará que los marineros pueden encontrar exactamente el momento en el cual el sol está en su punto más alto*

Ahora que podemos encontrar la latitud y la longitud en cualquier punto de la tierra, podemos ponernos en la piel de una tripulación que, en un viaje transatlántico, tuvo que soportar una feroz tormenta y finalmente pudo retomar el curso en el medio del Atlántico: $35,3^{\circ}\text{S}, 12,7^{\circ}\text{W}$. Afortunadamente esta tripulación no sólo tiene las estrellas para guiarse, como Ulises, sino que además tiene una brújula.

Pregunta 3

¿En qué dirección deben ir para llegar al Porto de Recreio, en Portugal, ubicado en $38,7^{\circ}\text{N}, 9,3^{\circ}\text{W}$? Supongamos que el viaje lo hicieron en 8 horas a una velocidad promedio de 60 km/h, y en línea recta, ¿podrían estimar con esto el radio terrestre?

Más adelante en el tiempo, allá por el año 1995, se puso en funcionamiento el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés). Su funcionamiento se basa en el concepto de la trilateración, que consiste en usar las localizaciones conocidas de dos o más

¹Vale aclarar que ya sabían todos que un reloj se podía usar para medir la longitud, pero lo que faltaba era hacer un reloj que se mantuviera sincronizado apropiadamente en altamar.

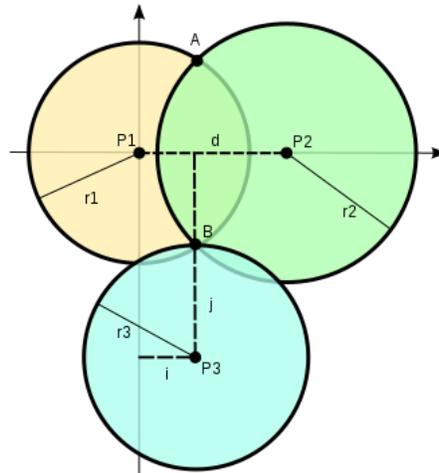


Figura 3: Estando en **B**, queremos conocer su posición relativa a los puntos de referencia **P1**, **P2**, y **P3** en un plano bidimensional. Al medir r_1 se reduce nuestra posición a una circunferencia. A continuación, midiendo r_2 , la reducimos a dos puntos, **A** y **B**. Una tercera medición, r_3 , nos devuelve nuestras coordenadas en **B**.

puntos de referencia (los satélites, en el caso del GPS), y la distancia medida entre el sujeto y cada punto de referencia, como se ve en la figura .

¿Cómo hace el receptor para poder conocer las posiciones de los satélites y las distancias? Cada satélite transmite continuamente un mensaje (una señal electromagnética), que incluye la hora a la que se emitió, medida con un reloj atómico y la posición del satélite en ese momento. De esa forma, sabiendo que dicho mensaje viaja a la velocidad de la luz, el receptor puede calcular todos los datos necesarios para poder aplicar la trilateración.

Cabe mencionar que este es un modelo muy simplificado del funcionamiento real del GPS. Hay una larga serie de correcciones muy relevantes que se deben llevar a cabo. Entre otras, se debe tener en cuenta que la señal emitida por los satélites debe atravesar la atmósfera terrestre. Además, al ser ondas electromagnéticas, se ven afectadas por el aumento o la disminución de la radiación que llega desde el sol (viento solar).

Pregunta 4

Para entender el concepto de la trilateración en el funcionamiento del GPS, estudiémosla en un plano. Supongamos que tenemos tres satélites, en los puntos $(0, 0)$, $(12, 0)$ y $(6, 12)$. Luego de todos los cálculos pertinentes, se halla que las distancias de dichos satélites al receptor son 6, 6 y 20, respectivamente. ¿En qué punto se encuentra el receptor?