

- *Formación de hielo* ● *Descarga de rayos* ● *Turbulencia*
- *Radiaciones cósmicas* ● *El Ozono*

Cinco condiciones ambientales adversas para el vuelo

MARTÍN CUESTA ÁLVAREZ
Ingeniero Aeronáutico

Las cinco condiciones enunciadas afectan a todo tipo de avión, pero lo hacen en mayor grado a los aviones militares, especialmente a los de tamaño pequeño y alta velocidad, como es el caso de los aviones de combate.

Al menos en los casos de hielo, rayos o turbulencias no habría suspensión o demora de la misión de guerra, como puede ocurrir, y de hecho ocurre, en la operatividad de los aviones comerciales.

- En la formación de hielo, el avión militar puede tener su base en un campo que aun cuando esté acondicionado, no disponga de hangares y sea corriente la formación de escarcha y los vuelos entre nubes no puedan eludirse por la urgencia de su misión.

- La alta utilización de los materiales "composites" en los modernos aviones de combate exige de los fabricantes disponer en la estructura de canales metálicos para conductividad del rayo, en mayor proporción que en los aviones comerciales en los que los "composites" no alcanzan, por ahora, altas concentraciones.

- La incidencia de la turbulencia, que puede estar presente en todo el perfil de vuelo, baja y alta cota, ya a priori es considerada por el fabricante del avión, que

ha diseñado el avión militar con un factor de carga próximo al 7,5 en tanto para el avión comercial se hace con 2,5.

- Las radiaciones cósmicas, aun cuando no tienen efecto especial en el avión militar distinto que en el comercial, dado que cada vez se fabrican aviones militares de mayor autonomía; la repetición de vuelos de alta duración puede hacer que la tripulación alcance altas dosis de radiación cósmica.

- Los aviones militares vuelan en determinadas misiones a altitudes superiores a los comerciales, en plena capa de Ozono de alta concentración con el consiguiente mayor efecto negativo para la tripulación.

LA FORMACIÓN DE HIELO

El agua de las nubes puede estar en estado de subfusión, falso equilibrio en que el agua permanece en estado líquido por debajo de los cero grados centígrados. Al chocar estas gotas de agua con las diversas partes del avión, aparece el hielo que se deposita sobre aquel, tanto más cuánto menos pulida sea la superficie, pudiendo formarse capas de algunos centímetros, en menos de cinco minutos.

En la fig. 1 mostramos los diferentes tipos de nubes, en donde especificamos, además de sus características, cuáles resultan más peligrosas para la formación de hielo en los aviones. En la fig. 2 se indica la constitución de las nubes en estado de subfusión, el grado de peligrosidad y las formas de hielo en los aviones.

- Efectos de la formación de hielo en diversas partes del avión

- En las alas, disminución de la sustentación y aumento de la resistencia aerodinámica.

- En los estabilizadores, pérdida de efectividad e incluso inversión de efecto.

- En los dispositivos hipersustentadores, disminución muy acusada de su efectividad.

- En hélices, disminución del rendimiento, con la consiguiente mayor necesidad de potencia en el motor. Vibraciones, daños en la hélice, y posibles daños en los motores y en la célula, al desprenderse el hielo.

- En mandos de vuelo y de motores, resistencia al movimiento y, en el límite bloqueo.

- En el tren de aterrizaje, aumento de esfuerzos para retracción/extensión. Contaminación, por hielo, del fluido hidráulico en los amortiguadores.

FIG. 1

DIFERENTES TIPOS DE NUBES (Clasificación de la OMM - Organización Meteorológica Mundial)

REGIONES			CAPAS	DENOMINACION	CONTORNO	FORMAS	CARACTERISTICAS	CUMULONIMBUS			
Polar	Templada	Tropical						FORMA	CARACTERISTICAS		
De 3000 a 8000 m	De 5000 a 13000 m	De 6000 a 18000 m	SUPERIOR	CIRROCÚMULOS	O		.blancas .cristales de hielo mayores que en los cirros		.base muy oscura		
				CIRROSTRATOS	S		.blanquecino fibroso "halos" .cristales de hielo				
				CIRROS	O		.blancas .cristales de hielo, pocos y pequeños				
De 2000 a 4000 m	De 2000 a 7000 m	De 2000 a 8000 m	MEDIA	ALTOSTRATOS	S		.gris azulado .gotitas de agua-nieve-hielo .gotas de agua subfundida en la base			.gotitas de agua, fuertemente subfundida	
				ALTOCÚMULOS	O		.blancuzco gris .gotitas de agua asociadas a los Altostratos				
				NIMBOSTRATOS	S		.gris oscuro .cristales de hielo .copos de nieve .gotas de agua subfundida				
De 0 a 2000 m	De 0 a 2000 m	De 0 a 2000 m	INFERIOR	ESTRATOCÚMULOS	O		.grises o blanquecinas .gotitas de agua .nieve granulada				.cima con cristales de hielo, gruesas gotas de agua y copos de nieve granulados
				ESTRATOS	S		.grises .gotitas de agua, pueden desprender hielo o nieve granulada				
				CÚMULOS	DV		.blanco brillante, de base oscura .gotas de agua subfundida				
				CUMULONIMBUS	DV						

● engelamiento fuerte en aeronaves
○ engelamiento moderado en aeronaves

O.- onduladas
S.- estratificadas

↑ DV.- de desarrollo vertical penetración en capas adyacentes

- En las tomas de presión para indicadores; errores de indicación, a veces muy peligrosos.

- En parabrisas, restricción de visibilidad y fragilidad.

- **Formación de hielo en aparcamiento y rodaje del avión**

Aquí la formación de hielo puede tener su origen en la escarcha -cristales blancos que pare-

cen plumas de nieve- y que surgen cuando el avión ha volado en zonas frías (inferiores a 0°C) y entra en contacto con aire menos frío y de elevado grado higrométrico. Es corriente la aparición de escarcha durante la noche y con lluvias de verano procedentes de cúmulonimbus, que descargan agua subfundida hasta a -18°C.

- **Formación de hielo en el ala, dispositivos hipersustentadores y empenaje horizontal**

La fig. 3 muestra las variaciones del coeficiente de sustentación C_L en función del ángulo de ataque α° , para un perfil limpio de hielo, y para ese mismo perfil con diversas posiciones de los dispositivos hipersustentadores con hielo.

FIG. 2

COMPOSICION DE LAS NUBES EN ESTADO DE SUBFUSION

<p>0° C a -15° C -15° C a -20° C -20° C a -40° C</p>	<p>gotas de agua tienden a transformarse en hielo cristales de hielo en suspensión</p>
<p>GAMAS DE TEMPERATURA Y GRADO DE PELIGROSIDAD</p>	
<p>0° C a -8° C -8° C a -14° C -14° C a -40° C</p>	<p>peligroso menos peligroso poco peligroso</p>
<p>LAS FORMAS DE HIELO</p>	
<p>TRANSPARENTE 0° C a -4° C</p>	<ul style="list-style-type: none"> . gotas gruesas de agua subfundida en la nube . se forma hielo en: <ul style="list-style-type: none"> - bordes de ataque de alas y empenajes - morro del avión - pequeño espesor de hielo en el ala (mantiene su forma aerodinámica)
<p>OPACO -4° C a -10° C</p>	<ul style="list-style-type: none"> . la nube contiene ya, en suspensión, cristales de hielo, nieve o granizo . se forma hielo de forma muy irregular, especialmente en el ala, rompiendo su forma aerodinámica
<p>BLANCO Inferiores a -10° C</p>	<ul style="list-style-type: none"> . gotas finas de agua subfundida, en la nube e incluso en nieblas . color lechoso y también opaco . se forma hielo en los bordes de ataque del ala y estabilizadores . hielo quebradizo, pues contiene burbujas de aire

El efecto más acusado es la disminución del coeficiente de sustentación máximo y la más pronta aparición de la "pérdida" a ángulos de ataque más pequeños. Esto tiene particular importancia en las fases de despegue y aterrizaje.

En el caso del despegue, dado que éste se hace, por lo general, a valores de C_L entre el 65% y el 90% del C_{Lmax} . y que la velocidad de despegue es entre un 5% y un 25% mayor que la velocidad de "pérdida", puede ocurrir con escarcha o hielo que el avión no pueda despegar por aparición prematura de la "pérdida".

En el caso de la aproximación al aterrizaje, esta velocidad deberá ser mayor, lo que combinado con la posibilidad de hielo en la pista y menor acción de los frenos, puede producir una situación crítica.

En cuanto al efecto del hielo en el empenaje horizontal, también

el Grupo Sueco-Soviético del que proceden los resultados anteriores sobre el ala, ha realizado investigaciones que confirman la ineficacia del estabilizador horizontal, tras una "pérdida", cuando hay formación de hielo en la zona del borde de ataque e intradós de dicho estabilizador.

- Formación de hielo en los motores

a) En motores alternativos, los indicios de formación de hielo, están asociados a una disminución de la presión de admisión, RPM y consumo de combustible, que puede surgir cuando la temperatura de admisión de aire sea inferior a +5°C con humedad relativa media y por debajo de -15°C con alta humedad relativa. Para obviar la formación de hielo, deberá ponerse calefacción al carburador, observando que la temperatura de culata de los cilindros está dentro de los límites y así alejarse del problema de detonación.

b) En turborreactores, la formación de hielo restringe el paso de aire al motor, con la consiguiente disminución de empuje. Como las unidades de control de combustible, tienden a corregir la caída de las RPM, aumentando el flujo de combustible, esto agudiza el problema, al surgir una elevación de la temperatura de los gases de escape. Una formación de hielo en la admisión de aire puede producir una disminución de empuje del 40% y un aumento de la temperatura de los gases de escape superior a los 200°C en menos de 5 minutos.

c) En turbohélices la formación de hielo se detecta como en el caso de los turborreactores, asociado al efecto de la hélice, ambos ya descritos.

Ver sistemas de deshielo/antihielo en fig. 4.

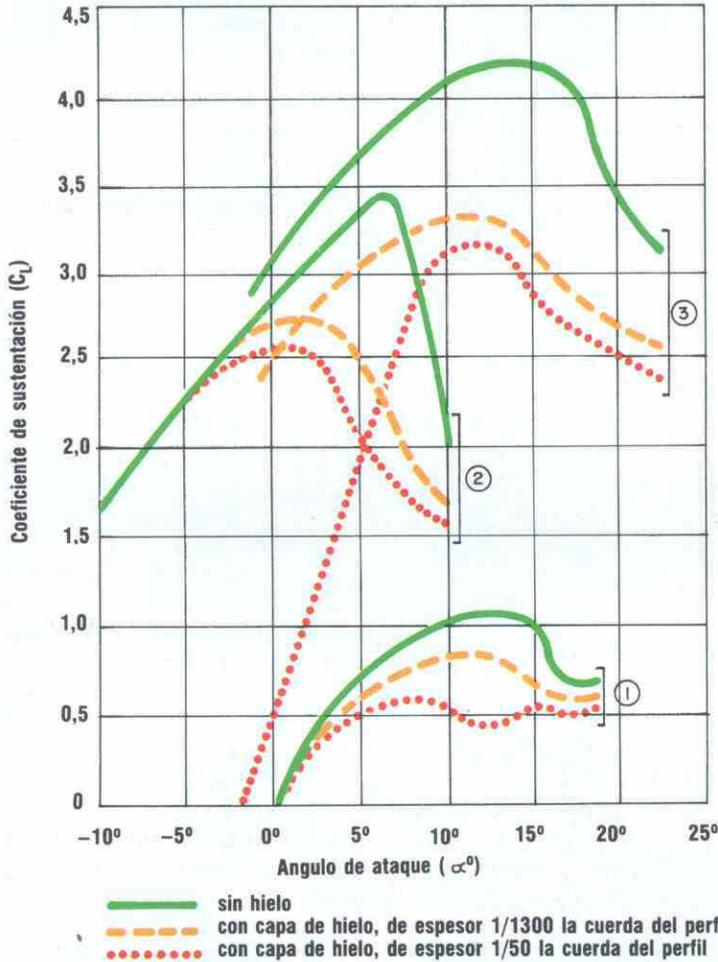
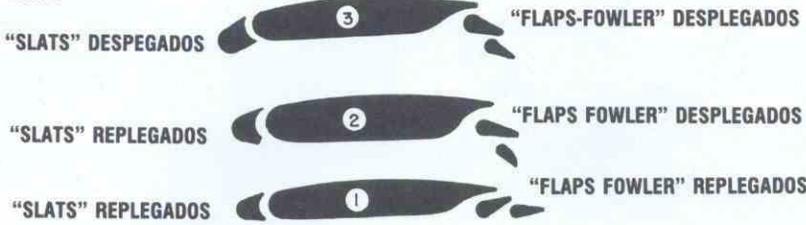
LAS DESCARGAS DE RAYOS A TRAVES DE AVIONES

Las causas de las fuertes descargas eléctricas en forma de rayos se justifican por el fenómeno de ionización de la atmósfera, principalmente en las nubes y en las proximidades de la superficie de la Tierra, y en ella juegan especial importancia, los átomos de los componentes principales de la atmósfera (78% de Nitrógeno y 21% de Oxígeno).

A muy altas temperaturas, las colisiones entre las moléculas, son de tanta energía que los electrones se separan de su órbita normal en el átomo, quedando liberados, y adquiriendo el gas el estado iónico positivo.

La presencia de un alto porcentaje de electrones libres, y de iones positivos, hace cambiar drásticamente las propiedades de un gas, y en el caso del aire el efecto más destacado es la alta conductibilidad de la electricidad. Surge así el rayo del cual el avión es un escalón en las descargas nube-tierra; nube-nube, o simplemente dentro de la nube.

FIG. 3



do hacia la base de la nube los electrones libres de las proximidades del suelo. La parte superior de la nube está cargada positivamente, generado por la explosión o choque de gruesa gotas de agua al ascender dentro de la nube.

Algunas veces, debajo de la zona de la base de la nube puede aparecer una pequeña zona, de dimensiones muy reducidas, cargada con electricidad positiva.

Los rayos surgen cuando entre puntos separados, de ese campo eléctrico, éste es al menos de una diferencia de potencial del orden de 3.000 voltios.

La estadística ha puesto de manifiesto que el 75% de los rayos que han alcanzado aviones, han ocurrido a temperaturas entre +3°C y - 5°C, intervalo éste que se corresponde normalmente con zonas de atmósfera turbulenta y de precipitaciones. Ver fig. 5.

- La trayectoria de un rayo sobre un avión

En el mundo ocurren, aproximadamente, 100 descargas por segundo, de diferente intensidad.

Con tan grande actividad tormentosa, los fabricantes de aviones han adoptado grandes precauciones diseñando y construyendo aviones protegidos ante tal eventualidad.

El criterio es limitar el mínimo espesor del recubrimiento del

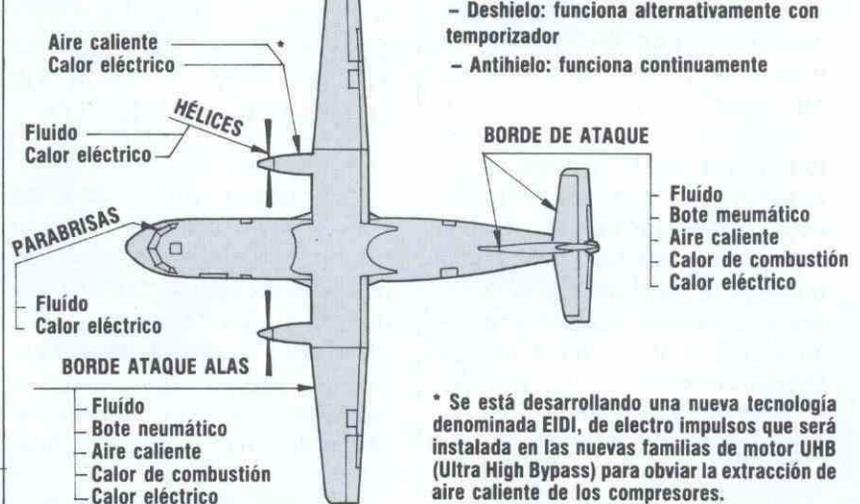
- Los cumulonimbus y los rayos

Está generalmente admitido que la Tierra se comporta como un cuerpo cargado negativamente, siendo su campo eléctrico en las proximidades del suelo, del orden de 1 voltio/cm.

Al evaporarse la humedad de la superficie de la Tierra, eleva iones cargados negativamente al aire, lo que motiva un exceso de electrones en la parte baja de las nubes, normalmente del tipo "cumulonimbus".

El suelo bajo la nube se carga positivamente al haber ascendi-

FIG. 4



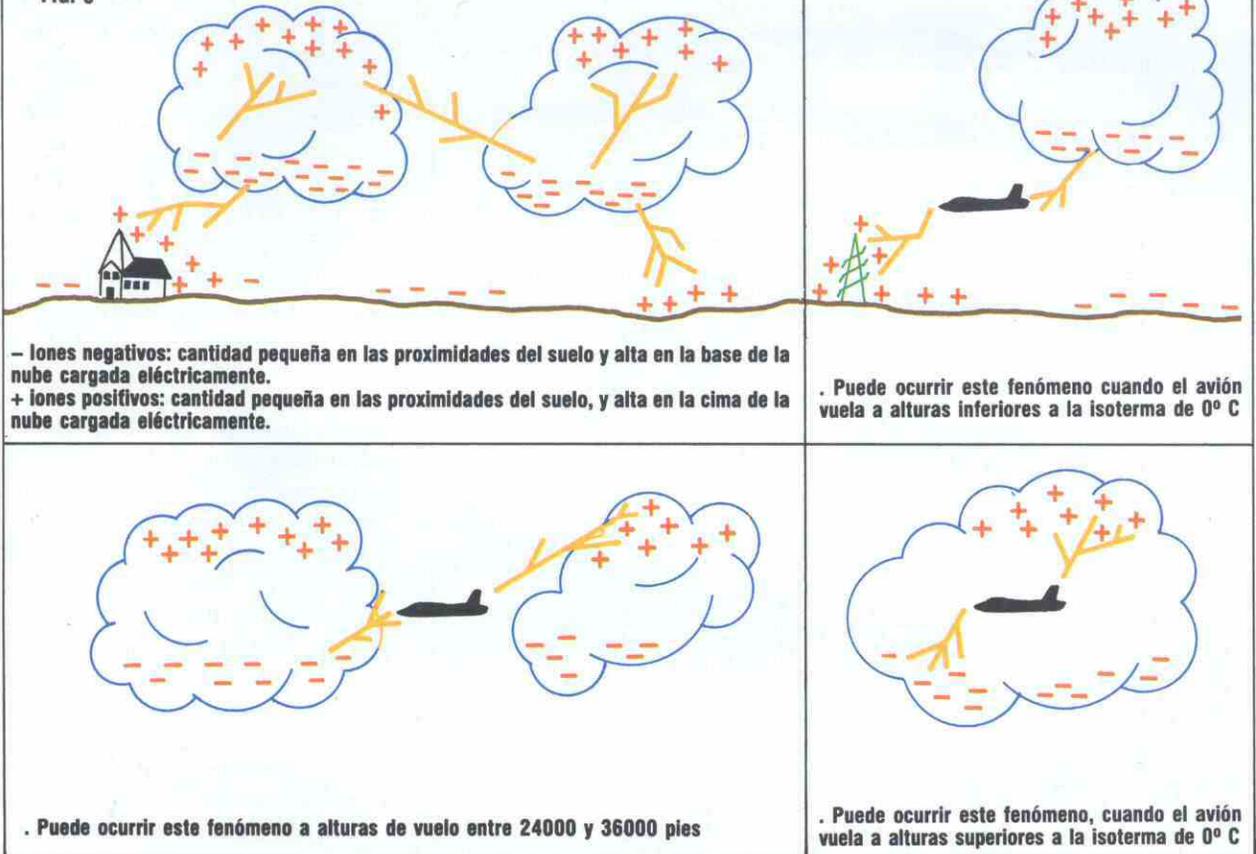
PROCEDIMIENTOS DE DESHIELO Y ANTIHIELO

- Deshielo: funciona alternativamente con temporizador

- Antihielo: funciona continuamente

* Se está desarrollando una nueva tecnología denominada EIDI, de electro impulsos que será instalada en las nuevas familias de motor UHB (Ultra High Bypass) para obviar la extracción de aire caliente de los compresores.

FIG. 5



- Iones negativos: cantidad pequeña en las proximidades del suelo y alta en la base de la nube cargada eléctricamente.
 + Iones positivos: cantidad pequeña en las proximidades del suelo, y alta en la cima de la nube cargada eléctricamente.

. Puede ocurrir este fenómeno cuando el avión vuela a alturas inferiores a la isoterma de 0° C

. Puede ocurrir este fenómeno a alturas de vuelo entre 24000 y 36000 pies

. Puede ocurrir este fenómeno, cuando el avión vuela a alturas superiores a la isoterma de 0° C

avión en las zonas de posible impacto de rayo para impedir que se fundan localmente; y para evitar los arcos y chispas en la separación entre partes metálicas lado a lado, dejar espacios de muy poca resistencia al paso de la corriente, complementándose con uniones entre ellas, que hagan conductora toda la superficie exterior del avión.

La tecnología de utilización de materiales tipo "composite" no metálicos, si bien tiene indudables ventajas de ahorro de peso, tiene respecto al comportamiento ante los rayos, desventajas en relación con los materiales metálicos, así: el grafito y las resinas "epoxi" son casi 1.000 veces menos conductoras que las aleaciones a base de aluminio, y el Kevlar y la fibra de carbono no son conductoras en absoluto. Ello exige disponer de canales de descarga metálicos para hacer que

fluya la corriente del rayo y a este respecto se está haciendo como desde hace mucho tiempo se hace con las cúpulas de los radares en el morro del avión: estructurarlas con una fina malla metálica, que no distorsione el funcionamiento del radar, en tanto se mantiene la conductividad. Ver fig. 6.

ATMÓSFERA TURBULEN- TA: ORIGEN Y TIPOS DE CORTANTE DEL VIENTO

La atmósfera turbulenta se genera porque torbellinos de aire muy irregulares, son arrastrados por el viento, perturbando el flujo normal de éste.

De acuerdo con las causas origen de la turbulencia, se distinguen tres tipos: turbulencia mecánica u orográfica; turbulencia

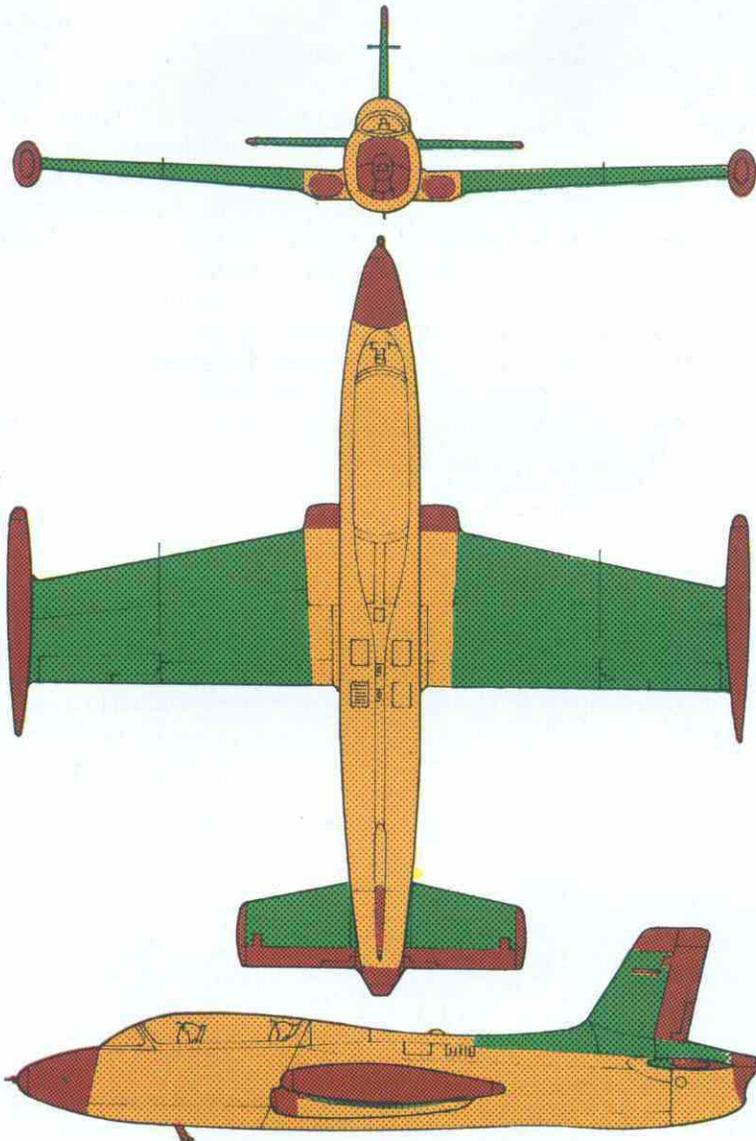
térmica o convectiva y turbulencia en tiempo claro.

- En la turbulencia orográfica, los torbellinos se originan por las diferencias de las fuerzas de fricción en el viento según la configuración del terreno: mar, tierra, lagunas, montañas, bosques, casas, grandes edificios... Predomina en las capas inferiores de la atmósfera, siendo ya poco probable a partir de 7.500 a 9.000 pies, salvo en regiones de alta orografía en que puede aparecer también.

- En la turbulencia convectiva la atmósfera es inestable ascendiendo y descendiendo las capas de aire. Va unida a la formación de cúmulos o cumulonimbus, y predomina en altitudes medias entre 3.000 y 15.000 pies.

- La turbulencia en tiempo claro alcanza sus valores máximos entre 25.000 y 32.000 pies, y la zona de menos intensidad está

FIG. 6 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS POTENCIALES DE IMPACTO DE RAYO



- ZONA 1.-** Superficies de alta probabilidad de descarga de rayo
 - . Si los flaps están extendidos deben considerarse como zona 1, y los "slats" si los tuviere
 - . El tren de aterrizaje se incluye en zona 1, si está extendido
 - . En los aviones con hélice, ésta debe considerarse zona 1
- ZONA 2.-** Superficies de paso de las descargas de la zona 1
- ZONA 3.-** Superficies de baja probabilidad de descarga

entre 35.000 y 50.000 pies, a niveles de la Tropopausa Tropical y la Tropopausa Ecuatorial. No obstante, puede encontrarse este tipo de turbulencia a partir de los 15.000 pies de altitud, y aleatoriamente a alturas menores.

En cuanto a las cortantes del viento (cizalladura o "wind shear") podemos enunciarlas así:

a) Cortante horizontal del viento: es la variación por unidad de longitud, del vector velocidad del viento entre dos puntos

que están al mismo nivel. Es debida fundamentalmente a las causas enunciadas en la turbulencia orográfica.

b) Cortante vertical del viento: es la variación por unidad de longitud del vector velocidad del viento entre dos puntos situados a distinto nivel. Aparece en condiciones atmosféricas correspondientes a una inversión nocturna y puede producirse a alturas próximas a los 180 pies.

c) Cortante del componente vertical del viento: es la variación por unidad de longitud del componente vertical del vector velocidad del viento entre dos puntos al mismo nivel.

Este es el caso, por ejemplo de las corrientes descendentes peligrosas, pues la corriente descendente se convierte en horizontal en las proximidades del suelo. Si ocasionalmente ocurre, su duración es muy breve.

Incluimos en la fig. 7 una escala práctica de turbulencia, a efectos aeronáuticos.

En la fig. 8 mostramos las características dimensionales de una microrráfaga descendente, de gran incidencia en el despegue y en el aterrizaje.

- En el despegue, una disminución de la componente frontal o un aumento de la componente de cola, trae consigo una disminución de la sustentación por disminución de la velocidad relativa frontal; el avión tiende a volar por debajo de la trayectoria nominal. Véase fig. 9.

Un aumento de la componente frontal del viento o una disminución de la componente de cola, trae consigo un aumento de la velocidad relativa frontal y el avión tiende a sobrevolar la trayectoria nominal.

- En el aterrizaje con un viento de cara creciente o de cola decreciente, aumenta la velocidad y el avión tiende a volar por encima de la trayectoria nominal de planeo.

FIG. 7

ESCALA PRÁCTICA DE TURBULENCIA, A EFECTOS AERONÁUTICOS

► Escala empírica de Darmstadt
 ● Cuantificación de la intensidad de las ráfagas del U.S. Weather Bureau

Turbulencia 0	► Avión sometido a oscilaciones muy ligeras, aun cuando perceptibles, de vez en cuando. ● Rachas de ± 5 a 20 pies/seg.
Turbulencia 1	► Avión sometido a golpes laterales fuertes; ligero balanceo. ● Rachas de ± 20 a 35 pies/seg.
Turbulencia 2	► El avión se separa de la línea de vuelo; cabecea y balancea. Está sometido a movimientos verticales bruscos y puede estar momentáneamente fuera de control. ● Rachas de ± 35 a 50 pies/seg.
Turbulencia 3	► El avión se separa con frecuencia y bruscamente de la línea de vuelo; cabecea y balancea fuertemente; tiende a resbalar de ala, y responde con dificultad a los mandos. Pueden ocurrir fallos estructurales ● Ráfagas mayores de ± 50 pies/seg.

Con un viento de cara decreciente o creciente de cola, disminuye la velocidad y el avión tiende a quedar por debajo de la trayectoria, y realizar un aterrizaje corto. (Véase fig. 10).

- Detección de la turbulencia

En la de baja cota, desde hace ahora 10 años, la Administración Federal de los Estados Unidos de América (FAA) ha instalado en numerosos aeródromos un sistema denominado LLWAS. Consiste en una instalación de 6 a 7 anemómetros en cada aeródromo, situados aproximadamente a 1.200 metros de las pistas operativas y distribuidos de forma sensiblemente regular. Cuando hay diferencias acusadas entre las lecturas de los anemómetros se avisa al piloto. Están en etapa de investigación sistemas Doppler y Lidar (sistema telemétrico y de detección de la luz).

En alta cota, la detección estriba principalmente en hacer uso del efecto Doppler, e incluir un subsistema en los radares meteorológicos convencionales que presenten al piloto datos sufi-

cientes para interpretar la presencia a determinada distancia de un régimen atmosférico turbulento.

LAS RADIACIONES CÓSMICAS

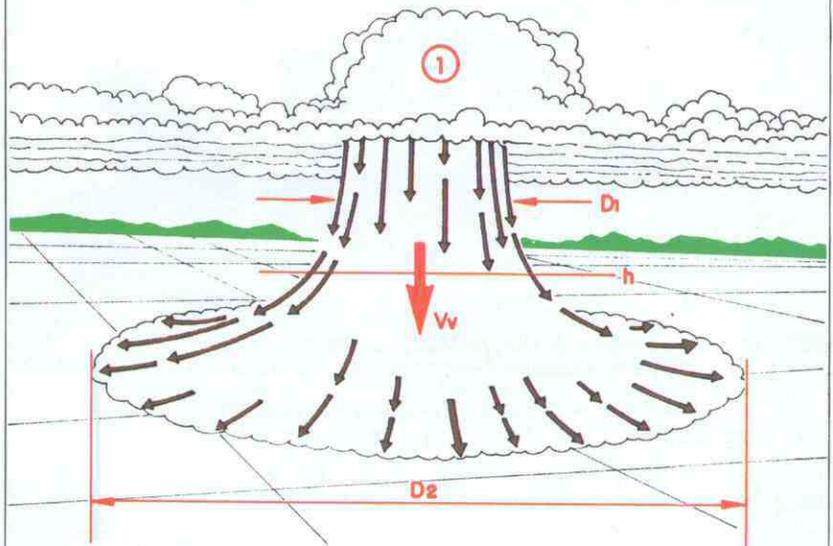
Son radiaciones electromagnéticas de tipo ionizante, esto es aquellas en que los fotones emitidos tienen una alta energía cinética capaz de ionizar los átomos de las moléculas que los absorben, en tanto que las no ionizantes no tienen energía suficiente para tal efecto.

Las radiaciones electromagnéticas naturales, que pueden aparecer en las operaciones de aviones son de dos tipos:

- Radiaciones cósmicas procedentes de las galaxias
- Radiaciones cósmicas solares

La radiación natural a las alturas normales de crucero de los aviones, es casi enteramente debida a las radiaciones procedentes de las galaxias. Así, por ejemplo con referencia a la fig. 11, un tripulante de un avión que volase

FIG. 8 DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE UNA MICRORRÁFAGA DESCENDENTE



- ① Base de la capa superior de la nube
- D_1 Diámetro del núcleo de la microrráfaga: 1,2 a 4 Km
- h Altura de la violencia máxima de la ráfaga: 75 a 100 pies
- D_2 Diámetro en el suelo de la microrráfaga dispersa: 3,2 a 4 Km
- W Velocidad media de la corriente descendente: 60 a 80 nudos (6000 a 8000 pie/minuto)
- Las microrráfagas pueden ser "mojadas" o "secas", esto es, con lluvia o sin lluvia

FIG. 9 EFECTO DE UNA FUERTE CORTANTE DEL COMPONENTE VERTICAL DEL VIENTO ("microrráfaga" descendente)

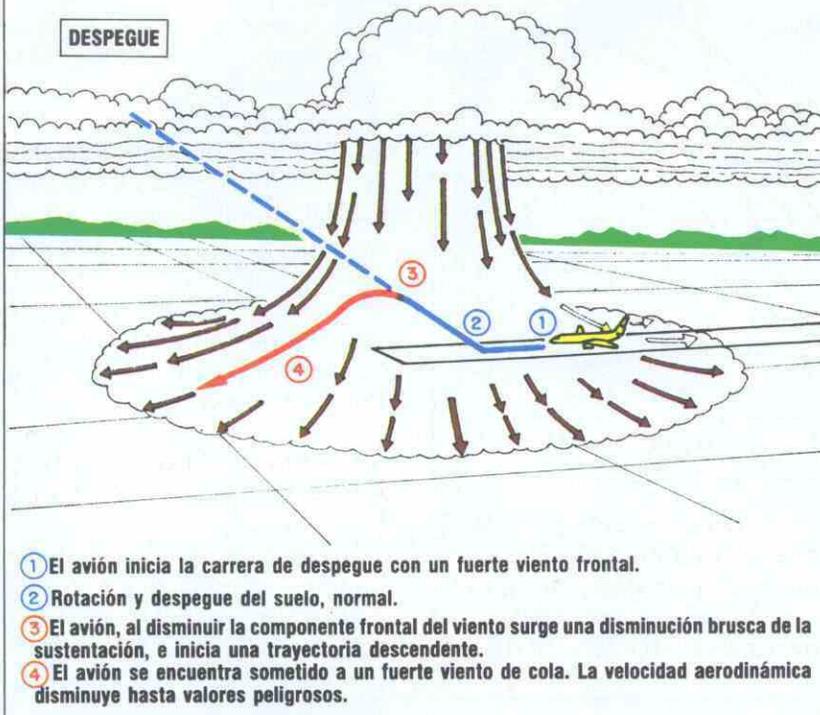
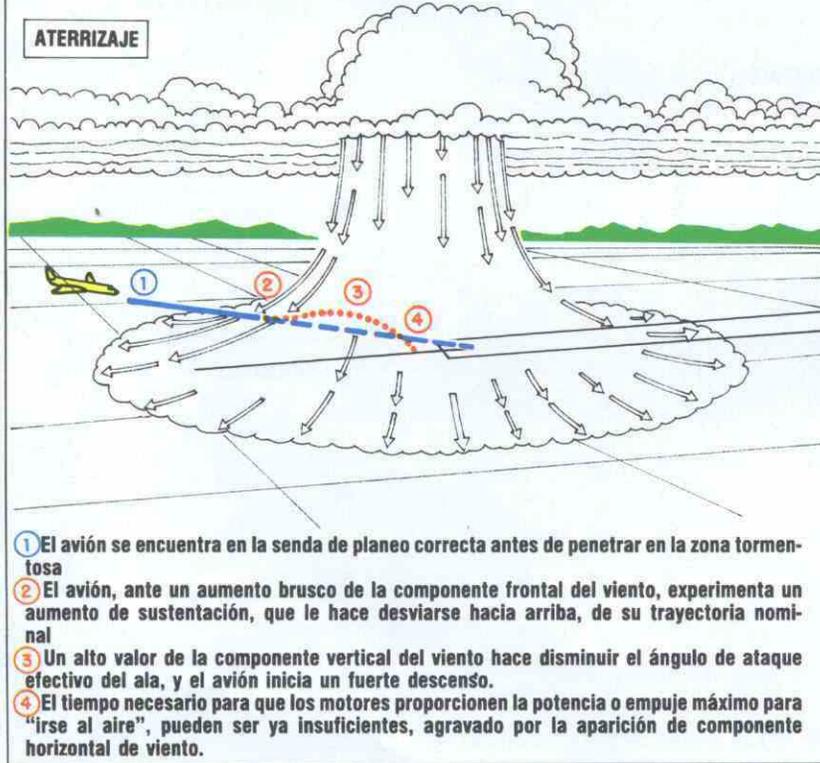


FIG. 10 EFECTO DE UNA FUERTE CORTANTE DEL COMPONENTE VERTICAL DEL VIENTO ("microrráfaga" descendente)



al año 800 horas a alturas medias de 60.000 pies, y a latitudes de 45° recibiría una dosis acumulativa de 480 m.rem (800 h × 0,6 m.rem/h). De acuerdo con las normas de la Organización Internacional de Trabajo debe hacerse una supervisión cuando se alcanzan 1.500 m.rem (1,5 rem).

La radiación cósmica solar está concentrada en parte del espectro electromagnético: la correspondiente a la luz visible y parte de la banda de rayos infrarrojos y ultravioletas (fig. 12).

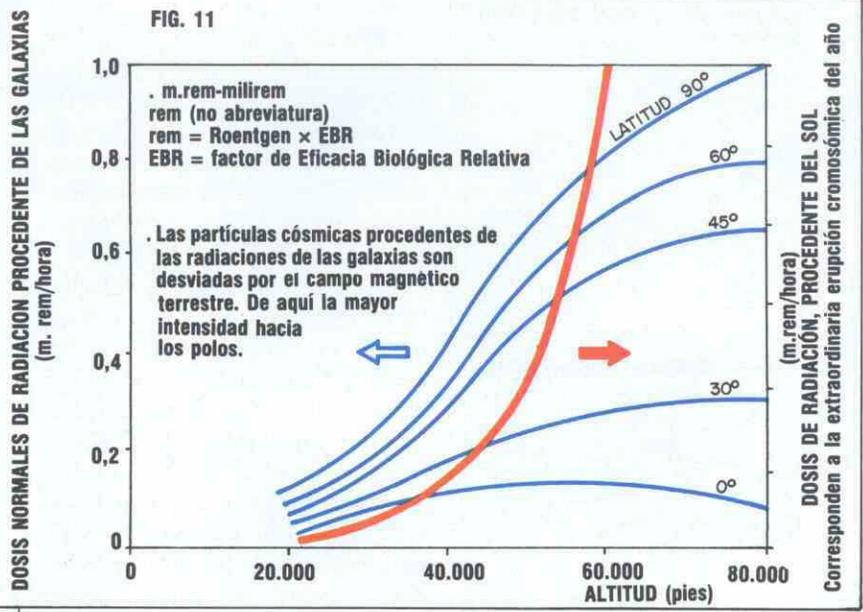
Las radiaciones solares normales son análogas a las de las galaxias, si bien su energía es mucho más débil. No obstante erupciones intensas, casos raros, pueden ser superiores a las procedentes de las galaxias.

EL OZONO Y LA OZONOSFERA

Cuando se combinan tres átomos de Oxígeno (O) se forma el Ozono (O₃). Götz fue quien primero determinó la distribución del Ozono en función de la altura, entre 14.000 y 54.000 metros. Estudios realizados por Dobson en Oxford, en la década de los años 1920's, proporcionaron un resultado verdaderamente espectacular: aun cuando la Ozonósfera tiene un espesor de 40 Km; reducida la cantidad de Ozono a las condiciones normales de presión y temperatura de la superficie de la Tierra, tendría tan sólo un espesor de 3 milímetros.

- Efectos negativos del Ozono, para el vuelo.

En las zonas de alta concentración pueden surgir problemas derivados de su toxicidad. Una forma eficaz de protección es hacer uso de la propiedad del Ozono, que es inestable bajo los efectos del calor, disociándose fácilmente cuando se le expone a temperaturas de 400°C durante medio segundo solamente. Esta tempe-



ratura es prácticamente la alcanzada por el aire en la primera fase de compresión para el sistema de presurización de los aviones supersónicos.

La cantidad de Ozono en la cabina de la tripulación puede dar lugar a molestias, no graves, cuando existen concentraciones próximas a 0,03 ppm (partes por

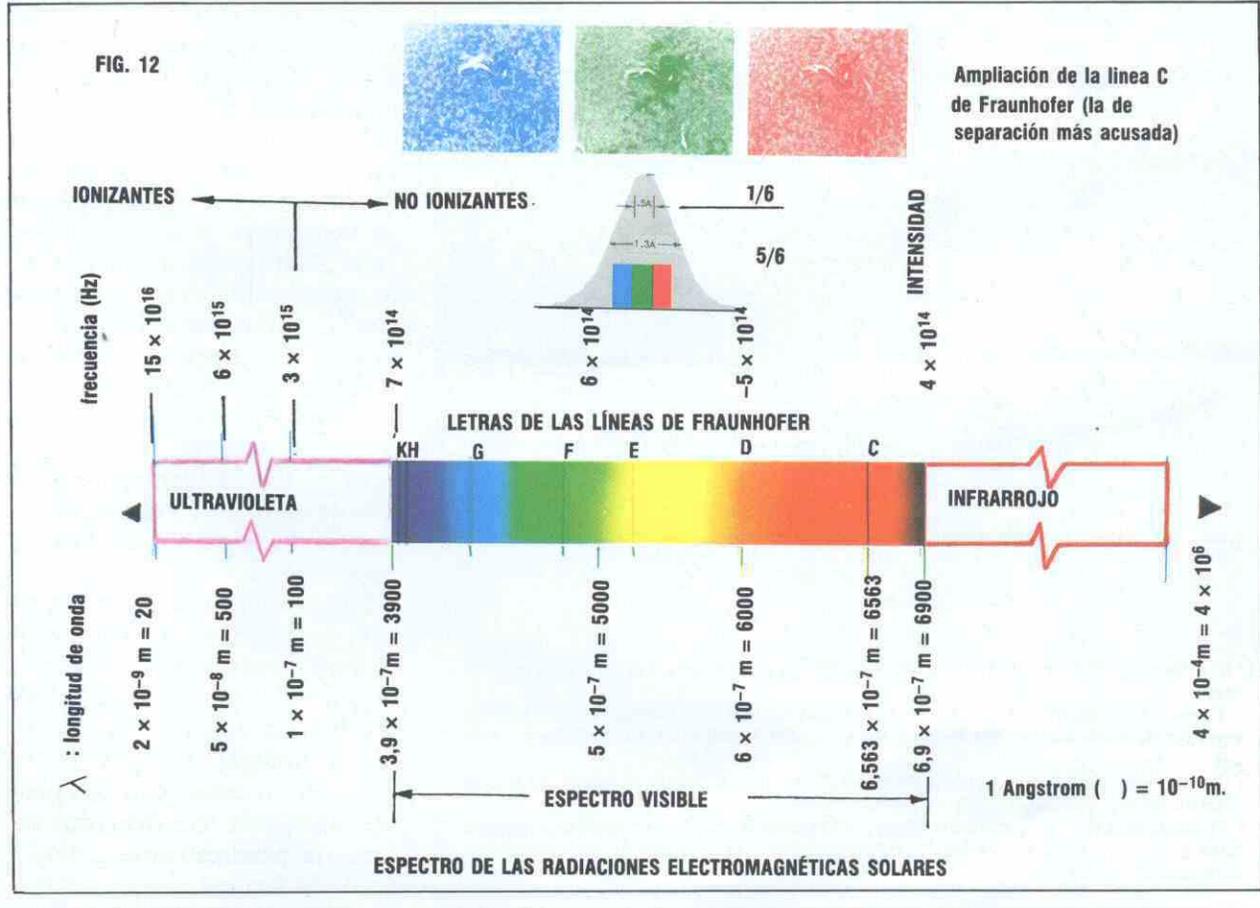
millón) y se mantengan esas condiciones al menos durante dos horas.

- Efectos positivos del Ozono en la Troposfera

El Ozono absorbe los rayos ultravioleta más nocivos (fig. 13) y así proporciona a la vida en la Tierra una protección natural muy eficaz. Si la capa de Ozono se debilitase, por destrucción parcial, tendría graves consecuencias para la vida. Surgirían alteraciones climáticas de fuerte elevación de temperatura, se interrumpiría la fotosíntesis de los vegetales y aparecerían quemaduras en la piel.

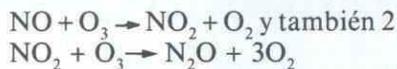
- Destrucción del Ozono por actividades aeronáuticas e industriales

Los gases de escape de los motores, especialmente los de reacción, expulsan Oxidos de Nitrógeno (NO y NO₂). Véanse al-

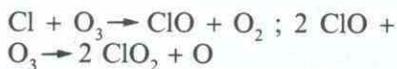


turas operativas normales de crucero en fig 14, según el tipo de avión.

La destrucción de cada molécula de Ozono ocurre así:



- Los clorofluorometanos (CF_2Cl_2 y CFCl_3), utilizados en refrigeración, también se disocian en Cl y ClO ocurriendo después:



Desde septiembre de 1986 en

FIG. 13	
Longitud de onda (λ) en Amstroms (Å) $1 \text{Å} = 10^{-10} \text{ m}$	COMPORTAMIENTO DE LAS RADIACIONES (óbservese la gama absorbida y amortiguada por el Ozono)
$\lambda < 1800 \text{ Å}$. No llegan a la Estratosfera y por lo tanto tampoco a la Troposfera
$1800 \text{ Å} < \lambda < 2400 \text{ Å}$. Son absorbidas por el Oxígeno molecular (O_2) y forman el Ozono
$2400 \text{ Å} < \lambda < 2900 \text{ Å}$. Son absorbidas totalmente por el Ozono, y no llegan a la superficie terrestre
$2900 \text{ Å} < \lambda < 3200 \text{ Å}$. Son absorbidas parcialmente por el Ozono, y la parte de esta radiación que llega a la Tierra, puede causar daños fisiológicos, principalmente quemaduras
$3200 \text{ Å} < \lambda < 4000 \text{ Å}$ (UV.A)	. La mayor parte llega al suelo, en mayor cantidad que las UV.B, y juegan papel importante en los procesos fotoquímicos

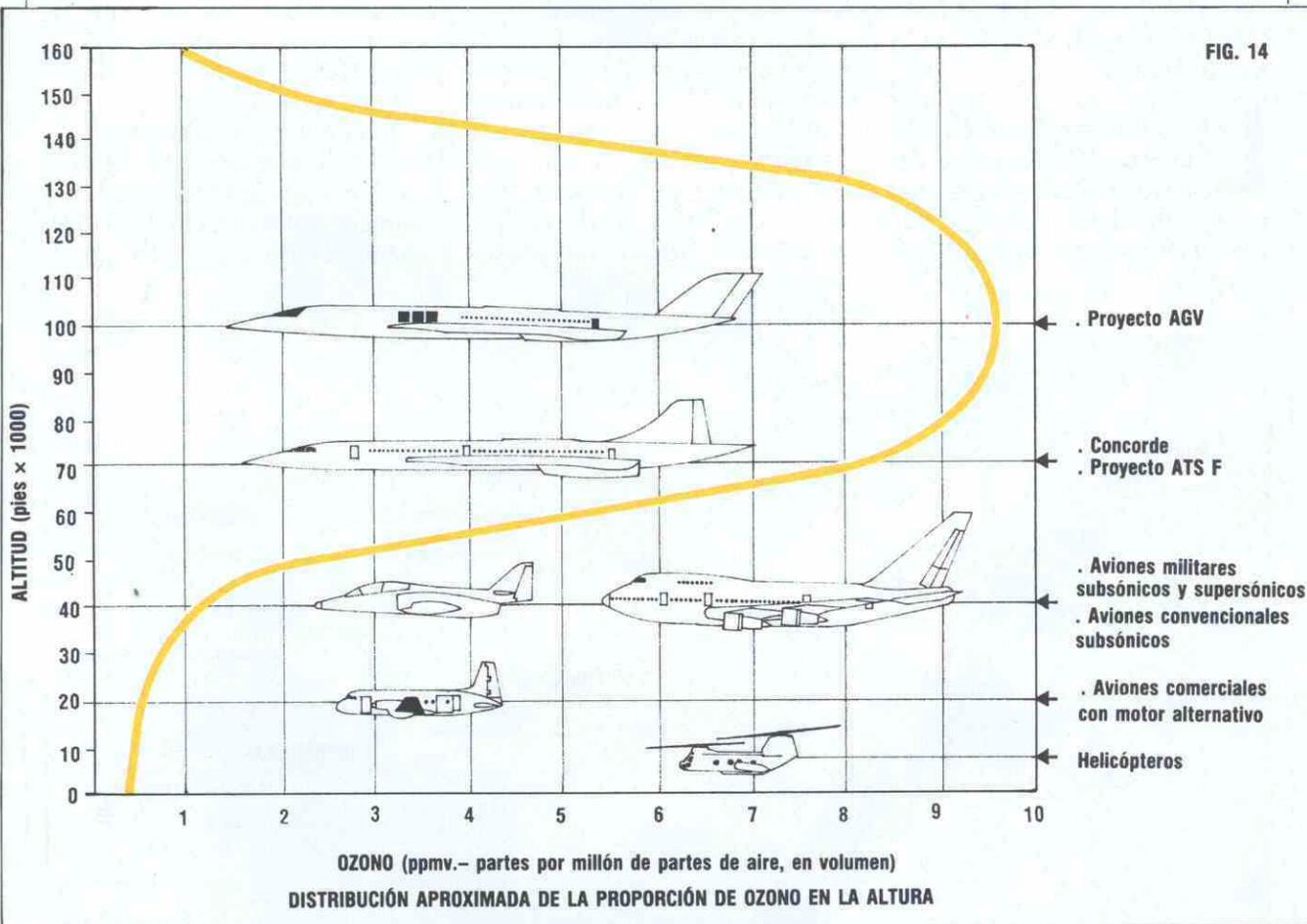


FIG. 14

que se tuviera conocimiento de un debilitamiento muy acusado en la Ozonosfera sobre la Antártida, y que ha venido en llamarse el "agujero" de la capa de Ozono, se ha incrementado la investiga-

ción de la Ozonosfera, siendo de destacar la puesta en órbita por la NASA por encima de los Polos del satélite Solar-Mesosphere-Explorer diseñado específicamente para estudiar la radiación

ultravioleta y su efecto sobre el Ozono entre 30 km. y 100 km. de altura aun cuando estudios precedentes han confirmado su ausencia prácticamente a partir de los 54 km. ■