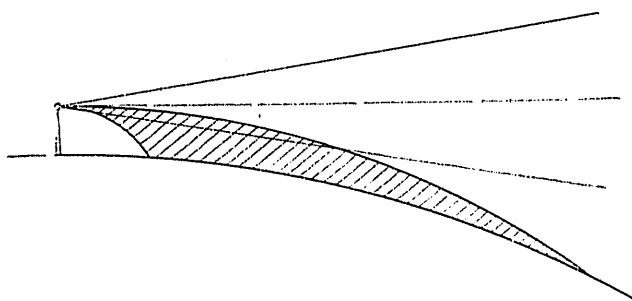


Abalizamiento de las rutas del aire

Es muy parecido al de los caminos del mar. El faro no es para el barco, sino para el piloto que lo guía, y el mismo aparato sirve para un gran transatlántico que para la lancha de un pescador; también el faro que sirve para los que navegan por el mar, sirve para los que van volando en demanda de un puerto.

HAZ DE UN FARO PARA EL MAR.



Imaginemos un foco luminoso de una intensidad dada. De toda la luz que emite, sólo el haz de uno o dos milímetros cuadrados de sección que entra por la pupila del navegante, es el que se aprovecha. Supongamos que a un metro de distancia del foco la cantidad de luz recibida en ese milímetro cuadrado es de una bujía; si toda la luz del foco se reuniese en esa pequeña superficie, se tendría una intensidad de 1 256 millones de bujías.

No hay modo de dirigir ese haz de tal modo que vaya a buscar los ojos del piloto; hay que sustituirla por un huso de ángulo muy pequeño, que gire alrededor de un eje vertical, para tener así la seguridad de que pase la luz, aunque sólo sea como un relámpago, a la vista del observador. Hay que perder millones de bujías, para tener la seguridad de que no dejará de verse la luz.

En los faros del mar se pierde todo lo que vaya sobre el plano horizontal que pasa por los ojos del navegante, y por eso se instala sobre la lente, o parte dióptrica del faro, unos prismas que reflejan la luz y que echan hacia abajo todo lo que se perdería si fuera hacia el cielo.

Esta es una diferencia entre buques y aviones. Para aquéllos hay que esforzarse en echar hacia abajo el haz luminoso, porque todo lo que vaya hacia lo alto será inútil. Para el que vuela, es al revés: hay que dejar el haz que se extienda hacia arriba. No hace falta que suba mucho: si el rayo superior del haz forma con la horizontal un ángulo de 10° equivalente a una inclinación del 17 por 100, quien venga volando a 500 metros de altura estará envuelto en la luz, y no lo perderá hasta que no llegue a una distancia de tres kilómetros del faro. No hace falta, y aun estorba, para el que va a aterrizar el verla desde más cerca. A veces, para el que no va a aterrizar y pasa

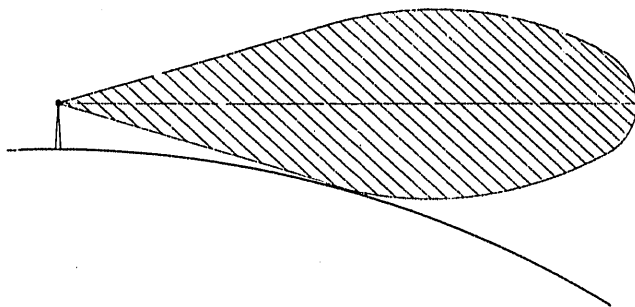
de largo, se coloca en lo alto del faro una luz que indique al aviador cuándo pasa sobre ella; basta con que tenga muy débil intensidad, puesto que sólo ha de verse a la distancia a que está el avión al volar sobre el faro, la cual es siempre muy pequeña.

Como resumen de lo que queda expuesto, se puede decir que un faro ordinario que no eche la luz sólo hacia abajo, sino que deje que se eleve con una pendiente de 8 ó $10''$, es lo necesario para la recalada de un avión. Para el faro que señala la ruta, y no el lugar de aterrizar, basta con añadirle una simple luz, con una óptica sencilla de eje vertical, cuyo alcance sea la altura de vuelo.

Si la intensidad es la bastante, sólo la curvatura de la tierra es causa de que no se vea la luz; pero en los faros de aviación, los montes cercanos pueden ocultarla. Si tal ocurre, fácil es echar el haz hacia arriba; basta con que el foco luminoso esté unos milímetros más bajo que el plano focal de las lentes del faro. Es lo contrario de lo que se hace en los faros del mar; en ellos se sube el foco luminoso para que el haz se incline hacia abajo.

Todo lo que se estudia en los faros, acerca de su intensidad luminosa, de sus alcances, destellos, ocultaciones, focos de luz, etc., etc., es aplicable aquí, y todas las tendencias y progresos respecto a luces, tienen aquí aplicación. Así vemos, por ejemplo, que el progreso actual de los modernos reflectores es tal, que ya se les emplea para los faros de aviación en sustitución del aparato dióptrico de las lentes escalonadas, que durante tantos años casi ha tenido la exclusividad del alumbrado marítimo. También es aplicable a la aviación, todo lo

HAZ DE UN FARO PARA AVIACIÓN.

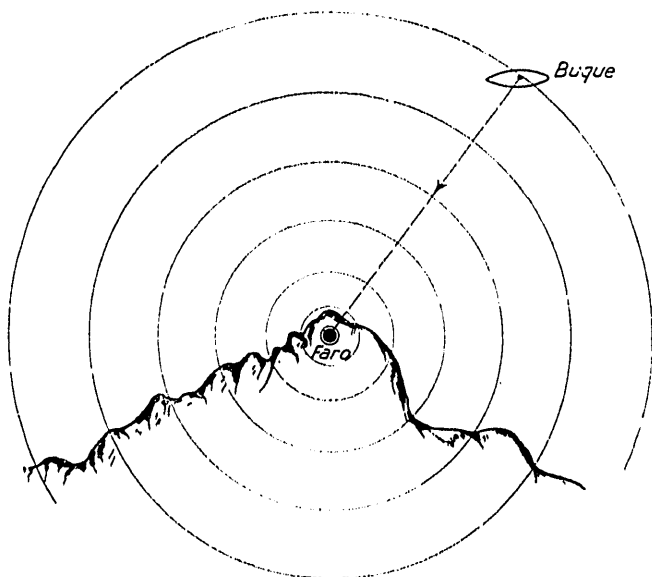


relativo a apariencias, con la sola salvedad de que en el abalizamiento de las rutas del aire sólo la luz blanca es admisible. Ha de advertirse, por último, que los faros del interior situados en los aeropuertos o en los sitios de cruce de las montañas, son sólo para la aviación, mientras que los de la costa tienen un doble papel, puesto que han de servir para el aire y para el mar al mismo tiempo. Sólo hay una oposición entre uno y otro destino: la del haz hacia arriba que uno

necesita, y que al otro le sobra. Pero esa inclinación hacia lo alto es tan pequeña, que no hay dificultad para armonizar una y otra cosa. Todo se reduce a tener que aumentar la intensidad, para así suplir la que falta, ya al avión, ya al buque.

* * *

El faro luminoso es insustituible. Pero el que lo sea, no quiere decir que no tenga defectos que haya



RADIOFARO DE EMISIÓN ORDINARIA.

que salvar. La niebla en el mar es el mayor enemigo del navegante; pero aun siéndolo, el marino tiene recursos de los que puede echar mano. Cuando nada se ve y la aguja magnética se adormece y no señala el Norte, cosa frecuente con nieblas, cabe el recurso de sondear para saber la curva de nivel en donde el barco se halla; cabe el navegar despacio, siempre dispuesto a dar atrás, y cabe el fondear en espera de que el cielo aclare. Pero todo eso es imposible volando. Ni se puede ir despacio, ni hay marcha atrás que evite el choque, ni es posible parar. El aviador necesita indicaciones precisas; la más importante es el faro de recalada o señal de dirección.

A poco que se reflexione, se comprende que no sirve la señal sonora; sus deficiencias en el mar, se agravan en tierra a causa de las reflexiones en las montañas. Su débil alcance es defecto mucho mayor para el que vuela con una velocidad de más de 100 kilómetros, que para el que navega a 15 o 20.

Es en el radiofaro donde se ha encontrado la solución. El radiofaro, que es imprescindible en el mar, lo es más aun en el aire.

Sabido es en lo que consiste esta transmisión por medio de ondas de altísima frecuencia, pero de poca intensidad. Para el que ha de recibirla, lo primero es recoger la radiación, después hay que elevar su intensidad, por lo mismo que es muy baja, y por último se transforman las oscilaciones eléctricas de elevada frecuencia, en otras de una frecuencia tal que sean oíbles.

La emisión consiste en producir energía, hacerla oscilatoria de alta frecuencia y luego radiarla por me-

dio de una antena rígida que no se deforme por los temporales. No hay que descender aquí a detalles acerca de esto. Sin variar nada de lo esencial, se tienen los diferentes tipos de radiofaros.

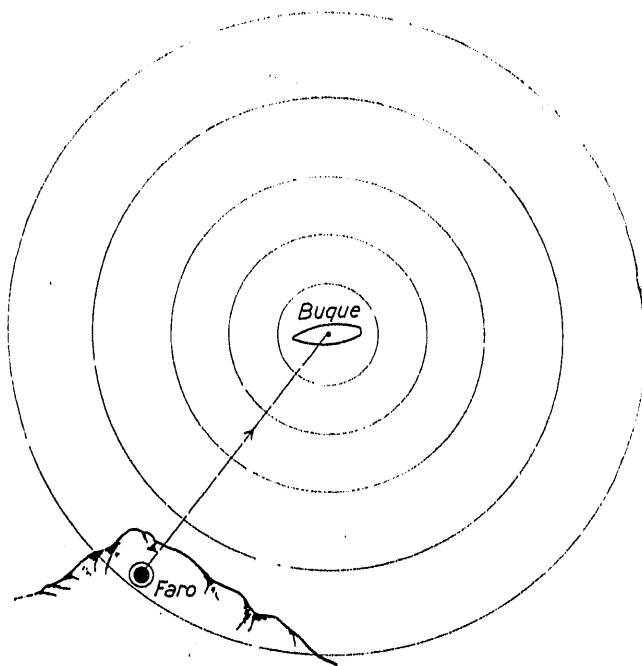
En el radiofaro de emisión ordinaria, el faro emite ondas en todos sentidos. El buque lleva un cuadro giratorio, que se orienta hasta que la señal se oye con la máxima intensidad. Ella dice la dirección en que se halla el faro. El sistema es muy bueno y se extiende cada vez más.

En el radiogoniómetro, es el buque el emisor de ondas. Con cuadros orientables situados en el faro, se deduce el rumbo en que se encuentra el barco, y ese rumbo se transmite por radio al navegante.

El barco, al orientarse con el radiofaro, señala una dirección, no un rumbo, porque la brújula ordinaria ya hemos dicho que puede estar casi insensible. El radiogoniómetro da un rumbo, porque en el faro no hace falta brújula para saber cuál es el Norte.

Los buques prefieren el radiofaro: ser ellos los que se sitúan, mejor que el que la situación se la den desde tierra, con riesgo a ruidos y confusión. El aeroplano prefería antes el radiogoniómetro, que le evitaba todo dibujo y todo cálculo para situarse. Hoy prefiere los modernos sistemas.

Tras de varios ensayos se llegó al faro con haz giratorio. El haz de ondas hertzianas se refleja en un espejo parabólico que gira y lo manda al espacio; claro es, que no hay ni rayos de luz, ni superficie bruñida que los refleje. En vez de luz hay ondas eléctricas, y en vez de una superficie brillante hay una armadura de líneas que hace el papel de espejo. El haz gira y da una vuelta completa en un minuto; cuando pasa por el Norte lanza una señal especial; suele ser la palabra "TOP". A veces se da otra señal al pasar por el Este, para quitar la indeterminación que habría si la del Norte no se oyera. Cuando la señal, al girar, pasa por la nave, se la oye con la mayor intensidad. Los se-



RADIO-GONIÓMETRO.

gundos transcurridos desde que se oyó la señal del paso del haz por el Norte, hasta este momento de máxima intensidad, dicen la situación del observador con relación al faro. No hay nada que hacer: ni cálculo, ni dibujo alguno. Contar segundos solamente. Si

4° a 100 millas de distancia en el 20 por 100 de los casos, y de 2° a las mismas 100 millas en el 80 por 100 restante de las observaciones.

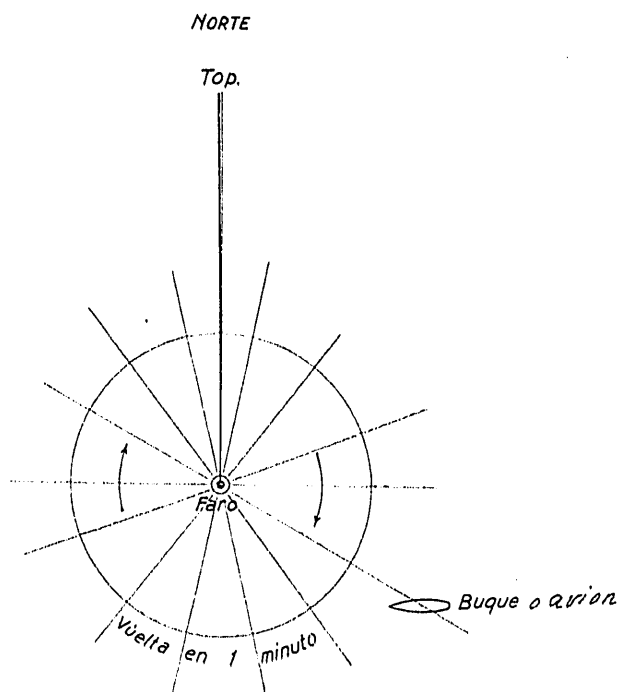
* * *

Este es el elemento importante del abalizamiento aéreo: el faro de recalada o luz de dirección. Pero él sólo no es bastante. Hacen falta otras muchas luces y señales en un aeropuerto, para que el vuelo pueda ser seguro. No hay aun acuerdos internacionales en materia de luces. Pero como los suministradores son muy pocos, ellos van dando a las señales un aspecto de uniformidad, que es probable que dentro de poco se haya elevado a la categoría de ley internacional.

Las luces rojas indican alto, obstáculo, peligro. Los techos de los edificios y los sitios en general, adonde no se debe llegar, se abalizan con luces rojas. Su alcance puede ser muy pequeño, lo necesario para que las vea el aviador cuando se prepara a aterrizar: menos de medio kilómetro.

El contorno del campo de aterrizaje se señala, además, con luces amarillas situadas a distancias de 100 a 250 metros. Respecto a su alcance, se puede decir lo mismo que para las luces rojas: bien poco necesitan. Conviene que la rotura de una luz por el choque probable con un aeroplano, no sea causa de avería importante. Esas luces de contorno se disponen muchas veces en serie, en la que se parte de un voltaje muy alto, y en ese caso hay que redoblar las precauciones para que no produzca ningún daño la falta de alguna luz.

En algunos aeropuertos, se señala el centro del campo de aterrizaje con una luz verde, que, dicho se

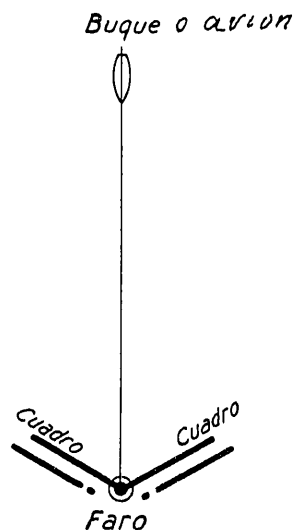


RADIOFARO GIRATORIO.

el navegante se dirige hacia el faro, y conserva bien su dirección, siempre contará el mismo número de segundos. Si en la primera observación contó 20, por ejemplo, lo que quiere decir, y perdonad la vulgar comparación con un reloj, que está en las cuatro, y en una segunda observación cuenta más segundos, ello le indica que ha derivado hacia el Sur; si contase menos, era señal de que iba hacia el Norte; en uno y otro caso, tendría que enmendar el rumbo. Este tipo de radiofaro es de una gran sencillez. No hay lugar a confusiones: no tiene el navegante nada que hacer.

Cuando el faro no sólo es de recalada, sino que hay que llegar a él en una dirección precisa, tiene aplicación otro tipo de radiofaro. Dos cuadros fijos a ángulo recto, cuya bisectriz es la dirección que el aeroplano ha de seguir, emiten señales. Uno de ellos emite sin cesar el grupo punto y raya (·—), y el otro emite raya y punto (—·). El que navega y va por la bisectriz, oye las dos señales superpuestas y no percibe más que una sucesión de rayas. En cuanto percibe el punto, sea antes o sea después, es señal de que ha derivado hacia un cuadro o hacia otro. Un paso más, y se sustituye la señal acústica por una visual; el piloto ve la raya y el punto, o el punto y la raya, o la sucesión de rayas, que es indicadora de que va siguiendo la buena derrota.

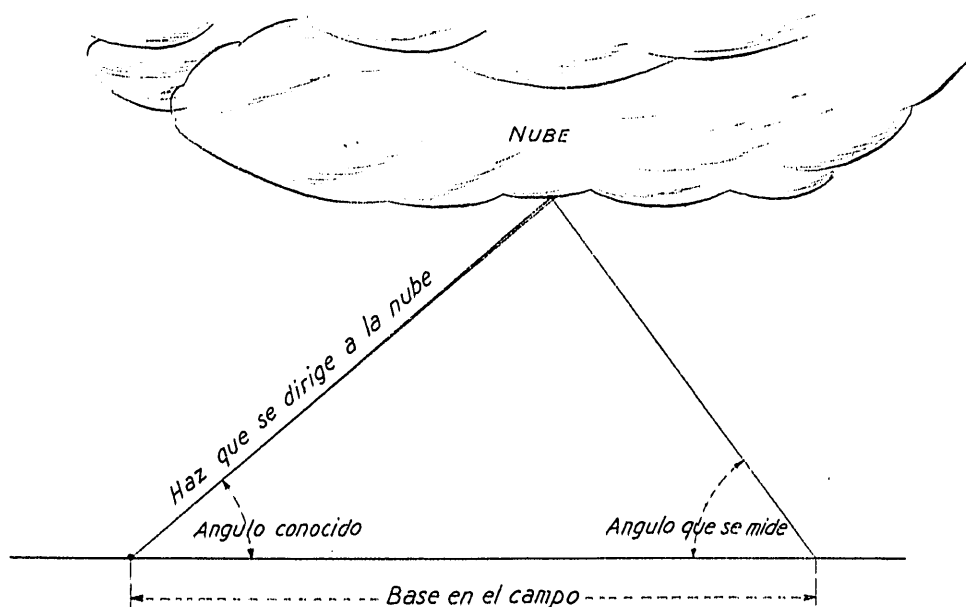
Por estos procedimientos, la recalada se hace con una gran precisión; experimentos hechos en Inglaterra recientemente, nos dicen que hay un error de



RADIOFARO DE DIRECCIÓN.

está, que queda al ras del suelo. Esta luz, la blanca con diversas apariencias del faro de situación, la amarilla de las luces de contorno y la roja de los obstáculos, forman el verdadero abalizamiento de un campo.

Aun no es bastante. El aviador necesita saber cuál es la dirección del viento, que él no tiene medios de averiguar mientras vuela, porque siempre lo recibe



ALTURA DE NUBES.

de cara, y tenerla presente al tomar tierra. Uno de los sistemas de luces muy empleados, es una especie de veleta con una línea de luces, que a modo de flecha señala la dirección en que el viento sopla.

Imprescindible es también el indicador de altura de nubes. El aeroplano que viene volando sobre ellas, necesita saber si la nube llega hasta la tierra o, en caso contrario, la altura limpia de nubes donde se puede evolucionar. Hay muchos modos de averiguar la altura de la nube. Uno de ellos consiste en mandar a ella desde un punto del campo un haz luminoso de incli-

nación conocida, y cuya abertura sea lo más reducida posible, el cual señala en la nube una pequeña área iluminada, que es la intersección de la nube y el haz. Desde otro punto del campo, a distancia conocida del punto emisor del haz, se dirige una visual al centro del área iluminada de la nube, y con el ángulo que esta visual forma con la base, se tienen elementos bastantes para calcular la altura; por radio se la manda al aviador.

Sólo queda ya el iluminar todo el área del campo de aterrizaje. Es bien sencillo. Un par de reflectores en los extremos del aeropuerto iluminan todo el campo. La iluminación basta con que tenga ocho a diez lux. Con doce o catorce lux, se tiene una iluminación espléndida.

* * *

España ocupa un buen puesto en el mundo, por el alumbrado de sus costas. Poco se necesita hoy en el interior de la Península para señalar nuestras escasas y poco frecuentadas rutas del aire. Pero es necesario que el abalanzamiento preceda al desarrollo de la aviación, y es preciso que en este aspecto nuevo de las comunicaciones se coloque España en lugar preeminente. Ni es difícil ni costoso el perseguirlo.

Eduardo J. DE CASTRO,
Profesor de Puertos y Señales marítimas
en la Escuela de Caminos.

Cubicación de embalses¹

II

Vimos en el artículo anterior¹ que aunque la cubicación por la media aritmética de las áreas introduce de ordinario errores sistemáticos por exceso, tiene, por lo menos, la ventaja de no exigir de cada vez más que el empleo de dos áreas, escapando así a los errores eventuales, cuya posibilidad señalábamos al discutir el método general de interpolación algébrica. Es natural, por lo tanto, tratar de conservar esta ventaja, procurando obviar aquel inconveniente.

Ya los Sres. Inchaurreandieta, Martínez Campos y Pardo en su "Proyecto de reconstrucción del pantano de Puentes en Lorea", publicado en 1876 en los *Anales de Obras públicas*, dándose cuenta de los errores por exceso a que exponía el método ordinario de la media de las áreas, adoptaron otro que, a su juicio, aseguraba más bien un error por defecto, lo que permitía un margen contra posibles imprevisiones del proyecto.

Dicen así en la página 73 de la mencionada Memoria:

"... El (volumen) de cada zona entre dos curvas de nivel se ha supuesto formado de dos partes.

"Un prisma cuya base fuese la curva inferior y la altura la distancia entre los planos de ambas, y otro volumen *irregular* cuya base se puede considerar que sea la diferencia entre el área de las dos curvas, y que se halla terminado por una arista que es precisamente la curva de nivel inferior. El volumen de esta última parte *no puede obtenerse con exactitud; prefiriendo cometer un error por defecto*, lo hemos supuesto igual al producto de la base por la tercera parte de la altura."

No añaden los citados ingenieros otras razones que justifiquen su elección, pero procurando seguir el hilo de su pensamiento a través de las frases que expresamente hemos subrayado, parece que habrían de razonar de esta forma: el primer volumen es perfectamente conocido; el segundo es mayor que el de un cono de igual base y de la misma altura.

Enunciado en todo su rigor, este último postula-

¹ Véase el número anterior, página 266.