

Procedimiento analítico para la determinación de las coordenadas geográficas de un punto: aplicación del ángulo paraláctico según el método del capitán Rueda¹

Introducción

En el ámbito de la astronomía náutica y la navegación, es común encontrar la idea de que el ángulo paraláctico no tiene aplicación práctica en estas disciplinas. Esta percepción ha llevado a que tradicionalmente no se incluyan ejercicios ni métodos que lo incorporen en los tratados especializados. Sin embargo, al revisar los procedimientos analíticos históricos para calcular la latitud observada en la mar, como los derivados del modelo de Douwes (1740), se evidencia que el ángulo paraláctico ha sido empleado como parte esencial en diversos enfoques matemáticos. Su presencia en estos métodos demuestra que, lejos de ser irrelevante, puede desempeñar un papel clave en la determinación precisa de coordenadas geográficas.

En este contexto, el método desarrollado por el capitán Rueda representa una innovación en el posicionamiento astronómico, al incorporar el ángulo paraláctico como elemento clave para calcular la latitud y longitud geográfica de un punto. Basado en la trigonometría esférica y en la observación de alturas de dos astros, simultáneas o no, el procedimiento evita ambigüedades y reduce errores al prescindir de líneas loxodrómicas y estimas.

El algoritmo matemático propuesto se apoya en fórmulas trigonométricas clásicas, aplicadas al triángulo esférico, y permite determinar con precisión la situación del buque. La validación del método incluyó observaciones reales en navegación y fondeo, así como comparaciones con técnicas tradicionales como la Tangentes Marcq y Johnson. Reconocido por expertos como Ángel de Urrutia y la Dra. Josefina Ling. Este enfoque analítico destaca por su elegancia, rigor y aplicabilidad práctica en la navegación astronómica, consolidando su relevancia como alternativa moderna a los métodos clásicos de posicionamiento.

Perfil biográfico de José Rueda Espinés

El capitán Rueda nació en Barcelona en el año 1936 y cursó sus primeros estudios en las Escuelas Pías de San Antonio, donde comenzó a forjarse su vocación por el mar y la ciencia. Más adelante inició la carrera de Náutica en la Escuela Oficial de Náutica de Barcelona, institución en la que se formaron generaciones de marinos mercantes. En 1968 obtuvo el título de Capitán de la Marina Mercante, y tres décadas después, en 1998, alcanzó el grado de doctor en Náutica y Transporte Marítimo por la Universidad del País Vasco. Durante aproximadamente catorce años navegó en buques madereros, quimiqueros, de pasaje y de carga general, desempeñando funciones como piloto y capitán. Esta etapa en la mar le permitió conocer de primera mano los desafíos de la navegación astronómica, que más tarde abordaría desde una perspectiva analítica. Ya en tierra, ejerció labores de dirección en una compañía naviera y colaboró activamente en programas radiofónicos dedicados a temas marítimos y de gestión portuaria, incluyendo intervenciones en el programa Redes, dirigido por Eduardo Punset.

Desde 1974 fue profesor titular de Astronomía Náutica y Navegación en la Universidad Politécnica de Barcelona, donde contribuyó de manera significativa a la formación de futuros

¹ Este artículo constituye un resumen libre del trabajo original de Gabriel Pintos Amengual, publicado en UKR Journal of Arts and Humanities and Social Sciences, bajo el título “Trigonometric calculation of geographic latitude and longitude using the parallating”. The methods of González Aveño (1883), Dozier (1949), and Rueda (1998), Volume 1, Issue 3, 2025. Disponible en: <https://tools.sodapdf.com/es/document/c4c063b5-5340-4cfb-92d3-a6ce0b46c60f>

marinos mercantes. Se jubiló en el año 2001, tras una vida dedicada al mar, a la docencia y a la investigación, con aportes que siguen vigentes en el campo del posicionamiento astronómico.

Algoritmo de posicionamiento astronómico basado en el ángulo paraláctico

En su propuesta analítica, el capitán Rueda recurre a la circunferencia de alturas iguales como elemento clave para determinar la latitud (l_0) y longitud geográfica (L_0) de un punto de la Tierra. Para lo cual, considera los casos particulares de la circunferencia de alturas iguales y proponiendo la solución de la ambigüedad que puede surgir al cortarse las circunferencias en dos puntos, a excepción que sean tangentes, consistente en tomar como situación verdadera la más próxima a la situación del buque, o tomando los acimuts en el momento de la observación, lo que nos indicará en cuál de los dos puntos se encuentra el buque. De esta forma el capitán Rueda con la circunferencia de alturas iguales fundamenta su método aplicando las fórmulas fundamentales del triángulo esférico utilizadas en la astronomía de posición.

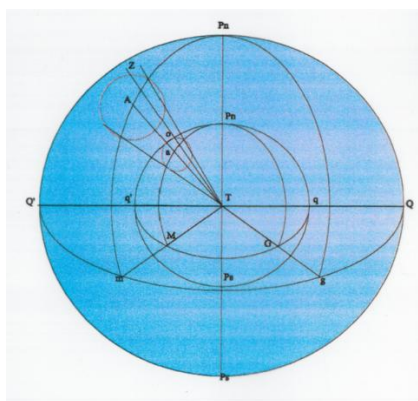


Figura 1. Circunferencia de alturas iguales. Fuente: Rueda, 1998, p. 229.

A partir de esta base teórica, el capitán Rueda procede a representar gráficamente los elementos esenciales del método, comenzando por las esferas celeste y terrestre, el meridiano de Greenwich y el círculo horario del astro (A) y sus correspondientes círculos en la esfera terrestre, meridiano de Greenwich y meridiano del punto astral (a). Por ser esferas concéntricas el arco (gm) ($hG < 180^\circ$) es igual al arco (GM) (Longitud de a) y el arco (Am) es igual al arco (aM) (latitud de a), de donde:

$$\text{latitud del punto astral (aM)} = \text{declinación del astro (Am)}$$

$$\text{Longitud del punto astral (gm)} = hG < 180^\circ \text{ (GM)}$$

De esta forma, conociendo las coordenadas del astro, se conocen las coordenadas terrestres del polo de iluminación o punto astral. A partir de esta igualdad el capitán Rueda propuso un nuevo método de posicionamiento astronómico por la observación de alturas simultáneas o no, de dos astros, previo el cálculo del ángulo paraláctico de uno de ellos.

Para lo cual cuenta con los datos siguientes: hora (TU) y fecha de las observaciones, que entrando en el Almanaque Náutico se obtiene la declinación de los astros dA_1 y dA_2 la hora en Greenwich de cada astro (hG); valor de las alturas de los astros a_1 y a_2 . En el caso que las observaciones no sean simultáneas se traslada por estima el primer polo de iluminación al momento del segundo.

Con estos elementos, el capitán Rueda expone el procedimiento a seguir, apoyado en la figura 2, donde representa A_1 y A_2 correspondiente a los polos de iluminación de los astros observados de alturas a_1 y a_2 , Z el Cenit.

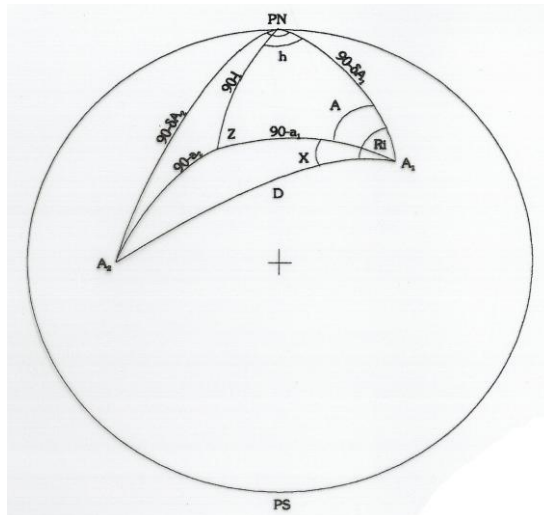


Figura 2. Ilustración utilizada por el capitán Rueda para el desarrollo de su método analítico mediante el ángulo paraláctico.

En el triángulo A_1PA_2 :

A_1PA_2 = diferencia de longitud (ΔL) entre ambos polos de iluminación.

A_1A_2 = le llama distancia ortodrómica (D_o).

A_1 = le llama rumbo ortodrómico (R) entre A_1 y A_2

Cálculo de A_1A_2 :

$$\cos D_o = \sin dA_1 \sin dA_2 + \cos dA_1 \cos dA_2 \cos h \quad (1)$$

Cálculo de (R):

$$\cot R = \cos dA_1 \left(\frac{\tan dA_2}{\sin h} \right) - \left(\frac{\tan dA_1}{\tan h} \right) \quad (2)$$

En el triángulo A_1ZA_2 , calcula el ángulo en A_1 , que denomina X :

$$\cos X = \frac{\sin a_2 - \sin a_1 \cos D_o}{\cos a_1 \sin D_o} \quad (3)$$

Obtenido (X) calcula (A) ángulo paraláctico haciendo $A = R - X$

En el triángulo A_1PZ , conocidos $PA_1 = 90 - dA_1$, $ZA_1 = 90 - l$ y el ángulo $ZA_1P = A$, calcula la (l_o) y (L_o): con las siguientes expresiones:

$$\text{Latitud: } \sin l_o = \sin a_1 \sin dA_1 + \cos a_1 \cos dA_1 \cos A \quad (4)$$

$$\text{Ángulo en el Polo: } \cot h = \frac{\tan a_1 \cos dA_1 - \sin dA_1 \cos A}{\sin A} \quad (5)$$

$$L_o = hGA_1 - hLA_1$$

Verificación del método y reconocimiento académico

El capitán Rueda estructuró su método de posicionamiento astronómico mediante un algoritmo matemático basado en procedimientos analíticos, aplicables tanto a observaciones simultáneas como no simultáneas de dos astros. El método contempla la resolución de ambigüedades en la determinación de la posición geográfica, como la ubicación relativa del cenit (Z) respecto a los polos de iluminación, y la correcta identificación de la latitud (l_0) y longitud (L_0). En caso de observaciones no simultáneas, propone trasladar por estima el primer polo de iluminación al momento de la segunda observación.

Esta propuesta forma parte de la memoria de tesis doctoral que el capitán Rueda defendió en la Universidad del País Vasco en 1998. Como parte del proceso de validación, sometió su método al juicio de reconocidas figuras del ámbito académico, quienes lo refrendaron. El profesor de Astronomía Náutica y Navegación y director de la Escuela Oficial de Náutica de Barcelona (1958-1986) Ángel de Urrutia y Ladaburu ofreció soporte teórico, mientras que Dra. Josefina F. Ling Ling profesora titular de Astronomía y Astrofísica de la Universidad de Santiago de Compostela destacó la elegancia y precisión del algoritmo, subrayando sus ventajas frente a técnicas tradicionales. Además, el capitán Rueda realizó numerosos cálculos comprobatorios desde distintas perspectivas, consolidando la validez y aplicabilidad de su propuesta en la navegación astronómica.