

## Determinación de los vientos en altura cuando no puede seguirse un globo con instrumentos de óptica

Por MARIANO MEDINA ISABEL

Meteorólogo.

(Con datos y detalles tomados del folleto  
*Here is the weather forecast.* By E. Bilham.)

Una gran parte de los sondeos de viento que figuran en las emisiones meteorológicas internacionales llevan antepuestas las palabras «Radio-winds», con lo que se da a entender que para seguir el globo se han empleado procedimientos radioeléctricos. Estos son necesarios porque hay muchas ocasiones en que, por circunstancias atmosféricas desfavorables, no puede utilizarse el tan conocido procedimiento del teodolito. Además, en los sondeos efectuados en noches despejadas, sustituyen estos métodos con ventaja al anticuado de colgar una luz del globo para seguirle con el teodolito.

Los procedimientos utilizados en estos casos son dos: el de los indicadores de la dirección en que se encuentra una emisora de radio unida al globo o el procedimiento «radar». El primero ya se cita en el libro de Pita y Lorente, «Meteorología Aeronáutica», aunque sólo de modo muy esquemático. El segundo es una de las aplicaciones que se han hecho del moderno «radar» a la Meteorología.

Vamos a ocuparnos de ellos a continuación con algún detalle.

El método de los radiolocalizadores de la dirección en que se encuentra una emisora, se puede emplear solamente efectuando el sondeo de viento simultáneamente a un sondeo termodinámico, para utilizar así las señales que lanza la minúscula emisora del radiosonda. Mediante este procedimiento se determina la posición del globo de minuto en minuto, y se es independiente de que el globo sea o no visible.

El localizador de radio-direcciones no es por completo equivalente a un teodolito en los datos que suministra, puesto que, en rea-

lidad, tan sólo puede dar uno de los datos de posición que necesitamos, y es el «azimut» o ángulo que forma la dirección globo-estación con la dirección Norte-Sur. No puede medirse el «ángulo de altura sobre el horizonte» ni la distancia del globo a tierra ni a la estación desde donde se le observa.

Para resolver estos inconvenientes puede observarse el radio-sonda que se eleva con el globo mediante dos localizadores de radio-dirección, situados en lugares separados entre sí por una distancia que se aconseja sea de unas 25 millas (unos 40 kilómetros). Esta distancia es necesaria para evitar que cuando el globo se encuentre a gran distancia del punto de observación, sean demasiado agudos los ángulos de intersección de las direcciones correspondientes a los azimutes observados, perdiendo entonces en exactitud los puntos representativos de la situación del globo.

Los dos azimutes leídos se colocan entonces sobre una carta, resultando la posición geográfica del transmisor unido al globo, como el punto de intersección de las dos líneas de azimut trazadas. El conjunto de puntos así obtenidos (uno cada minuto) dan la proyección de la trayectoria del globo sobre un plano horizontal, y de ella puede obtenerse inmediatamente la dirección y fuerza del viento medio reinante en la capa de atmósfera correspondiente al ascenso del globo en el intervalo de tiempo que corresponde a cada dos puntos.

Ahora bien, este procedimiento de utilizar dos localizadores de dirección fallará evidentemente cuando el globo se encuentre precisamente en el plano que, pasando por las dos estaciones, sea normal a la superficie te-

restre; pues es claro que entonces los azimutes leídos en ambos puestos de observación deben ser iguales, y no se cortarán en un punto, sino que coincidirán en toda su extensión. Para evitar esto, hay necesidad de introducir una tercera estación de observación con localizador de radio-dirección. Las tres estaciones deben estar separadas cada una de las otras dos por la distancia antes citada, quedando por ello situadas, aproximadamente, en los vértices de un triángulo equilátero de 40 kilómetros de lado. Además, dichas estaciones deben estar interconectadas por teléfono.

Es evidente que si las lecturas hechas para los azimutes en los tres puntos de observación estuvieran libres de todo error, las tres direcciones señaladas se cortarían en un solo punto, proyección de la situación del globo en ese instante sobre un plano horizontal. (Véase fig. 1.)

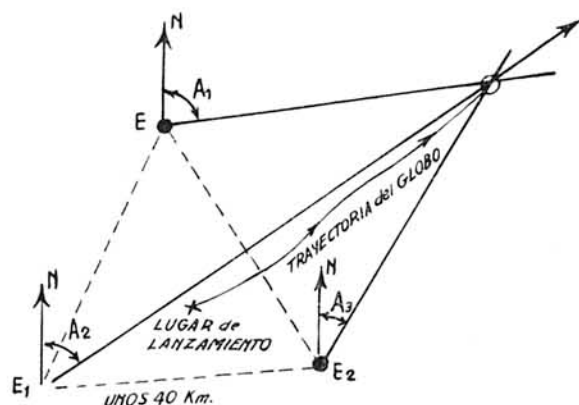


FIG. 1

MEDIDA DE VIENTOS EN ALTURA POR EL LOCALIZADOR DE RADIO-DIRECCIÓN.—Las señales emitidas por la emisora del radio-sonda son sintonizadas en tres estaciones, E, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>. La trayectoria del globo y, en consecuencia, los vientos en altura, se obtiene de los tres azimutes, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, medidos por dichas estaciones en cada minuto.

Pero en la realidad esto no ocurre así. Surgen en la práctica causas imponderables de error que traen como consecuencia que las líneas de azimut se corten dos a dos, con el resultado de que en vez de un punto se obtienen tres, los cuales determinan un pequeño triángulo, el área del cual da el orden de magnitud del grado de error o inseguridad que corresponde al punto en cuestión. No

obstante, adoptando ciertas reglas, comprobadas experimentalmente, pueden calcularse los vientos, de este modo con alto grado de exactitud.

Una última ventaja que presenta este procedimiento sobre el del teodolito es que no hay que abandonar el globo por grande que sea la distancia a que se encuentre, puesto que no hay que «perderle de vista», ni del mismo modo, por haber entrado en el disco solar. En general, el globo es seguido hasta que estalle por efecto de la presión del gas que lo llena, obteniéndose así una información de los vientos reinantes hasta muy grandes alturas, sea cualquiera el estado del tiempo.

Una cuestión que surgirá, naturalmente, en la mente del lector avisado es que si el localizador de direcciones puede sólo medir el azimut del globo y no puede aportar datos

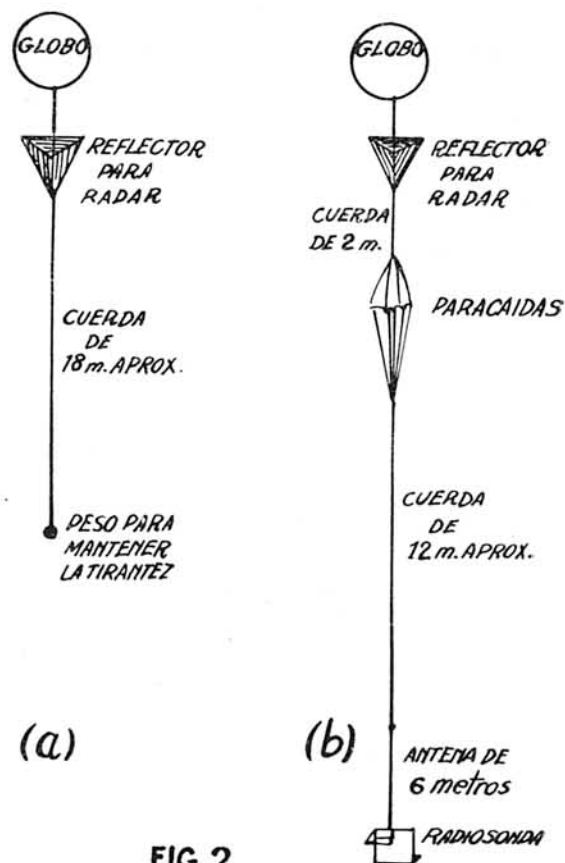


FIG. 2

Modo de colocar el reflector de ondas para radar en un sondeo de viento solo (a), o cuando se hace combinado con uno termodinámico (b).

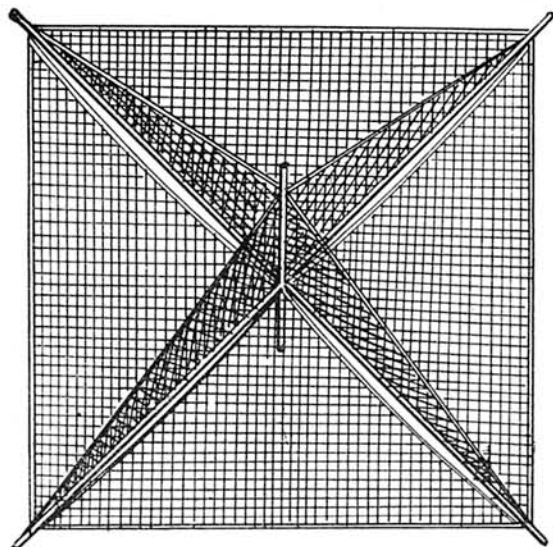


FIG. 3.

*Reflector de ondas ultracortas unido al globo-sonda para localizar, por radar, su posición absoluta en el espacio.*

acerca de su elevación, ¿cómo saber la altura a la cual corresponden los diversos vientos calculados? La contestación es que la altura, en cada momento, puede ser calculada de las señales de presión, temperatura y humedad que emite el radio-sonda.

Este procedimiento de medición de vientos en altura es realmente muy efectivo; pero tiene algunos inconvenientes, entre los cuales citaremos como más importantes la necesidad de observación desde tres lugares, simultáneamente, con las consiguientes dificultades de sincronización; que han de cumplir con una serie de requisitos indispensables para que las direcciones señaladas sean exactas, ya que por ser ondas cortas las que emite el radio-sonda los lugares de observación han de estar alejados de toda causa de posibles perturbaciones, tales como carreteras con tráfico de coches pesados, edificios, árboles, vallas, etc.; incluso parece ser que estorban utensilios de granja, situados a menos de cien yardas. Además, las instalaciones no pueden ser improvisadas en forma de estación móvil, e incluso es a veces causa de perturbación la propia estación receptora del radio-sondeo termodinámico que simultáneamente se efectúa.

Por todas estas causas, tiende a ser desplazado este procedimiento por el:

**Método Radar.**

Resulta con éste mucho más cómoda la efectuación del sondeo, siendo los resultados tan exactos, por lo menos, que con el método anterior.

No vamos a entrar en detalles sobre la teoría del radar, para lo que remitimos al lector al trabajo publicado en el número 85 (137), correspondiente a diciembre del año de 1947, de esta revista, por el Teniente Coronel Azcárraga. Tan sólo diremos, a modo de recordatorio, que el radar difiere de la radio ordinaria en que más que un medio de comunicación lo es de localización de objetos a distancia. Precisamente por ello ha sido aplicado a la determinación de vientos en altura, ya que la solución de este problema no depende más que de la localización de un globo-sonda (o de algún objeto unido a él)

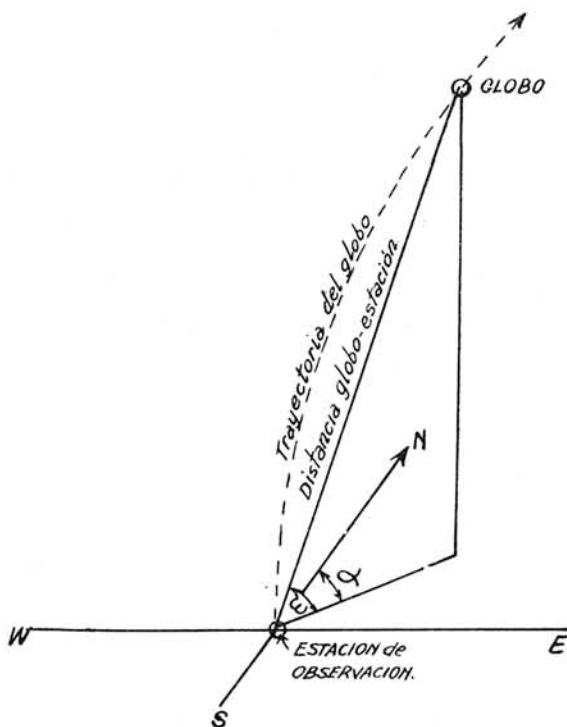


FIG. 4

**MEDIDA DE VIENTOS EN ALTURA POR RADAR.**—El globo arrastra un reflector para radar, y cada minuto se determina por el equipo de tierra la distancia al lugar de observación, el azimut ( $\alpha$ ) y el ángulo de elevación sobre el horizonte ( $\epsilon$ ). De estos datos se calcula la dirección y fuerza del viento a las distintas alturas.

en el espacio. El principio básico del radar consiste en que, siendo la luz una radiación electromagnética de muy pequeña longitud de onda, otra radiación electromagnética, cual es la emitida por una emisora de radio, obedecerá a las mismas leyes de propagación, reflexión, refracción, interferencias, etc.; y de un modo tanto más semejante en los menores detalles cuanto más pequeña sea su longitud de onda. Así resulta que, en efecto, las ondas de la radio, extremadamente cortas, pueden ser reflejadas por ciertos objetos, siguiendo exactamente las mismas leyes que se cumplen en la reflexión de la luz. El papel de reflector o espejo puede ser desempeñado por cualquier objeto que siendo conductor de la electricidad tenga tamaño suficiente. Un objeto así producirá un «eco» de la radiación que incida sobre él. Bastará, por tanto, unir al globo-sonda u objeto de tal naturaleza y disponer en tierra de un potente transmisor de ondas ultracortas, conjuntamente con un receptor que detecte la radiación «eco» devuelta por el objeto reflector (fig. 2).

En la práctica, las cosas se disponen de modo que el transmisor no envía la radiación de forma continua, sino intermitentemente, en una serie de «pulsaciones» rapidísimas (alrededor de 400 por segundo). El tiempo invertido por una pulsación determinada para ir desde el transmisor al objeto reflector (o «blanco», contra el cual se lanzan las ondas) y volver de nuevo, puede ser medido utilizando un tubo de rayos catódicos como detector. Y como la radiación electromagnética se propaga con la velocidad de la luz, es decir, 300.000 kilómetros por segundo, es claro que conociendo velocidad y tiempo invertido se puede calcular la distancia del reflector unido al globo-sonda al transmisor.

Al reflector se le da una forma parecida a la de una cometa, cuya estructura es de papel metalizado colocado sobre una armadura de madera, todo ello muy ligero de peso y colgado del globo-sonda. Presenta planos en varias direcciones para lograr que, en todo caso, exista un plano en el cual la incidencia sea normal o casi normal. (Véase fig. 3.)

Pero para conocer la posición absoluta del globo en el espacio en un momento dado, es necesario conocer además su azimut y su án-

gulo de elevación sobre el horizonte. Para ello se colocan el transmisor y el receptor de modo que puedan girar alrededor de ejes horizontal y vertical, y se les adaptan unos limbos graduados en grados; se hace girar el sistema hasta que se obtiene la máxima intensidad para la señal reflejada, en cuyo momento el sistema transmisor-receptor está «mirando» al reflector del globo, y pueden ser leídos, en los limbos correspondientes, el azimut y el ángulo de elevación sobre el horizonte.

Toda la instalación va en el interior de un remolque, y puede, por tanto, situarse en cualquier lugar sin carácter estable. En el techo de dicho remolque se instalan las partes exteriores de la estación transmisora-receptora; las ondas electromagnéticas son lanzadas y recogidas en forma de haz de rayos paralelos mediante la utilización de grandes espejos parabólicos fabricados de chapa metálica. El conjunto es lo que llaman los ingleses «gun laying», o sea cañón de situación, dando a entender que actúa como un cañón que, al apuntar al blanco y lanzar sobre él como proyectiles un haz de ondas electromagnéticas, denuncia la posición o situación absoluta del globo en el espacio.

Resulta, pues, que la localización del globo-sonda por el radar es más perfecta que la que da el teodolito de un globo piloto, pues da, además del azimut y ángulo de elevación sobre el horizonte, la distancia exacta a la que el globo se encuentra en cada momento, sin necesidad de tener en cuenta la fuerza ascensional del globo, que debido a que es arrastrado por el viento en sentido horizontal da lugar a errores sobre la determinación de alturas. Se obtiene así (ver fig. 4) la situación exacta del globo de minuto en minuto, y por ella pueden calcularse inmediatamente los vientos reinantes en las diferentes altitudes, hasta la altura enorme en que el globo estalle, con cualquier estado del tiempo, ya que las nubes no son obstáculo para el radar, mediante el cual el globo puede «verse» a través de ellas.

El radar es, pues, prácticamente, el método ideal para medir los vientos en altura con exactitud y rapidez. Es capaz de localizar un blanco de unos tres pies cuadrados a distancias del orden de 30 millas.