

Contribución a la Navegación Aérea

NUEVAS POSIBILIDADES, NUEVOS MEDIOS, NUEVOS PROCEDIMIENTOS

Por TOMÁS MOYANO

Teniente de Navío

EL problema de la Navegación Aérea, en la exacta acepción de estas palabras, permanece, al igual que todos aquellos que con la Ciencia Aeronáutica se relacionan, en permanente evolución.

La Navegación Aérea ha sido hasta ahora, simplemente, la adaptación al aire de los procedimientos clásicos y fundamentales de la Navegación Marítima, realizados mediante el empleo de instrumentos especiales adaptados al medio, pero que en definitiva no difieren básicamente de otros similares utilizados a bordo de los navíos.

El aumento acelerado de posibilidades de las aeronaves, y el afán de llevar a cabo con ellas grandes proezas y servicios absolutamente regulares, ha impulsado la concepción y el desarrollo de la mayoría de los Instrumentos de Vuelo y Navegación, así como, de manera especial, el de los procedimientos radioeléctricos de situación y guía.

Con ello se ha conseguido, indudablemente, sacar el máximo rendimiento a los costosos aviones, fruto de un conjunto de esfuerzos brillantemente realizados en los muy diversos sectores de la Ciencia Aeronáutica y en otras ramas del saber humano. Ahora bien, desarrollados convenientemente los métodos últimamente citados, cuya sencillez y seguridad sugestionan a los navegantes aéreos, parece olvidarse, en algunas ocasiones, que los procedimientos clásicos de la Navegación de Estima, de la Observada y de la Astronómica permanecen con todo valor e interés en el arte de navegar fundamentalmente inmutables y habiendo alcanzado en su evolución un estado de notable eficiencia, para ser empleados en el aire en estrecha relación con los nuevos métodos de navegación por Instrumentos y Referencias Radio.

Interés de la correcta ejecución de la estima

La navegación por rumbo y distancia navegada es la base de todo procedimiento de navegación radioeléctrica, bien sea navegando con la ayuda de marcaciones radiogoniométricas, bajo las emisiones de los Radiofaros, o con las indicaciones del Radiocompás; así como en la aproximación de los aeropuertos y preparación para el aterrizaje sin visibilidad, la correcta y cuidadosa conducción de la estima es uno de los principales factores determinantes del éxito y ayuda inapreciable para salvaguardarse de peligros o importantes averías.

El conocimiento exacto y en todo momento de su posición, es para el navegante más importante cuando navega sin referencias visuales exteriores que cuando lo efectúa en buenas condiciones de visibilidad, puesto que de este conocimiento ha de deducir la ruta a seguir, en el caso probable del fallo de las ayudas radio o de los Instrumentos de Vuelo; así como también le permitirá conocer, si navega desorientado entre nubes o niebla, cuáles

pueden ser las señales direccionales que le sea posible captar.

La conducción acertada de la estima es un problema que comprende dos partes: una de ellas es simplemente un problema de instrumentos; otra es un problema concreto de navegación.

Los instrumentos empleados con la finalidad a que se está haciendo referencia son bien conocidos por todos los que lean estas líneas. Básicamente, el equipo está compuesto por la Aguja Magnética, el Anemómetro y el Altimetro en el V. S. V., y por estos instrumentos y el Cinemoderivómetro en el vuelo de referencias visuales exteriores. Los demás Instrumentos de Vuelo y accesorios de navegación, son complemento de aquéllos, para la realización de la estima: Indicador de Viraje e Inclinación Transversal, Giro-Horizonte, Giro-Dirección, Variómetro, Calculador de los elementos de navegación, cartas, etc., contribuyen al mantenimiento de la estabilidad, del rumbo, de la altura y de la ruta.

El valor de una estima está basado en la exactitud de las indicaciones o medidas de determinados instrumentos, y en la aplicación acertada de las correcciones necesarias. La importancia de los errores de estima se aprecia principalmente, en el V. S. V., en la parte de la navegación que tiene por fin la aproximación y el descenso hacia el aeropuerto de aterrizaje. La altura de navegación está fijada previamente al navegante por consideraciones que determina el plan de vuelo trazado en tierra (susceptible de ser modificado en el aire ante la obtención de nuevos datos), y el descenso, por tanto, será determinado en tiempo y en proporción por aquélla; en la seguridad que un descenso prematuro o uno retardado le producirá una gran desorientación o una pérdida de tiempo considerable. Como confirmación de esto voy a citar un ejemplo presentado en uno de los recientes números de la revista *Aero Digest*:

Supóngase que un piloto que navega a la altura de 8.000 pies y a la velocidad de crucero de 180 millas por hora intenta aproximarse a 1.000 pies del aeropuerto terminal; los alrededores de éste permiten una aproximación segura inicial a 2.000 pies de altura. En condiciones medias, un avión del tipo *Douglas DC-2* desciende los 6.000 pies necesarios, en una proporción de 300 pies por minuto, y por tanto deberá comenzar el descenso veinte minutos antes del momento calculado de llegada sobre el lugar de aterrizaje. Si el piloto llega diez minutos antes que lo que había previsto, estará indudablemente 3.000 pies más alto de lo que debía sobre aquel punto, y puesto que para mantener el debido confort a los pasajeros no puede pasar de una proporción de descenso de 500 pies por minuto, empleará como mínimo seis minutos, que representan un considerable número de millas recorridas si continúa navegando

en vuelo recto, siéndole preciso efectuar de nuevo la maniobra de aproximación; o bien le obligará a un descenso en viraje, siendo muy probable que pierda las señales de los Radiofaros y Radiobalizas de aterrizaje. Si por el contrario llega diez minutos más tarde de lo previsto, se encontrará a la altura de aproximación 30 millas antes del punto apropiado de aterrizaje, y deberá navegar a tal altura esa distancia a una velocidad reducida, y con un peligro que no tendría de haber navegado dicho espacio a mayor altura.

Si las condiciones de navegación son con atmósfera agitada, es bien conocido que es recomendable reducir la velocidad de crucero, manteniendo una relación entre ésta y la de mínima sustentación que reduzca el valor de las aceleraciones; en el caso considerado puede estimarse que la velocidad ha de reducirse a 120 millas por hora, lo que representará un espacio de tiempo de quince minutos en lugar de los diez que se habían supuesto de adelanto o de atraso, y las consecuencias deducidas serán acrecentadas. Parecidas consideraciones pueden hacerse referentes al error en la apreciación de la altura de vuelo, y todo ello confirma la necesidad expresada de prestar considerable interés a los elementos de la estima.

Sistemas de corrección de las indicaciones de los Instrumentos

Como se acaba de manifestar, las medidas de la velocidad y de la altura requieren un grado de exactitud, en el vuelo con mala visibilidad, muy elevado. Los errores a que están sometidos el Anemómetro y el Altimetro son, sin duda alguna, conocidos también por los lectores. Supuesto que se emplean instrumentos cuidadosamente calibrados, permanecen en pie los debidos a los diferentes

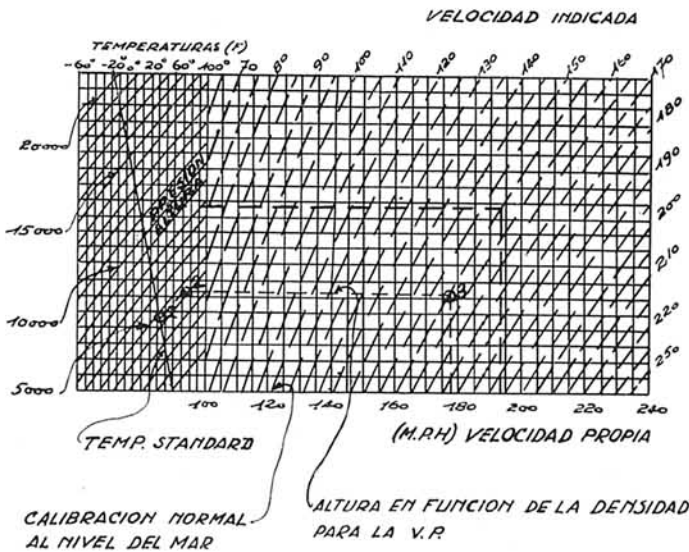


Fig. 1. - Gráfico para convertir la velocidad indicada por el anemómetro en velocidad propia. Avión tipo Douglas DC-2.

estados de presión y temperatura respecto a los que se consideraron al calibrar los instrumentos, y cuyas correcciones deben ser efectuadas por el navegante, basándose en los informes que sobre tales elementos disponga, suministrados por los boletines meteorológicos y por la información radio recibida en vuelo.

Estas correcciones se efectúan por dispositivos mecánicos adaptados a los instrumentos o por gráficos o tablas levantadas al efecto. En la figura 1 se representa un gráfico dibujado, para un avión Douglas DC-2, para hallar la corrección que es preciso aplicar a la velocidad indicada por el Anemómetro para obtener la verdadera velocidad propia del avión. La densidad a la altura de navegación es el dato que se emplea para corregir las indicaciones del instrumento, puesto que de ella depende la medida efectuada de la velocidad (la presión medida está

dada por la fórmula $H = \frac{\delta V}{2g}$ y la velocidad V_z a una altura z está con la velocidad V al nivel del mar en la relación $V_z = V \sqrt{\frac{\delta}{\delta_z}}$. La corrección que se deduce de la carta implica que el instrumento haya sido calibrado para las condiciones atmosféricas normales al nivel del mar; debe notarse que sobre la escala horizontal de velocidad, en la parte inferior del gráfico, no coinciden los valores de las velocidades propias e indicadas (éstas están representadas por las líneas en diagonal); tal diferencia es debida precisamente al resultado de la calibración del instrumento. Las líneas que representan los diversos valores de las velocidades indicadas, exponen la variación de la velocidad propia con la indicada, a medida que la altura aumenta, y de tal modo que la velocidad propia hallada en la carta, es resultado de haber aplicado todas las correcciones necesarias a la medida por el Anemómetro.

El ejemplo representado en la figura supone que el Anemómetro indica una velocidad de 155 millas por hora navegando a una altura de 4,500 pies y a una temperatura de 70 grados F. Sobre la línea de trazos llenos en diagonal hacia arriba y hacia la derecha que representa (1) la variación de temperatura con la altura en la atmósfera standard o tipo se sitúa el punto correspondiente a 4,500 (punto 1); desde este punto se traza en la carta o imaginativamente una línea paralela a las de trazos llenos en diagonal, de izquierda a derecha y hacia arriba, hasta encontrar la línea vertical que corresponde a la temperatura de 70 grados (punto 2); obtenida por este punto la altura en función de la densidad, que resulta ser de 6,200 pies, se traza una línea paralela a las líneas horizontales hasta encontrar la línea de velocidad indicada de 155, obteniéndose el punto 3, y la vertical trazada por este punto dará sobre la escala horizontal 177 millas por hora, que es la velocidad propia con que navega el avión.

Como es sabido, los Altimetros se gradúan según determinadas leyes de calibración, fundadas en una relación definida de temperaturas-alturas-presiones. Para cualquier variación de la relación entre temperaturas y alturas, que forma la base de la atmósfera ideal a que se ajusta su graduación, existirá una diferencia entre la altura verdadera y la indicada por el instrumento. Existen diversos dispositivos mecánicos adaptables al Altimetro, para tener en cuenta este factor de corrección.

(1) La medida de la velocidad es función de la densidad del aire, y en esta carta se halla la altura en función de la densidad, deducida de la hallada en función de la presión medida por el Altimetro y del conocimiento de la temperatura atmosférica. Se supone que el Altimetro ha sido puesto en cero para la presión normal al nivel del mar.

La práctica normal del vuelo consiste en poner el Altimetro en cero en el aerodromo de partida antes de despegar, y por tanto las alturas indicadas sobre él son las verdaderas, si durante el tiempo que dura el vuelo no existen variaciones apreciables en los elementos atmosféricos. Si se hace referencia a un vuelo en que se recorre una larga distancia, es posible la existencia de un considerable gradiente de presión entre ambos puntos. Si la presión atmosférica en el lugar de aterrizaje es más baja que la presión al mismo nivel en el de partida en el momento del despegue, el Altimetro indicará sin duda alguna una altura mayor que la real sobre el terreno; y lo mismo ocurrirá en el caso de un vuelo de cierta duración sobre un determinado lugar, si el barómetro ha descendido considerablemente. En ambos casos, el navegante que se vea obligado a navegar en malas condiciones de visibilidad deberá prevenirse contra tales errores, obteniendo una carta del tiempo y conociendo los datos de presión en tiempo y lugar de aterrizaje, o bien procurando obtener información sobre estos datos, por radio. El proceso de corrección del Altimetro es simplemente poner el instrumento antes del despegue indicando la altura sobre el nivel del mar del aerodromo de salida. La corrección que es preciso aplicar en cualquier punto para obtener la altura verdadera será $8,23 \text{ m. } (p_1 - p_2)$, siendo p_1 y p_2 las presiones en los puntos de partida y término reducidas al nivel del mar. En el aterrizaje, si está bien corregido, el Altimetro dará sin error la altura respecto al nivel del mar y sobre el terreno, puesto que es conocida la altura de éste sobre aquél. Igualmente para las más altas cotas de la ruta, podrá conocer el navegante la altura que debe marcar el Altimetro para volar sobre ellas con un margen de seguridad conveniente, evitándose los peligros de errores en la apreciación de las alturas en vuelos ciegos.

En la figura 2 se representa un calculador de tiempos y distancias navegadas, en el que se incluyen los correctores de velocidad y altura. Las correcciones del Altimetro se efectúan del siguiente modo: Sobre las escalas interiores

se hace coincidir los puntos de las graduaciones correspondientes a la temperatura del aire y de la altura indicada por el Altimetro; o bien, si se conoce la temperatura en la superficie con cierta exactitud, se pondrá la temperatura media coincidiendo con la altura barométrica media. Esto efectuado, se leerán las indicaciones sobre las otras escalas para obtener la altura verdadera, según la siguiente relación:

$$\frac{\text{Altura corregida}}{\text{Altura indicada}} = \frac{\text{Valor indicado en la escala de Millas}}{\text{Valor indicado en la escala de Minutos}}$$

La altura barométrica es la indicada por el Altimetro, cuando éste ha sido puesto en cero para la presión normal al nivel del mar. La altura indicada es la lectura del Altimetro cuando está preparado para leer cero sobre el terreno.

Para obtener de la lectura del Anemómetro la verdadera velocidad propia, se harán coincidir los puntos de las graduaciones correspondientes a la temperatura del aire con la altura barométrica, y se obtendrá el dato buscado según la siguiente relación:

$$\frac{\text{Velocidad indicada}}{\text{Velocidad corregida}} = \frac{\text{Valor indicado en la escala de Millas}}{\text{Valor indicado en la escala de Minutos}}$$

Los valores indicados son los leídos directamente en las muestras de los instrumentos, distintos a los valores reales en los errores instrumentales fijos para cada instrumento y para cada valor.

He citado este dispositivo para dar idea de la importancia con que en el V. S. V. se consideran las medidas de los elementos de la estima, para la correcta ejecución de ésta, y como un modelo de calculador simple y de fácil manejo.

Normas de empleo de la Navegación Observada

La navegación en malas condiciones de visibilidad es un caso definido de Navegación Observada conducido por estima y con la ayuda de las referencias radio principalmente y con la de las referencias visuales exteriores accidentalmente. Es preciso, ante todo, un plan trazado en tierra, que sirva de base al piloto o navegante para llevar en forma adecuada el vuelo, y sobre el que pueda introducir las correcciones pertinentes cuando conozca o verifique en el aire los datos necesarios. La primera parte de este plan comprende: la comprobación del tiempo necesario para realizar el vuelo, el consumo de combustible, la potencia necesaria a desarrollar por el motor a la altura de vuelo fijada, el número de revoluciones, la potencia de subida, la velocidad de ascenso, la velocidad de crucero y las medidas que deben dar los instrumentos para que el vuelo se ajuste a las características de utilización fijadas. Es preciso no olvidar que la potencia y el número de revoluciones son función de la densidad del aire, y el piloto deberá fijar por tanto el régimen de motor conveniente para navegar a la altura debida, tenida cuenta del valor de aquel dato y del conocimiento de la potencia y el número de revoluciones del motor necesario para realizar el vuelo, en determinadas condiciones de carga y a una determinada velocidad, al nivel del mar. Para facilitar la determina-

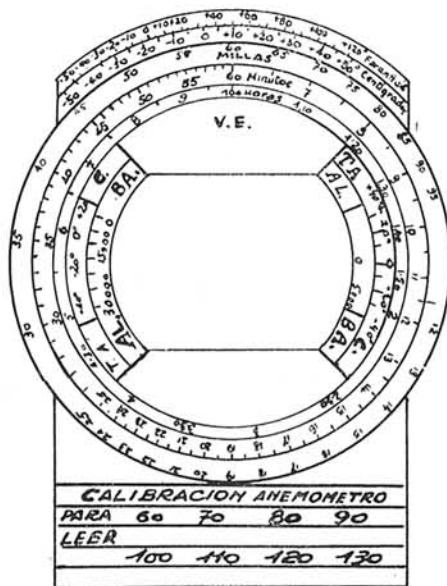


Fig. 2. - Calculador de tiempos y distancias navegadas con correctores de velocidad y altura.

ción rápida de estos datos es recomendable el procedimiento gráfico, similar al de la velocidad, representado en la figura 3, en el que se obtienen en forma parecida, el tanto por ciento de la potencia del motor y el número de revoluciones. Estos gráficos están levantados para un avión del tipo *Douglas DC-2*.

El navegante debe conocer con precisión la potencia

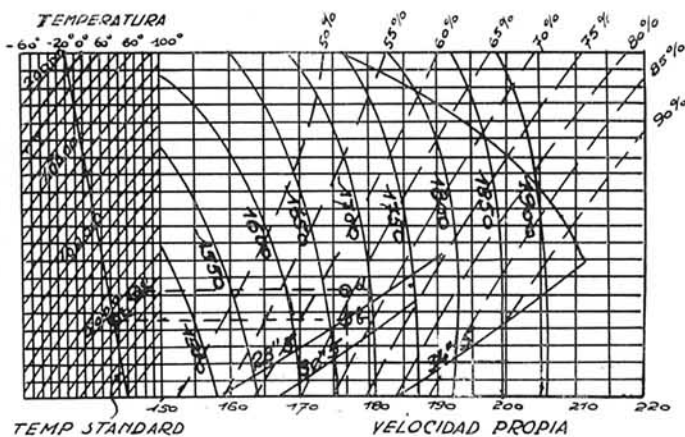


Fig. 3.—Gráfico para determinar la potencia del motor y el número de revoluciones para navegar con una determinada velocidad a una altura fija. Avión tipo *Douglas DC-2*.

y el número de revoluciones del motor necesario para realizar el ascenso a la altura de navegación; así como el consumo de combustible del motor o motores, aunque realmente este dato no puede ser determinado con absoluta seguridad, sino estimando directamente la cantidad gastada en la unidad de tiempo, en el transcurso del vuelo.

En el Plan o Diario de Navegación deben anotarse todos los puntos que pueden servir de referencia radio, con las características de emisión de los correspondientes Radiofaros, deducidas de las cartas de que debe disponer el navegante de los que ha de encontrar en su ruta. En él deben anotarse, a intervalos regulares, las posiciones del avión por estima desde los puntos de referencia que hayan podido utilizarse, las anotaciones de deriva encontradas, las correcciones de la Aguja Magnética, las temperaturas, revoluciones del motor o motores, potencia utilizada, velocidad, elementos del viento y consumo efectivo de combustible. El empleo apropiado de los Haces Radio es de gran valor para la conducción de la navegación, y permite al navegante la comprobación de la exactitud de la corrección de deriva y de la velocidad efectiva con que navega. Volando bajo las emisiones de los Radiofaros es posible determinar exactamente el momento de paso por la vertical de ellos y las correcciones de Aguja para navegar orientado en el Haz. De este modo se conocerá la distancia navegada en un intervalo de tiempo determinado, y muy aproximadamente la deriva y el viento a la altura de vuelo en los diversos tiempos del recorrido, rectificando los datos previstos en el plan trazado en tierra.

Manteniendo correctamente la navegación por rumbo y distancia navegada y conociendo las características de emisión de los Radiofaros, la orientación de los Haces y sus posiciones relativas, es indudable que el piloto que navega ciego puede conducir el vuelo con la ayuda de los Instru-

mentos de Vuelo y de Navegación, y con una preparación cuidadosa y un plan trazado, con la misma seguridad y eficiencia que si navegara con buena visibilidad y amplio horizonte.

Posibilidades de la Navegación Aérea Astronómica

La Navegación Astronómica Aérea ha tenido su lógico desarrollo en los grandes vuelos transoceánicos, antes que los procedimientos de situación y guía radioeléctrica hubieran llegado al notable estado de eficiencia y seguridad con que hoy día cuentan. Al generalizarse estos métodos ha caído indudablemente en cierto desvío la importancia de los procedimientos astronómicos, olvidando que su empleo da al navegante que vuela sin referencias sobre la superficie la posibilidad de hallar, siempre que cuente con medios apropiados para ello, su situación y los datos de corrección de su estima, base, como tantas veces se ha manifestado, de toda navegación, y susceptible de estar afectada de grandes errores por los elementos del viento desconocidos y variables en grado sumo en las diversas capas atmosféricas.

El concepto de la Navegación Aérea Astronómica es realmente el empleo de los astros como puntos de referencia, tales como son los de la superficie en la navegación observada y la obtención de rectas de altura similares en cuanto a su utilización a las líneas de marcación empleadas en conjunto y aisladamente, bien para determinar el punto de situación o para encontrar una recta de rumbo, de alcance o de deriva.

Es cierto que la precisión con que se obtienen dichas rectas en el aire es relativa, pero no es menos cierto que en el espacio no se encuentran los peligros que continuamente amenazan a los navíos en la navegación marítima y que determinan la necesidad de un grado elevado de precisión en el cálculo. Ahora bien, las modernas velocidades de crucero exigen un mínimo de tiempo en la obtención de la situación y de la referencia astronómica. Hasta ahora se consideraban como buenas observaciones y buenos procedimientos de cálculo, aquellos en los que se empleaban diez minutos para obtener el punto con menos de 10 millas de error. Un avión desplazándose a 250 kilómetros por hora recorrerá en este espacio de tiempo 41,5 kilómetros, y la situación de la aeronave en el momento de enmendar el rumbo o corregir la ruta será otra y distinta la corrección que realmente será preciso aplicar.

Es indudable, por cuanto se acaba de manifestar, que el empleo de una sola recta de altura es el procedimiento más eficaz para obtener referencias adecuadas a la Navegación Aérea. Una recta de día se puede considerar conseguida en tres minutos si es de Sol, en un minuto si es de estrella, y se obtendrán ambas con una precisión de seis millas.

Este problema comprende también dos partes: la primera, de instrumentos y medios o ayudas para observar los astros, y deducir de las observaciones los datos necesarios; la segunda, de procedimientos.

El problema astronómico es simplemente la obtención de la altura de un astro, y con los datos de la estima y la hora del observador, la resolución del triángulo de po-

sición para hallar los elementos desconocidos de él. Los procedimientos para efectuar esto son en el aire los siguientes, principalmente: gráficos, mecánicos y combinación de métodos logarítmicos y tabulares.

Procedimientos para la resolución del problema astronómico

De los procedimientos gráficos realizados con éxito y demostración palpable de la rapidez y facilidad con que pueden ser obtenidos de la observación de astros los datos de la situación o referencias de la navegación, son las Tablas Gráficas de Weems de situación por curvas de alturas de estrellas (descritas hace tiempo en esta REVISTA DE AERONÁUTICA), en las que empleando el reloj sidéreo, un punto por estrella puede ser obtenido en un minuto de tiempo. En ellas se suprime la construcción gráfica, el cálculo del punto estimado y la búsqueda de elementos en las tablas. Dan la latitud y longitud con el simple concurso del sextante, reloj y libro de curvas; con una serie de observaciones se obtiene rápidamente: posición exacta, velocidad efectiva y deriva.

El Esferante Kaster es una notable realización de los procedimientos mecánicos, y con él se logra la latitud o longitud del observador rápidamente, sin necesidad de cálculos ni construcciones. Es en cierto modo una regresión a los viejos procedimientos, pero se hallan lugares geométricos que tienen la misma significación y el mismo empleo que las rectas de altura en su diversa acepción; y rápidamente también la recta de altura, obtenida de la observación del astro como se efectúa con el sextante ordinario.

El instrumento está representado en la figura 4. Su peso es de 1,4 kilogramos. El modo de empleo es el siguiente: Se dispone el nonius de declinación marcando

la del astro que va a ser observado; se colocan a continuación los de los círculos de latitud y ángulo horario según valores escogidos arbitrariamente para uno de estos datos desconocidos; se mantiene el instrumento de tal modo de mantener vertical el eje del nivel; se colima el astro, y para que su imagen coincida con la burbuja que materializa el horizonte será preciso mover, bien el nonius de latitud o el de ángulos horarios. Con ello se obtendrá el valor de estos elementos. Si se desea obtener una recta de altura punto aproximado, o sea la empleada en la navegación aérea, basta fijarse que la altura del astro es el ángulo que forma el horizonte con el eje de colimación, y que las coordenadas geográficas obtenidas, son las de un punto del círculo de altura cuyo radio es $(90 - a)$. Si se efectúa de nuevo la operación, con una latitud próxima en medio grado a la obtenida, se obtendrán las coordenadas geográficas de un nuevo punto del círculo de altura; situados ambos puntos en la carta, la recta que los une es la recta de altura.

Esta segunda operación debe ser efectuada muy rápidamente para que el resultado sea cierto. Se considera que un minuto es suficiente para efectuar todo el cálculo.

La combinación de métodos logarítmicos y tabulares está realizada en multitud de tablas, editadas por organismos oficiales, como el Servicio Hidrográfico de Estados Unidos, o por diversos autores, en las cuales se logra aunar los tres factores de rapidez, exactitud y simplicidad en el cálculo, y la determinación de las rectas de altura de muy satisfactoria manera; y de las cuales no hago especial mención por no alargar excesivamente este trabajo y suponer son conocidas por todos aquellos que en estas materias se interesan.

Entre los nuevos procedimientos de trabajo de la Navegación Aérea Astronómica, destaca el de alturas estimadas o precalculadas, método empleado con éxito por muchos navegantes, y entre otros por Mr. Lindbergh en los viajes realizados por el famoso aviador. Todo navegante aéreo conoce el empleo de horarios y alturas estimadas, que facilitan grandemente su misión en vuelo y simplifican en muchas ocasiones extraordinariamente el cálculo. Si el promedio de observaciones se escoge convenientemente, para que el promedio de horas de la serie de observaciones del astro coincida con la hora con la que se ha calculado una de las alturas estimadas, con una simple resta y la determinación del azimut se tendrá rápidamente la recta de altura.

El método de alturas precalculadas, de aplicación principalmente al Sol y la Luna, consiste simplemente en situar en un gráfico (fig. 5), cuyas ordenadas son las alturas y cuyas abscisas son las horas, las alturas estimadas calculadas a intervalos regulares, en los momentos en que se supone se ha de estar sobre determinados puntos de la derrota. Se obtendrá, uniendo los puntos así determinados sobre el gráfico, unas curvas de alturas estimadas utilizables para cada instante del recorrido.

Si la derrota se verifica sensiblemente como se había previsto, en cualquier momento que se observe se podrá obtener un punto sobre el gráfico; si coincide con el correspondiente en la curva para el momento de la obser-

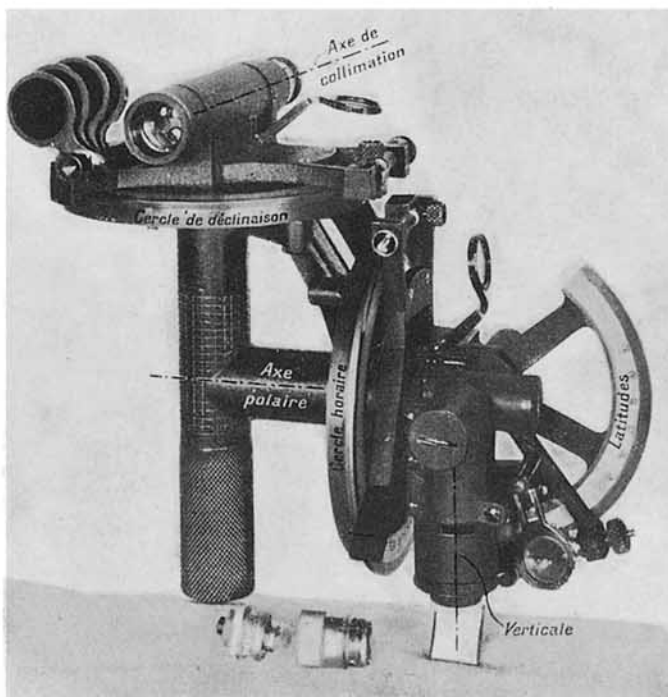


Fig. 4.—Esferante Kaster para la determinación del ángulo horario o la latitud y facilitando la obtención de rectas de alturas.

vacación, el avión estará en el punto previsto sobre la derrota. Si esto no sucede, y el punto está fuera de la curva, el avión estará a una distancia igual a la diferencia positiva o negativa entre la altura observada y la altura estimada, es decir, en el sentido del astro o en el opuesto.

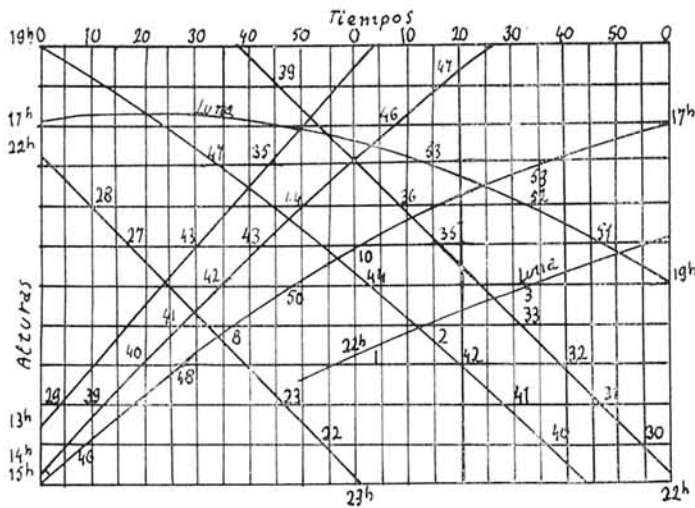


Fig. 5.—Gráfico de alturas precalculadas de sol y de luna.

Si el punto marcado está delante o detrás de la posición prevista, se navega con cierto adelanto de tiempo, es decir, con mayor velocidad, o con cierto retardo, o sea con menor velocidad. Si está a una banda o a otra, se conocerá el sentido de la deriva y el ángulo de la desviación de la ruta.

En el caso que puedan observarse dos astros simultáneamente, se obtendrán una serie de puntos de situación que comprobarán constantemente la derrota, trazando fácilmente las rectas de altura partiendo del punto estimado. La diferencia entre la altura verdadera y la estimada será la distancia vertical entre el punto situado en el gráfico y la curva de alturas correspondiente.

Estas curvas de alturas estimadas se pueden utilizar incluso estando el observador a 100 millas del punto estimado supuesto. La unidad de tiempo empleada puede ser: tiempo civil de Greenwich o tiempo verdadero (to-

mando una ecuación del tiempo media), o también el tiempo civil o el tiempo verdadero local.

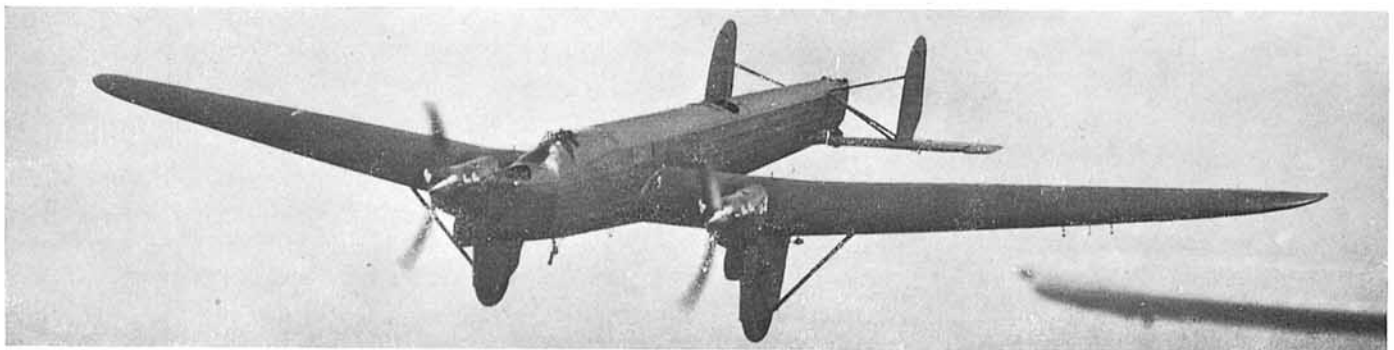
El gran navegante americano Weems recomienda que ninguna observación debe ser desechada, por muy grande que parezca el error cometido en la observación, ya que los errores cometidos con los sextantes de burbuja pueden reducirse en cantidades muy pequeñas, promediando suficiente número de observaciones. Estima que la solución más fácil para resolver el problema astronómico en la navegación aérea, es el de las curvas de alturas de que he hecho mención, promediando gráficamente una serie de observaciones hechas en un intervalo de tiempo determinado, por ejemplo, diez minutos, cuyos respectivos puntos se situarán en el gráfico, trazándose la curva que promedie la posición de estos puntos. Si coincide con la de alturas estimadas la posición real de la aeronave sería la correctamente estimada; en el caso contrario de estar la aeronave realmente fuera de la derrota prevista, la curva promedio de las alturas observadas lo pondrá de manifiesto, y sobre el punto de ella correspondiente al promedio de tiempo se obtendrán los datos para trazar la recta de altura.

Asegura el comandante Weems en un reciente artículo, "que la importancia de la Navegación Aérea Astronómica para determinar la posición del avión, queda precisada con el hecho de que el 90 por 100 del vuelo transpacífico realizado por el hidroavión *China Clipper*, se efectuó sobre nubes y únicamente pudieron ser empleados los procedimientos astronómicos; con tan sorprendentes resultados, que conducida la navegación por las referencias así obtenidas, fué tan exacta, que se recaló en Honolulu con toda precisión y en menos tiempo del previamente calculado".

La importancia de tales procedimientos de navegación debe reconocerse y estimular a los navegantes a conocer y practicar estas modalidades de los viejos métodos de situación y referencias, que en su evolución presentan ventajas considerables para efectuar segura y fácilmente un viaje aéreo, contando únicamente con los propios medios del navegante.

Ante las nuevas posibilidades de las aeronaves, el empleo y desarrollo práctico de nuevos medios y nuevos procedimientos, toma una importancia real y creciente.

EL FAIREY «HENDON» DE BOMBARDEO NOCTURNO



El avión *Fairey «Hendon»* es de estructura metálica y revestimiento de tela. Su peso, cargado, es de 8.650 kilogramos. Lleva a proa un puesto de bombardeo y tiro, y dos más de ametralladora en el fuselaje. Como transporte de tropas tiene capacidad para 20 hombres con equipo. El *Fairey «Hendon»* está en servicio actualmente en algunas escuadrillas de bombardeo nocturno de las Fuerzas Aéreas inglesas.