

ENGELADO DE AVIONES E INSTALACIONES DE ANTIENGELAMIENTO

Por el Capitán DOMINGUEZ

Se conoce bajo el nombre de engelado el depósito de hielo en las partes externas del avión; traduce con bastante fidelidad las designaciones extranjeras de "icing", "vereisung", "givrage", "ici-accretion", "incrustazione de ghiacchio", aunque no haya sido tal sustantivo sancionado por la Academia de la Lengua.

Todo piloto bien experimentado conoce perfectamente la importancia de este fenómeno y el grave riesgo que representa en la navegación aérea; puede decirse que es uno de los mayores inconvenientes con que tropezará aquélla en su grandioso desarrollo futuro.

El aumento de potencia en los motores, la instalación de cabinas estancas para la práctica de la navegación subestratosférica, la elección de determinadas rutas en la navegación, etc., no son sino procedimientos indirectos de atacar este problema y soslayar un peligro que, más o menos tarde, se presentará a todo el personal navegante. Además, la práctica lógica y sistemática de la navegación aérea exige el planteamiento y la eliminación de este obstáculo si, como debe suceder, aquélla ha de reunir las condiciones de seguridad, economía y rapidez en el transporte. La navegación subestratosférica, pronto en vías de aplicación, eliminará tal inconveniente durante la parte fundamental del viaje; pero, tanto en los aeropuertos de salida como de arribada, han de enfrentarse los pilotos con las más variadas circunstancias meteorológicas, para cuya solución ha de estar preparado técnicamente; el jalonomiento de determinados accesos o rutas aéreas, así como la imposición de determinados objetivos bélicos exigirá análogamente una suficiencia del personal aéreo para afrontar todas las situaciones con resolución y dominio.

De la importancia de este peligro, así como de la rapidez con que se suceden los fenómenos a que da lugar, hablan claramente los numerosos accidentes ocurridos hasta la ac-

tualidad, que han conducido casi siempre a catástrofes inevitables, sin que haya podido sentarse la trama de su presentación y el desarrollo de los acontecimientos. He aquí una descripción interesante a este respecto: "... zumbando sincrónicamente marchan los tres motores del avión de transporte desde hace más de una hora, y es necesario forzarlos aún más para aumentar la altura, con el fin de sobrepasar la gran cordillera. Una suave inclinación hacia adelante indica a los pasajeros que las más altas cumbres han sido sobrevoladas y que el aparato comienza su descenso. Con agrado se deleitan los viajeros en la grandiosa visión panorámica, dentro de una cabina bien acomodada y con buena calefacción, mientras fuera reina una temperatura de menos 30°. A lo lejos una formación nubosa se aproxima, lo cual hace pensar que pronto se va a perder la posibilidad de contemplar el sugestivo espectáculo.

"El aparato apenas ha entrado en las primeras ramificaciones de la nube cuando, repentinamente, pierde el equilibrio, se inclina lateralmente y, en rápido picado, cae en la profundidad; la palanca no obedece al piloto y perdemos en un instante 2.000 metros de altura; el radio lanza desesperado el S. O. S., y, cuando nos creemos perdidos para siempre, siente el piloto de nuevo la acción del mando, y en breves segundos logra llevar el avión a su posición normal... ¡¡Hielo!!"

CONSIDERACIONES GENERALES

Como es sabido, el aire atmosférico contiene siempre una cantidad de vapor de agua que caracteriza su estado higrométrico o factor de saturación; este vapor de agua, normalmente invisible, puede hacerse visible por efecto de una condensación provocada al alcanzar aquél el punto de rocío, como consecuencia del descenso de temperatura subsiguiente al contacto con otra masa de aire más frío, por una expansión adiabática, por contacto con superficies frías, etc., etc. Decimos que puede hacerse visible por la condensación, puesto que a veces no ocurre la liquefacción, no obstante cumplirse las condiciones que la determinan; en estos casos la masa de aire se encuentra en un equilibrio inestable. Para que pueda tener lugar este fenómeno, es preciso que el aire se encuentre en reposo o carente de agentes o núcleos de condensación sobre los que tienden a depositarse las finas gotas de agua; actúan como tales agentes el polvo atmosférico, con sus minúsculas partículas de sustancias, tales como el amoníaco, cloruro magnésico, anhídrido sulfuroso, anhídrido sulfúrico, cloro, etcétera, que, por su natural higroscopicidad o por la artificial provocada por la radiación ultravioleta, facilitan el proceso de condensación. Esta hipótesis la confirma el análisis químico de lluvias o hielos procedentes de masas de aire de los diferentes lugares tales como mares, centros industriales, interior de los continentes, etc., y en los que se prueba la presencia de sustancias provenientes del suelo, lo que explica al mismo tiempo la diferente pluviometría de las zonas. Análogamente

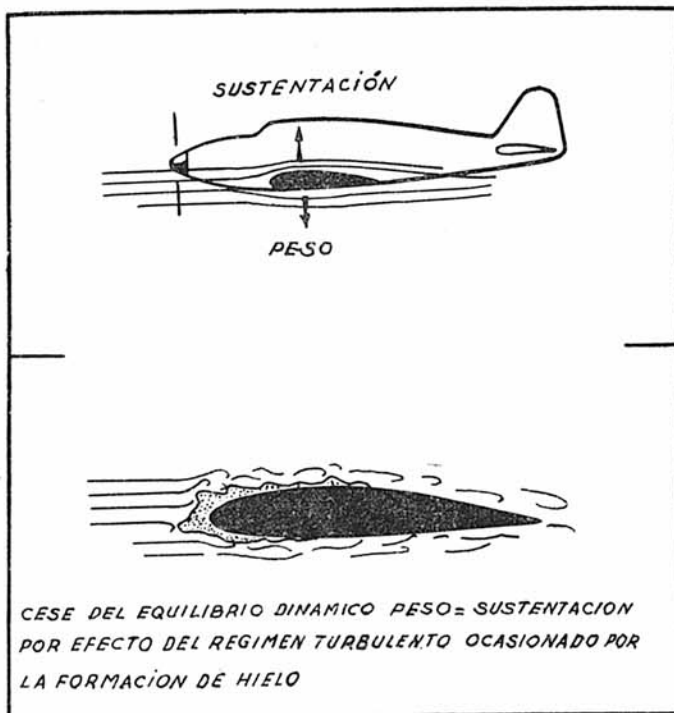


Figura 1.

al proceso de condensación, se verifica el de solidificación (congelación en nuestro caso), que sobreviene al adquirir las gotas una temperatura determinada, normalmente entre 0° y menos 6° ; Köhler y Wegener han comprobado, no obstante, la permanencia del agua en forma líquida (sobrefusión) hasta los menos 20° ; esto no puede explicarse por las leyes físicas corrientes, ni aun admitiendo la existencia de pequeñas partículas salinas dentro de las gotas de agua, las cuales provocarán un descenso del punto de congelación, según la ley del descenso del punto de solidificación en las disoluciones (crioscopia). Este fenómeno ha de explicarse en virtud de un estudio detenido de las condiciones y características morfológicas y dinámicas de las nubes. El engelado de los aviones está, sin duda alguna, relacionado con la temperatura, pero también con otros factores interesantes desde el punto de vista aeronáutico, como la clase de nubes, existencia de corrientes y movimientos convectivos, situación de los frentes, etc., por lo que la prognosis de tal contingencia ha de basarse en un estudio profundo de las circunstancias meteorológicas del momento. Tampoco es condición indispensable el alcanzar la isoterma de 0° para que pueda presentarse el fenómeno en vuelo.

No trataremos el problema físico-meteorológico de las formaciones de hielo, que conduciría a una exposición teórica demasiado larga y carente de interés para el personal navegante. Una vez conocida la situación meteorológica a lo largo de la ruta a seguir y la predicción de su desarrollo, el navegante decidirá la forma más conveniente de realizar el vuelo, en evitación de posibles riesgos a los pasajeros y tripulación.

TIPOS DE ENGELADO

Estudiaremos y clasificaremos las distintas formas del depósito de hielo desde el punto de vista del riesgo aeronáutico y de la mayor o menor facilidad para combatirlo, aunque reseñemos también las características morfológicas y físicas de los mismos.

Tres son las formas que generalmente adopta el hielo al formarse sobre las distintas partes externas del avión:

1.º Como fina película blanca que recubre las ventanas y bordes salientes de los planos, fuselaje, cabina, etc., de poca adherencia y aspecto semejante a la escarcha, que no llega a alterar notablemente las condiciones de vuelo de los aviones, y por tanto, no suele ser peligro (es el "Rauhreif" alemán). Suele presentarse esta formación en atmósfera limpia. Da lugar a obstrucciones, falsas indicaciones de algunos instrumentos, empañamiento de cristales y alteración de la capacidad de antena.

2.º Como depósito granular, de cohesión y adherencia variables y aspecto vítreo, que se aglomera preferentemente en las superficies verticales del avión (bordes de ataques de planos y timones), y que por su fragilidad puede desprenderse por efecto de la misma corriente de aire (es el "Rauh frost" alemán, de estructura semejante a la cenicienta frágil y al granizo blando). Suele producir aumento de peso, trepidaciones en la hélice, disminución de la velocidad, desequilibrio transversal y otras perturbaciones de mayor o menor peligro, según la cantidad de depósito habido y su adherencia, variable con las características meteorológicas del momento y las estructurales del avión. Este depósito suele ocurrir normalmente en nubes.

3.º Como capa compacta, de gran adherencia y cohesión, con nieve intercalada y que se aglomera no sólo en los

bordes salientes, sino a lo largo de toda la superficie de los planos y timones, conduciendo así a graves riesgos, no sólo por la variación profunda del perfil del ala, sino por el aumento notable de peso que supone. Altera profundamente el funcionamiento de la antena, instrumentos, etc., y sobre todo, las características aerodinámicas del ala, conduciendo rápidamente en la mayoría de los casos a serias catástrofes.

Los depósitos de hielo peligrosos pueden originarse tanto en nubes como en precipitados. El de mayor peligro (tercer tipo) suele producirse cuando, además de los factores de temperaturas de las gotas y de avión, la nube presenta intensos movimientos convectivos (cúmulos, extracúmulos, etc.), lo cual indujo a Mac Neal a relacionar el tamaño de la gota con el tipo de engelado, pues, efectivamente, este tipo de nubes es el que permite mayor tamaño de la gota líquida. También puede conducir a esta formación compacta de hielo el vuelo de un avión frío (por debajo de 0°), atravesando una cortina de lluvia subenfriada, producida bajo una superficie frontal cálida; aquí el peligro es muy grave, pues el engelado aumenta rápidamente y la pérdida de condiciones de vuelo se presenta tan pronto, que el piloto tiene apenas tiempo de tomar las precauciones necesarias para salir de la zona de peligro.

INSTALACIONES PARA ANTIENGELAMIENTO

Las instalaciones para antiengelmiento actualmente en uso hacen posible combatir eficazmente los dos primeros tipos de hielo; sin embargo, para el "hielo cristal" frecuentemente resultan insuficientes, y es precisamente por esta incapacidad para combatir esta clase de engelado por lo que resulta imprescindible acudir a la solución meteorológica (indirecta).

Las variadas instalaciones protectoras contra la formación de hielo están basadas en uno de los tres procedimientos siguientes: a), térmico; b), mecánico, y c), químico.

a) Dentro del primer sistema podemos incluir el aprovechamiento de los gases de escape, el de la energía eléctrica de un sistema de acumuladores o el de la energía química de algún combustible, transformadas estas últimas convenientemente.

El aprovechamiento de la temperatura de los gases de escape presenta sin duda alguna la ventaja de su sencillez y economía; el caldeo de los distintos órganos a proteger se hace por vía indirecta, como consecuencia del abundante contenido de vapor de agua de aquéllos; el gas indirectamente caldeado por el escape se lleva por medio de tuberías especiales, distribuidas conforme a un estudio previo de la arquitectura del aparato, a los distintos órganos (véase fig. 2). Este método es de muy corriente aplicación y proporciona buena protección contra tal peligro.

He aquí una de las instalaciones más modernas de este tipo, puesta a punto por el Comité Nacional de Técnica Aero-

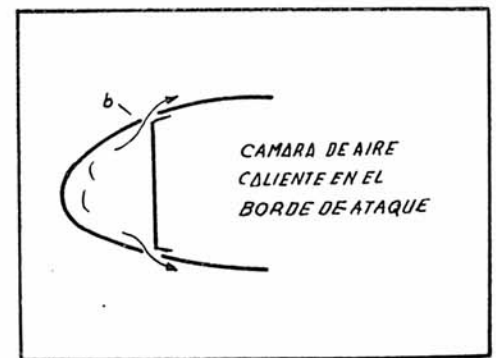


Fig. 2.—Principio anticuado para el caldeo de borde de ataque.

Fig. 3.—Instalación de anti-
engelmamiento montada sobre
los Consolidated "Catalina".
Puede observarse en la figura
la distribución general del
aire caliente y la situación
del motor de combustión com-
plementario de la instala-
ción.

En el detalle "A" se ve el
mecanismo de mando del aire
caliente, según los casos.

náutica de los Estados Uni-
dos, en colaboración con los
ingenieros de la Consolida-
ted Vultee Aircraft Corpora-
tion, y montadas sobre los
Consolidated Vultee P-4,
Y-1 y Coronado PB2Y.

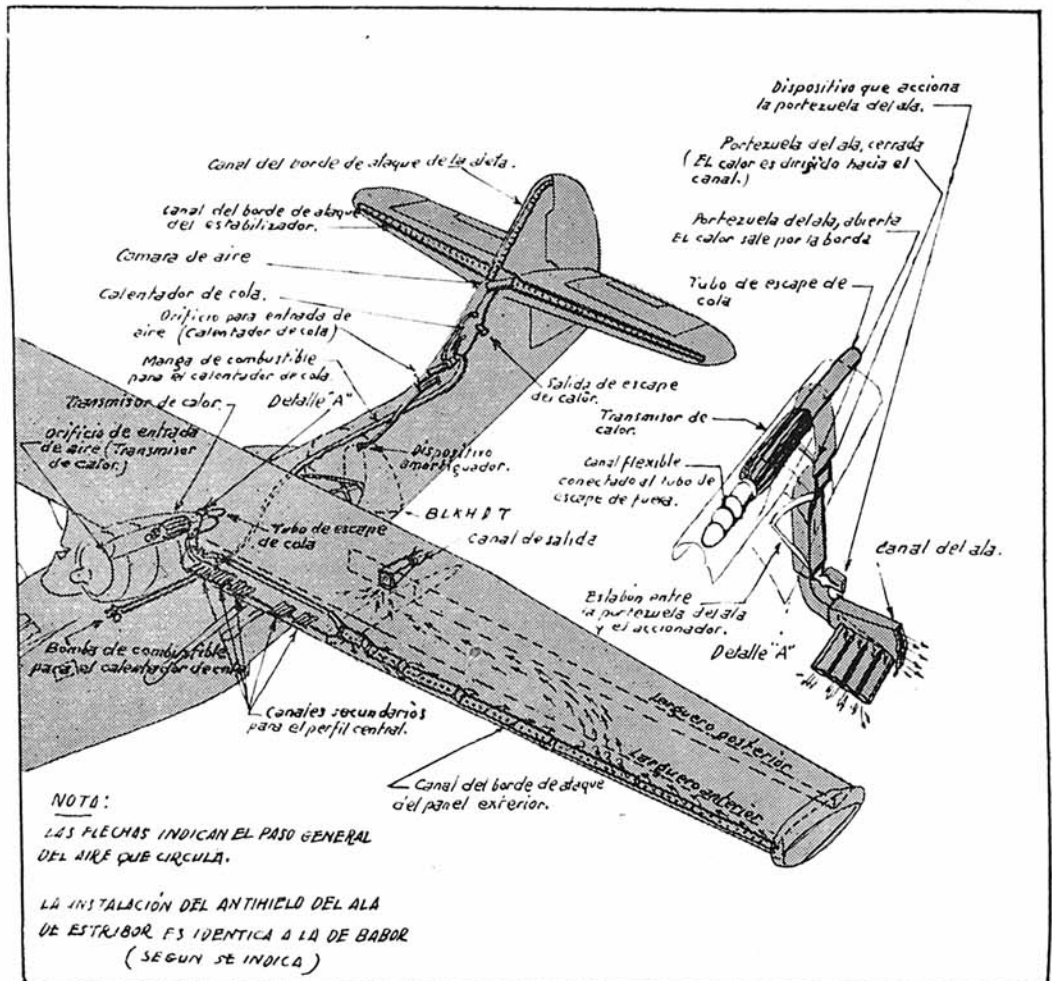
El aire caldeado por el
escape con temperaturas ini-
ciales de 65° C., mantiene
el borde de ataque a 15° C.
aun para temperaturas ex-
teriores de -40° C.; fluye
después, a intervalos, a tra-
vés del ala (caldeando asi-
mismo el revestimiento y
evitando el bloqueo de los
aleroses), para salir por
unos respiraderos situados
tras el larguero posterior.

En forma análoga se realiza el caldeo de los bordes de ataque de los estabilizadores vertical y horizontal, cabina de mando, etc. La regulación del calor se efectúa mediante una portezuela accionada por un termostato; cuando aquella está abierta, el aire pasa a través de los canales secundarios del borde de ataque al exterior y, si está cerrada, el aire caliente pasa al ala (detalle A).

La particularidad de las instalaciones montadas en el *Catalina* y *Coronado* lo constituye un calentador auxiliar, instalado en la parte anterior de los planos (véase fig. 3) de cola para combatir aún más la posible formación de hielo por efecto del agua esparcida durante el despegue. Está formado por un aparato de combustible de gasolina, extraída mediante bomba del depósito a través de una manga que pasa por el fuselaje; el aire procedente del calentador pasa a una cámara con tres orificios, y desde aquí a todos los puntos importantes de los empenajes.

En los hidroaviones *Liberator Express* y *P4Y1* se prescinde de este calentador, y se conduce aire de la instalación calefactora de gas de escape también a la cola.

El segundo sistema—transformación de la energía eléctrica de un sistema de acumuladores alimentados por una dínamo de a bordo en energía calorífica, que después se aprovecha para el caldeo directo o indirecto de los órganos necesarios—suele resultar antieconómico e inadecuado, por el excesivo peso y tamaño de las instalaciones anejas y el escaso rendimiento para la calefacción de las partes vitales del avión;



en cambio, suele dar muy buenos resultados para la protección de órganos pequeños, como son: toberas, tubos Venturi, tomas de aire, etc., hasta el extremo de resultar idóneo a tal fin.

Un ejemplo de este tipo de instalaciones aplicado al borde de ataque puede verse en el esquema de la figura 4, formado por cables desnudos montados o embutidos generalmente en una capa aislante, dispuestos paralelamente y alternando áno-

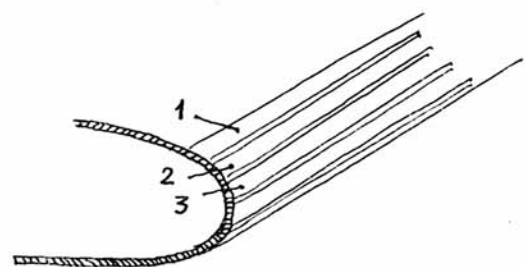
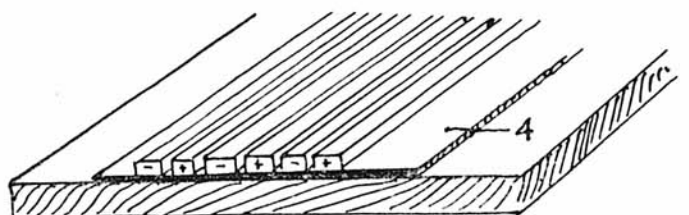


Fig. 4.—Montaje de un sistema eléctrico en el borde de ataque.



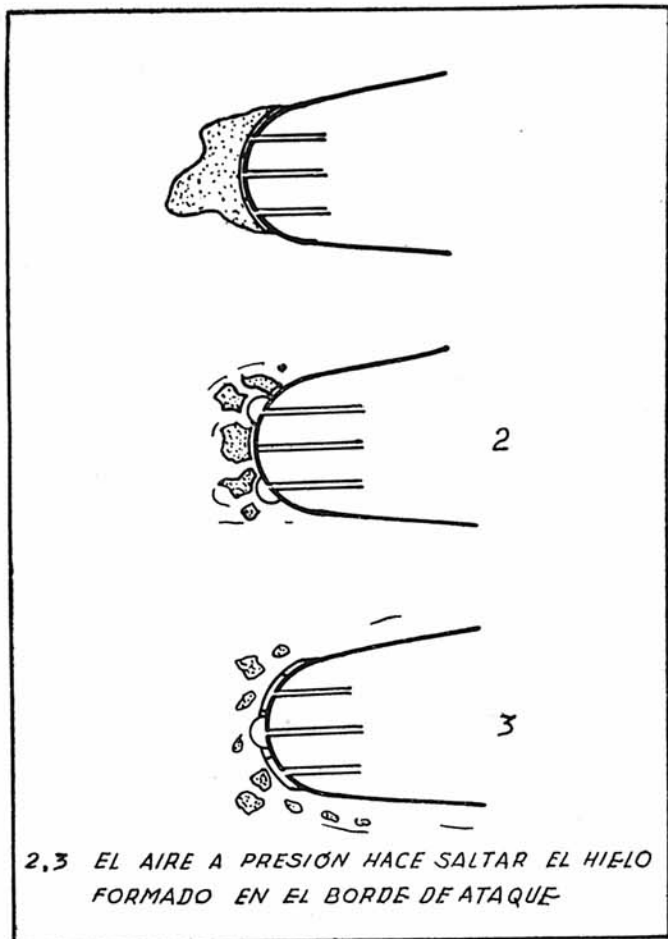


Figura 5.

dos con cátodos. La capa aislante se hace débilmente conductora mediante un recubrimiento especial, o bien espolvoreándola con un electrólito. Al humedecerse el recubrimiento por agua o hielo, se forma un puente entre los cables de ánodo y cátodo, con la subsiguiente elevación de temperatura, que facilita la fusión del hielo y la eliminación ulterior de éste por efecto de la corriente de aire.

En cuanto al aprovechamiento de la energía química de un combustible, según el sistema mencionado para el caso, por ejemplo, de los *Catolina* y *Coronado*, diremos únicamente que resulta más costoso y complicado usado para la calefacción general; en cambio, resulta ventajoso en su aplicación particular, como el sistema eléctrico.

b) Los sistemas mecánicos puede decirse de antemano que resultarán, actualmente, impropios a este objeto, por la

esencia misma del material volante en relación con el fundamento del método. Hace más de ocho años, con la imperfección y poca finura de las alas, así como con las escasas "performances", era posible pensar en alguna adaptación de medios de este tipo para la protección de los órganos exteriores de los aviones. Así pudo B. F. Goodrich, en los Estados Unidos de América, desarrollar un método (cuyo fundamento se desprende de la sencilla observación de la figura 5), basado en una compartimentación de los órganos a proteger y en una distribución simétrica de la acción del aire a presión, con el fin de no alterar grandemente el equilibrio del avión durante el proceso del desengelado; pero la complejidad del conjunto de la instalación (protección de caucho de los órganos del avión, compartimentación estanca, botellas o compresores de aire, tuberías, llaves, etc., etc.), la fuerte presión que ha de darse al aire para salvar la adherencia del hielo, aumentada en la presión dinámica del aire en algunos puntos (que a veces resulta imposible de vencer por el aire a presión), hacen este sistema totalmente impropio e ineficaz al fin que se le destina; lo reseñamos, no obstante, por su interés histórico y por apuntar la dificultad, cada día mayor, que encontrarán estos medios en su aplicación a perfiles de la gran finura aerodinámica y condiciones de trabajo de los modernos aviones.

c) Los procedimientos químicos están basados en la propiedad de algunos compuestos de rebajar notablemente el punto de congelación del agua; sin embargo, la disposición de estas pastas o disolventes en los órganos externos del avión resulta impropia al medio y circunstancias de trabajo, por lo cual su empleo ha quedado reducido, como el de caldeo por vía eléctrica a aquellos órganos que por su disposición y lugar de emplazamiento presentan características adecuadas al desengelado por vía química; tales partes pueden ser ventanas, bordes de ataque de las hélices, tomas de aire, etc.

El procedimiento de Dunlop consiste en la adaptación de un revestimiento poroso de los bordes de ataque de los planos u objetos que se desee proteger; revestimiento que se impregna con sustancias disolventes adecuadas, como alcohol etílico, etil-glicol, etc., o bien se le insufla en el momento oportuno el líquido, que al contacto con el hielo de la base inferior lo liquida, y la corriente de aire termina desprendiéndolo. Las hélices suelen protegerse bastante bien por este procedimiento, facilitándose aquí la salida del líquido por la misma fuerza centrífuga actuante en los distintos puntos de la pala.

El problema de la protección de los aviones contra el engelado ha entrado en una fase de perfeccionamiento decisivo para el desarrollo de la navegación aérea futura. Es de esperar que esta servidumbre, como tantas otras que se oponían para el total dominio del cuarto elemento, quede muy pronto vencida en toda su extensión e importancia.

