

CIAIAC

Comisión de Investigación
de Accidentes e Incidentes
de Aviación Civil

INFORME TÉCNICO A-055/2001

Accidente ocurrido el 10
de octubre de 2001, a la
aeronave FAIRCHILD
SA-226-AT «Metro II»,
EC-GDV, en las
proximidades de las
islas Columbretes en
el mar Mediterráneo



MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-055/2001

**Accidente ocurrido el 10 de octubre de 2001,
a la aeronave FAIRCHILD SA-226-AT «Metro II»,
EC-GDV, en las proximidades de las islas
Columbretes en el mar Mediterráneo**



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA GENERAL DE
TRANSPORTES

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-03-011-0
Depósito legal: M. 23.129-2003
Imprime: Centro de Publicaciones

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@fomento.es
<http://www.fomento.es/ciaiac>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, la investigación tiene carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la determinación ni establecimiento de culpa o responsabilidad alguna. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

Índice

Abreviaturas	vii
Sinopsis	ix
1. Información factual	1
1.1. Antecedentes del vuelo	1
1.2. Lesiones de personas	2
1.3. Daños a la aeronave	2
1.4. Otros daños	2
1.5. Información personal	2
1.5.1. Piloto al mando	2
1.5.2. Copiloto	3
1.6. Información de aeronave	3
1.6.1. Célula	4
1.6.2. Certificado de aeronavegabilidad	4
1.6.3. Registro de mantenimiento	5
1.6.4. Motores	5
1.6.5. Hélices	5
1.6.6. Estación de aeronave	6
1.7. Información meteorológica	6
1.8. Ayudas para la navegación	7
1.9. Comunicaciones	8
1.10. Información de aeródromo	9
1.11. Registradores de vuelo	9
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto	9
1.13. Información médica y patológica	11
1.14. Incendios	11
1.15. Aspectos de supervivencia	11
1.16. Ensayos e investigación	11
1.17. Información sobre organización y gestión	13
1.18. Información adicional	13
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces	14
2. Análisis	15
2.1. Desarrollo del vuelo	15
2.2. Consideraciones sobre el accidente	16
2.2.1. Proceso del accidente	16
2.2.2. Utilización del radar	17
2.2.3. Determinación de la causa más probable	18
3. Conclusión	21
3.1. Conclusiones	21
3.2. Causas	21

4. Recomendaciones sobre seguridad 23

Apéndices 25

 Apéndice A. Trayectoria de la aeronave y posición de los restos 27

 Apéndice B. Imágenes de reflectividad de nubes 33

 Apéndice C. Restos recuperados 39

 Apéndice D. Restos submarinos localizados 45

Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
BKN	Cielo nuboso
CPU	Unidad central de proceso
dd-mm-aaaa	Día, mes y año
DETRESFA	Fase de socorro
E	Este
FAA	Agencia Federal de la Aviación (EE.UU.)
FEW	Nubosidad escasa
FIR	Región de información de vuelo
FL	Nivel de vuelo (número de centenas de la altura de vuelo en pies)
FUS	Oficina de Investigación de Accidentes de Alemania
ft	Pie(s)
GPS	Sistema global de navegación por satélites
h	Hora(s)
HL	Hora local
hh:mm:ss	Horas, minutos y segundos
IFR	Reglas de vuelo instrumental
IMC	Condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos
JAR	Requisitos aeronáuticos conjuntos aplicables en los países JAR
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
lb	Libra(s)
m	Metro(s)
METAR	Informe meteorológico ordinario
MN	Milla(s) náutica(s)
MTOW	Peso máximo certificado al despegue
N	Norte
NW	Noroeste
OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional
OPS	Requisitos de operación
OVC	Cielo cubierto
P/N	Número de la parte
PCU	Unidad central de procesado
ROV	Vehículo operado remotamente
SCT	Nubes dispersas
SHP	Caballos de vapor en el eje
SIGMET	Pronóstico de tiempo significativo
SSR	Radar secundario de vigilancia
S. L.	Sociedad Limitada
TAF	Pronóstico meteorológico de aeródromo
TACC	Centro de control de tráfico aéreo
TIS	Tiempo en servicio
TPM	Transporte público de mercancías
TPP	Transporte público de pasajeros
TV	Televisión
UIR	Región superior de información de vuelo
UTC	Tiempo Universal Coordinado
w	Watio(s)
W	Oeste

Sinopsis

Propietario:	Air Atlantic, S. L.
Operador:	Flightline, S. L.
Aeronave:	Fairchild SA-226-AT
Fecha del accidente:	10-10-2001
Hora del accidente:	10:42 h ¹
Lugar del accidente:	Coordenadas 39° 59' 06" N/00° 32' 05" E, 10 MN al NW de las islas Columbretes, en el mar Mediterráneo
Personas a bordo:	2 tripulantes y 8 pasajeros
Tipo de operación:	Comercial internacional, no regular, de transporte de pasajeros
Fecha de aprobación:	28 de septiembre de 2005

Reseña del accidente

La aeronave realizaba el vuelo FTL 101 con origen en el Aeropuerto de Barcelona (España) y destino el Aeropuerto de Orán (Argelia). Cuando se encontraba al NW de las islas Columbretes, cayó al mar; sus restos fueron localizados en superficie y en el fondo del mar, pero no así los de sus ocupantes.

Aunque no han podido determinarse las causas del accidente, se considera como causa probable del mismo una pérdida total del suministro eléctrico, provocada por el impacto de un rayo en medio de la tormenta en la que estaba volando, sin que la tripulación consiguiera recuperarlo.

¹ Salvo indicación en contrario, todas las horas en el presente informe son locales (HL). Para obtener las horas UTC es necesario restar dos horas a la hora local.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El día del accidente, 10-10-2001, la aeronave matrícula EC-GDV, marca Fairchild, modelo SA-226-AT «Merlin IV», generalmente denominada como «Metro II» o «SW2», en referencia a la compañía Swearingen, diseñadora del tipo que dio lugar a los conocidos «Metros» y, posteriormente, fusionada con Fairchild Aircraft Corp., estaba contratada para realizar un vuelo comercial internacional, no regular, para transporte de pasajeros entre los aeropuertos de Barcelona (España) y Orán (Argelia).

Según el plan de vuelo presentado, el vuelo, con indicativo FTL 101, se realizaría en condiciones IFR, con salida a las 10:00 h, duración estimada de dos horas, velocidad de 220 kt y nivel FL 190 con dos tripulantes y ocho pasajeros a bordo. La ruta prevista era Barcelona - EBROX - B28 (aerovía) - VLC (Valencia) - A34 (aerovía) - MAGAL - A34 (aerovía) - HAMRA - MOS - Orán. La aeronave se repostó con combustible para una autonomía de 3 h y 30 minutos.

Según el registro disponible de las comunicaciones con la torre de control del Aeropuerto de Barcelona, la aeronave despegó de dicho aeropuerto a las 10:18:20 h.

En la primera parte del vuelo, la aeronave se dirigió hacia Valencia, contactando con los sucesivos sectores de control de tráfico sin informar de ninguna anomalía.

El último contacto de radio fue a las 10:38:17 h, para confirmar el «recibido» de la aeronave a la autorización del controlador del TACC de Valencia a la solicitud de «virar 20° a la izquierda para evitar». Dentro del contexto del contacto radio, se deduce que era para evitar las nubes, ya que, en la contestación, el controlador autorizó la maniobra, indicando que debía «volver otra vez hacia Valencia cuando esté libre de nubes».

Por otra parte, se dispone de la traza radar de la última parte del vuelo en la que se puede establecer que la última presentación de un contacto radar en la pantalla de los controladores fue, a las 10:41:59 h, en la posición 40° 10' 34" N/01° 10' 24" E (azimut 062° desde la antena radar de Valencia, distancia 81,8 MN).

La Figura A-1 (Apéndice A) reproduce la ruta prevista del vuelo y la ruta real de la última parte del vuelo, reconstruida a partir de los contactos radar disponibles.

Al comprobar la pérdida del contacto radio y de la presentación en las pantallas de radar de los controladores, las torres de control de tráfico aéreo trataron de establecer nuevo contacto radio con la aeronave, incluso utilizando como relé alguno de los aviones que sobrevolaban la zona. Al no tener resultado positivo, alertaron a los Servicios de Búsqueda y Salvamento.

Las operaciones correspondientes, en las que participaron un total de ocho medios aéreos (4 aviones y 4 helicópteros), se mantuvieron hasta el día 13 de octubre, en que se consideraron agotadas las posibilidades de recuperar supervivientes. Durante estas operaciones se encontraron y recuperaron restos dispersos de la aeronave en un radio de 10 MN.

Posteriormente han sido recuperados por los pescadores de la zona otros restos de la aeronave, consistentes en general en trozos de mamparos y paneles del acondicionamiento interior y restos de asientos de la misma, así como algún objeto personal, totalmente deteriorado.

1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos	2	8	10	
Graves				
Leves				No aplicable
Ilesos				No aplicable
TOTAL	2	8	10	

1.3. Daños a la aeronave

La aeronave resultó completamente destruida en el accidente y sus restos se hundieron en el mar.

1.4. Otros daños

No se produjeron otros daños.

1.5. Información personal

1.5.1. *Piloto al mando*

Edad/Sexo: 33 años/Varón
Nacionalidad: Española
Título: Piloto comercial de avión
Fecha de expedición: 15-11-1995

Fecha de renovación:	19-03-2001
Habilitaciones:	— Aviones SA-226-AT/TC/227 (validez: 20-02-2002) — Vuelo instrumental en avión (validez: 20-02-2002) — Instructor aviones SA-226/AT/TC/227 (validez: 16-03-2004)
Último examen médico:	26-01-2001
Próximo examen médico:	26-01-2002
Horas de vuelo:	— Últimas 48 h: 2:50 h — Últimos 40 días: 59 h (1-09-2001 a 9-10-2001) — Últimos 100 días: 145:20 h (1-09-2001 a 9-10-2001) — Totales: No disponible

1.5.2. Copiloto

Edad/Sexo:	43 años/Varón
Nacionalidad:	Española
Título:	Piloto comercial de avión
Fecha de expedición:	16-03-1995
Fecha de renovación:	30-10-2001
Habilitaciones:	— Aviones SA-226-AT/TC/227 (validez: 20-12-2001) — Vuelo instrumental de avión (validez: 20-12-2001)
Horas de vuelo:	— Últimas 48 h: 2:50 h — Últimos 40 días: 70:15 h (1-09-2001 a 9-10-2001) — Últimos 100 días: 109:55 h (1-09-2001 a 9-10-2001) — Totales: No disponible

1.6. Información de aeronave

La aeronave modelo SA-226-AT «Merlin IV», desarrollada poco después de la fusión de la compañía Swearingen con Fairchild Aircraft Corp., fue una adaptación del modelo genérico «Metro» para el transporte de 19 pasajeros, cifra que la compañía consideró la ideal para la utilización como avión ejecutivo y «commuter». Ésta es la razón por la que, a veces, se denomina a este modelo como «Metro II» o «SW II».

Como es conocido, el concepto del «Metro» se aplicó a una serie de modelos que han estado en producción durante más de 35 años, con un total de más de mil aviones entregados. Este concepto ha llegado a ser uno de los más conocidos y utilizados en el segmento de «hasta 20 pasajeros».

En particular, este modelo es un avión metálico, de ala baja, tren retráctil, fuselaje circular, presurizado y propulsado por dos turbohélices Garrett TPE 331 con hélicesartzell TCB 3TN de tres palas. Sus características principales son:

— Envergadura:	12,57 m
— Longitud:	18,08 m
— Altura:	5,07 m
— Superficie alar:	28,7 m ²
— Velocidad máxima oper.:	248 kt
— Capacidad combustible:	648 galones US (2.452,7 litros) utilizables
— Techo:	31.000 ft
— Capacidad pasajeros:	19 (máx.)

El certificado FAA de tipo para el modelo original SA-226-AT tiene fecha 27-09-1970 y, posteriormente, ha sido puesto al día en diferentes ediciones para incluir nuevas variantes del grupo motopropulsor y otras modificaciones.

1.6.1. *Célula*

Marca:	Fairchild Aircraft Corp.
Modelo:	SA-226-AT
Número de fabricación:	AT-043
Año de fabricación:	1976
Matrícula:	EC-GDV
MTOW:	12.499 lb (5.670 kg)
Explotador:	Flightline

1.6.2. *Certificado de aeronavegabilidad*

Número:	3874
Clase:	Normal
Empleo:	Transporte público de pasajeros (TPP) Transporte público de mercancías (TPM)
Prestación técnica:	Normal. Aeronave idónea para vuelo en cualquier condición ambiental
Fecha de expedición:	07-11-1995
Fecha de renovación:	11-12-2000
Fecha de caducidad:	10-12-2001

1.6.3. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo: 11.950 h

Se ha analizado el registro de mantenimiento de la aeronave durante los dos meses anteriores al accidente. Del mismo, se deduce:

1. El control de los elementos de vida limitada o de revisión programada muestra que todos ellos estaban dentro de los límites de vida o del período autorizado.
2. En estos dos meses, la aeronave realizó un total de 101 vuelos en 149:50 h. El último vuelo registrado fue realizado el mismo día del accidente, 10-10-2001, con una duración de 1:15 h y completaba el ciclo (vuelo) n.º 13723. La tripulación, que era distinta de la del accidente, no registró ninguna anomalía en el Registro General de Datos de la aeronave.
3. Durante los dos meses considerados, se realizaron dos inspecciones de servicio («Service Check») según se define en el manual «Phase Inspection Manual», en las fechas 18 de septiembre y 7 de octubre, con resultado satisfactorio.
4. Las anomalías anotadas en el libro de Registro General de Datos de la aeronave en el período considerado fueron: cambio de baterías (14 de agosto), de ruedas de morro (1 de septiembre) y de tren principal (29 de septiembre), corrección de una fuga hidráulica y correspondiente corrección y sangrado del sistema (4 de septiembre) y sustitución, por fallo, de un transceptor COM/VHF (27 de septiembre).

1.6.4. *Motores*

Marca:	Airesearch Garrett Corp.	
Modelo:	TPE-331-10UA-511G (P/N: 3103230-1)	
Potencia:	1.100 SHP	
Números de serie:	N.º 1: P-54048	N.º 2: P-54307
Horas totales:	N.º 1: 16941	N.º 2: 13045
Fecha última revisión general:	N.º 1: 01-04-1998	N.º 2: 05-04-1995
Horas desde revisión general:	N.º 1: 1443	N.º 2: 4424
Potencial hasta rev. general:	N.º 1: 5557	N.º 2: 2576

1.6.5. *Hélices*

Marca:	Hartzell	
Modelo:	HC-B3TN-5M	
Números de serie:	N.º 1: BV4562	N.º 2: BUA20351

Fecha última revisión general:	N.º 1: 15-09-2000	N.º 2: 05-02-1999
Horas desde revisión general:	N.º 1: 906	N.º 2: 1896
Potencial hasta rev. general:	N.º 1: 2094	N.º 2: 1104

1.6.6. Estación de aeronave

Según consta en la Licencia de Estación de Aeronave, expedida el 03-11-1995 y con los mismos períodos de validez que el certificado de aeronavegabilidad, la aeronave tenía instalados los equipos radioeléctricos que se relacionan a continuación:

- Dos equipos de comunicaciones COLLINS VHF 20B.
- Dos equipos de navegación COLLINS 30A.
- Dos equipos ADF COLLINS 51YZA.
- Un equipo DME COLLINS DME 40.
- Dos transpondedores COLLINS TDR 90.
- Un radar RCA AVQ 21.
- Un radioaltímetro COLLINS ALT 50A.
- Una radiobaliza de emergencia NARCO ELT 10.

Cabe reseñar que el radar RCA AVQ 21 es un modelo de alta potencia y presentación monocromática.

1.7. Información meteorológica

Los mapas de tiempo significativo previsto para baja cota correspondientes a las 08:00 y 14:00 h del día del accidente, suministrados por los servicios meteorológicos oficiales, así como las informaciones METAR de los aeropuertos de Barcelona, Reus, Palma de Mallorca, Valencia y Alicante, entre las 09:00 y 12:30 h, muestran en la zona las condiciones meteorológicas correspondientes a la existencia de una borrasca de las conocidas como «gota fría». Estas borrascas son típicas de esa zona del Mediterráneo en esas fechas y se caracterizan por tener la región frontal más fría que la periferia a cualquier nivel, no existir frentes asociados y por disminuir la temperatura de fuera a dentro. Suelen producir lluvias, turbulencias y tormentas de gran intensidad localmente, a veces acompañadas de gran aparato eléctrico.

Según el mapa de tiempo significativo previsto para baja cota correspondiente a las 08:00 h, las previsiones en la zona del accidente eran de chubascos y tormentas, que en alguna zona podrían ser de gran intensidad localmente, con la consiguiente reducción de visibilidad, así como, en general, turbulencia y engelamiento moderados por encima del nivel 140.

El pronóstico de aeródromo (TAF) correspondiente al Aeropuerto de Valencia preveía para el período comprendido entre las 10:00 y las 19:00 h como muy probable la presencia de tormentas con lluvias, cúmulonimbos con base a 2.000 ft y 1.000 m de visibilidad.

Igualmente, se había emitido un pronóstico de tiempo significativo (SIGMET) para el FIR/UIR de Barcelona, válido entre las 06:30 y las 12:30 h, en el que se preveían cúmulonimbos embebidos aislados con topes en el nivel de vuelo 330.

En el Apéndice B pueden verse las imágenes de reflectividad de nubes tomadas por los radares de Barcelona y Valencia a las 10:10 y las 10:30 h (08:10 y 08:30 h UTC). En la zona en que se produjo el accidente se observa actividad tormentosa entre moderada y fuerte, acorde con las previsiones.

1.8. Ayudas para la navegación

La aeronave estaba certificada para vuelos IFR y, consiguientemente, estaba equipada con la instalación de navegación requerida.

Las instalaciones en tierra funcionaron correctamente a lo largo del vuelo.

Se dispone de información radar, procedente del Radar Secundario de Vigilancia (SSR) y registrada en el Centro de Control de Área Terminal (TACC) de Valencia. No consta que la aeronave estuviera dentro de la cobertura del radar primario ni se han encontrado registros de este vuelo en el sistema correspondiente.

Según la traza radar disponible del vuelo, que utilizaba el indicativo FTL 101, la aeronave, identificada por el código 5360, asignado para su transpondedor, siguió, en términos generales, la ruta prevista en su plan de vuelo, aunque en lugar de estar en la aerovía B-28 en el momento del accidente, sobrevolaba la vecina zona LED 21.

Los datos de la traza radar, en los minutos inmediatamente anteriores al accidente, se resumen en la tabla adjunta. De los mismos se deduce que el vuelo transcurrió normalmente hasta las 10:41:59 h, al menos en lo referente a los datos presentados, y en el contacto siguiente desaparece totalmente la lectura de datos correspondientes al vuelo FTL 101.

Análogamente, desaparece también la presentación en las pantallas de los controladores. La Figura A-2 (Apéndice A) presenta la representación de estas pantallas en los dos momentos indicados, 10:41:59 y 10:42:01 h.

La desaparición de la presentación en la pantalla radar es posterior al último contacto vía radio, 10:38:17 h, en 3 minutos, 42 segundos.

Hora local (UTC + 2)	Datos radar	
	Nivel	Velocidad
10:39:00	131↑	210
10:40:00	133↑	210
10:40:30	130↓	200
10:41:00	127↓	230
10:41:30	129	230
10:41:45	129	220
10:41:55	129	220
10:41:59	129	220
10:42:01	—	—

Posteriormente, ya no se pudo realizar ningún otro contacto, radio o radar, con la aeronave.

Según los datos obtenidos por el radar y marcados directamente en una de las representaciones en pantalla disponible, la posición de la aeronave, en el instante 10:41:59 h, era 40° 10' 34" N/1° 10' 24" E (azimut 62°, distancia 81,8 MN de la antena de Valencia).

1.9. Comunicaciones

Como se ha indicado en el apartado anterior, la aeronave disponía de los equipos de comunicaciones requeridos para realizar vuelos bajo reglas IFR y, por tanto, de un doble sistema de comunicaciones.

No se tienen noticias, ni existe evidencia, de ningún fallo tanto en el sistema de comunicaciones de la aeronave como en ninguno de los centros de control con los que contactó durante el vuelo, hasta que se produjo la pérdida de comunicaciones. Tampoco se produjo ninguna llamada de emergencia de la aeronave.

Según los registros disponibles de las comunicaciones con los diversos centros de control en su ruta, la aeronave despegó por la pista 20 del Aeropuerto de Barcelona a las 10:18:20 h (torre de control de dicho aeropuerto), fue autorizada, a su petición, a mantener el nivel FL 130 y, poco después (10:23:56 horas), a vuelo directo a Valencia (control de área de Barcelona, sector sur) y transferida al sector de Lérida (10:28:57 h) que, a su vez, la transfiere a Valencia a las 10:34:07 h, que confirma contacto radar con la aeronave (10:35:58 h).

Cinco segundos más tarde, a las 10:36:03 h, la tripulación del vuelo insiste al control de TACC de Valencia si es posible proceder directamente a cualquiera de los puntos MAGAL o HAMRA que ya había solicitado al sector Lérida del control de área de Barcelona sin confirmación, y, poco después (10:38:08 h), al no ser autorizado, pregunta si puede «virar 20° a la izquierda para evitar» (se supone que nubes, por el contexto). El control autoriza este cambio indicando que debe «volver otra vez hacia Valencia cuando esté libre de nubes».

El «recibido» a esta autorización, a las 10:38:17 h, es la última comunicación recibida de la aeronave que ya no contestó a las repetidas llamadas que se le hicieron directamente desde este y otros controles de la ruta o utilizando como relés otras aeronaves que volaban en las cercanías. Uno de los controladores ha indicado que le pareció entender la palabra «agua» en un mensaje que podía provenir de esta aeronave y que fue tapado por un mensaje simultáneo de otra aeronave, pero no ha podido ser confirmado.

1.10. Información de aeródromo

No aplicable.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no disponía de registrador de conversaciones en cabina ni de datos de vuelo, dado que no son requeridos para las de su tipo al ser su peso máximo certificado de despegue de 12.499 lb (5.669,5 kg).

Estos registradores no son preceptivos para este tipo de aeronaves ni por la OACI en su Anexo 6, ni por los requisitos operacionales JAR-OPS, párrafos 1700 y siguientes (registrador de conversaciones en cabina) y 1715 y siguientes (registrador de datos de vuelo).

1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto

Los primeros restos fueron localizados y rescatados por los servicios oficiales de Búsqueda y Salvamento en la mañana del día 12 de octubre durante la operación que inició tras la declaración de DETRESFA, oficialmente realizada el mismo día del accidente a las 11:30 h, aunque, en realidad, fue adelantada telefónicamente a las 10:45 h.

Estos restos se localizaron y recuperaron dos días después del accidente, en las coordenadas 39° 59' 6" N/0° 32' 5" E, flotando en el mar, y consistían fundamentalmente de varios trozos de mamparas del acondicionamiento interior, otros de chapa, uno incor-

poraba una lámpara eléctrica llena de agua, una cuerda, una especie de portafolio o bolsa de documentos muy deteriorada y restos de un asiento.

En fechas posteriores se han recuperado otros restos por barcos pesqueros operando en la zona. La distancia entre estos restos y los otros encontrados previamente fue inferior a 20 km y se considera no representativa y motivada por las olas y corrientes marinas.

Los mayores hallazgos fueron realizados por tres pesqueros en la fecha y zona indicadas a continuación (las coordenadas indicadas corresponden a los puntos medios del rastreo realizado por el pesquero):

- 26-10-2001: 40° 13' 13" N/00° 59' 45" E
- 31-10-2001: 40° 8' 32" N/1° 8' 4" E
- 07-11-2001: 40° 12' 10" N/1° 2' 19" E

La posición de estos hallazgos se representa en la Figura A-3 (Apéndice A), en la que se incluyen también las posiciones de los restos recuperados en las operaciones de búsqueda y salvamento, las coordenadas del centro de mayor concentración de restos localizados y los límites del área barrida en la prospección submarina que se describe posteriormente (apartado 1.16 de este informe).

Prácticamente no se ha recuperado ningún componente principal de la aeronave, siendo los trozos mayores y más representativos el estabilizador vertical casi completo (Figura C-1, Apéndice C), un gran trozo del timón de dirección, parte del alerón izquierdo (Figura C-2, Apéndice C), restos de puertas y ventanillas (Figura C-3, Apéndice C), de las palancas de pilotos (Figura C-4, Apéndice C) y de varios asientos. Entre éstos están los de pilotos (Figuras C-5 y C-6, Apéndice C), que aparecen, como puede observarse en la figura, con la guía deformada hacia arriba por su centro y el respaldo vertical arrastrado hacia atrás, indicando el sentido del impacto contra el mar. En este mismo sentido también están deformados las palancas de los pilotos y el trozo de estabilizador vertical recuperado.

Salvo prácticamente los indicados, la mayor parte de los restos recuperados por los pesqueros son trozos de chapa de dimensiones no muy grandes y algún equipo de la aeronave que no es representativo, así como algunas pertenencias personales, todas muy deterioradas, y salvavidas y bolsa de documentos de vuelo, también deteriorada.

Salvo la indicación del sentido de la deformación hacia atrás en los elementos de cabina y del estabilizador vertical, lo más interesante de estos hallazgos es que todos se realizaron en un área que abarcaba de 6 a 7 km de diámetro.

En principio, ello demostraría que la aeronave no se desintegró, al menos totalmente, a mucha altura sobre el mar.

1.13. Información médica y patológica

No disponible. Como ya se ha indicado, la aeronave se hundió en el mar Mediterráneo y los restos de los ocupantes no pudieron ser recuperados, salvo indicios orgánicos en algunos de los objetos recuperados.

1.14. Incendios

No se observa la presencia de fuego en los restos recuperados de la aeronave. Por tanto, se estima que no hubo incendio en la aeronave durante el accidente.

1.15. Aspectos de supervivencia

Dadas las características del accidente, su ocurrencia en tiempo tormentoso y con turbulencias, el tamaño, tipo y estado de los restos encontrados y el hundimiento de la aeronave en el mar antes de su localización, hacen que las posibilidades de supervivencia para los ocupantes se puedan considerar como extremadamente remotas.

La situación real es que no se recuperó ningún resto identificable de ningún ocupante ni durante las operaciones de búsqueda y salvamento, ni en las investigaciones submarinas realizadas, ni en los «arrastres» de redes por los pesqueros.

1.16. Ensayos e investigación

Los restos encontrados de la aeronave lo han sido durante las operaciones de rescate por el Servicio de Búsqueda y Salvamento, en los días siguientes al accidente, 10 a 13 de octubre, fortuitamente como consecuencia de ser enganchados por los aparejos de algunos pesqueros de la zona en los días 26 y 31 de octubre y 7 de noviembre, y mediante una operación de búsqueda submarina realizada por una empresa especializada entre los días 19 y 30 de noviembre de 2001 y a cuyos resultados la investigación ha tenido acceso.

Para las labores submarinas de localización se utilizó un catamarán sobre el que se instaló un equipo sonar de barrido lateral («Side Scavenging Sonar») cuyo transductor era remolcado a unos 30-75 m para evitar interferencias del propio catamarán, y un vehículo operado remotamente (ROV, «Remotely Operated Vehicle»), también remolcable y con control de profundidad desde el catamarán, equipado con las dos cámaras de un circuito cerrado de TV para la observación del fondo marino. Los monitores del circuito de TV estaban a bordo del catamarán, donde también se disponía de equipos de grabación para el almacenamiento de imágenes para análisis posterior. Para iluminar el fondo marino, el vehículo incorporaba dos focos fijos de luz de 100 w y otros dos móviles de 75 w.

El sonar de barrido lateral se complementó con un sistema de GPS diferencial y una unidad de procesamiento CPU para calcular la posición y trayectoria del catamarán, así como la posición y sombra en el barrido de los objetos detectados para, a partir de ella, determinar sus dimensiones. El sistema tiene una precisión de 1 a 3 m y puede operar hasta una profundidad de 500 m.

El vehículo operado remotamente ROV se utilizó cuando se detectaban con el sonar los ecos de mayor amplitud, que podían ser restos de la aeronave, para inspeccionarlos a través del circuito cerrado de TV.

En los once días que duró la operación, entre los días 19 al 30 de noviembre, según se ha indicado anteriormente, se realizaron un total de nueve salidas, a causa del mal tiempo, de las que siete fueron jornadas completas de rastreo y las otras dos sólo parciales. El área barrida fue entre las coordenadas 40° 8' 52" N y 40° 13' 10" N de latitud y 1° 1' 36" E y 1° 5' E de longitud, cubriendo, aproximadamente, 27 km² a rango 100 m del sonar y 0,34 km² a rango 50 m. Este último permite una mayor amplificación de la señal y se utilizó especialmente en las áreas donde los pesqueros habían hallado algún resto anteriormente.

Como consecuencia de esta operación se localizaron restos de la aeronave, pero no así de sus ocupantes

El informe final de los trabajos indica que:

- Se han observado más de cien restos de la aeronave, en general de pequeña dimensión, siendo el mayor de ellos de 3 m de largo por 1 m de ancho.
- Entre los restos se identifica un motor, parte del tren de aterrizaje, un asiento, cinturones de seguridad, libros, maletas, restos de mazos de cables, etc.
- Los restos se encuentran a una profundidad de entre 90 y 100 m, dispersos en una zona, correspondiendo la mayor concentración a un círculo de 1.800 m², centrado en una situación geográfica aproximada de 40° 12' 20" N y 1° 3' 25" E (Figura A-3, Apéndice A).

El informe concluye que «la impresión que se saca de la observación de esos hallazgos, por el tamaño, composición y dispersión de los mismos, es que el aparato, prácticamente, se desintegró, casi con toda seguridad, al impactar con el mar».

Por otra parte, la información disponible indica que la zona en la que se encontraron los restos está muy cercana al borde de una plataforma tras la que aumenta la profundidad del mar de forma considerable. Se estima posible que las corrientes marinas hayan desplazado a dicha zona a todos los restos de mayor dimensión que los localizados y, por eso, no se han encontrado.

Las figuras del Anexo C incluyen la reproducción de algunos de los restos más representativos, localizados en esta prospección.

1.17. Información sobre organización y gestión

No se considera pertinente para la investigación de este accidente.

1.18. Información adicional

En la investigación efectuada sobre otros accidentes en aeronaves del tipo genérico «Metro» o «Merlin», fabricados bien por Fairchild o bien por Swearingen, se ha encontrado el antecedente de uno, ocurrido a una aeronave SA-227-AC «Metro III», el día 08-02-1988, en un vuelo de Hannover a Dusseldorf en Alemania.

Según el informe que sobre el accidente emitió la Oficina de Investigación de Accidentes de Alemania (FUS), durante la aproximación inicial al aeropuerto de destino en medio de una tormenta se produjo un fallo total de suministro del sistema eléctrico, la aeronave entró después en un descenso no controlado y, tras dos minutos de vuelo en la tormenta, se desintegró en el aire. En sus conclusiones, se establece que el fallo eléctrico, causado por un impacto de rayo, había contribuido de forma significativa al mismo al producir, en condiciones de aterrizaje instrumental, la pérdida de la iluminación de cabina e instrumentos y no ser posible la actuación de flaps y compensador de altura.

La investigación de este accidente dio lugar a una Recomendación de Seguridad, como consecuencia de la cual la FAA de Estados Unidos emitió la Directiva de Aeronavegabilidad AD 90-03-19R1, aplicable, entre otros, al modelo SA-226-AT (números de serie AT001 a AT074), para evitar una inadvertida desconexión del contactor de barra de batería, que podría producir una pérdida no recuperable de la energía eléctrica del avión. Básicamente, la directiva establece el desmontaje del diodo existente entre los bornes de dicho contactor de barra de batería dentro de las 100 h del TIS (tiempo en servicio) desde su fecha de efectividad, 15-08-1990.

No obstante lo anterior, posteriormente, en la Información V 98 de noviembre 1991, la FUS dio a conocer un nuevo fallo total de suministro de energía eléctrica tras el impacto de un rayo ocurrido en un modelo SA-227 «Metro III» durante una subida desde FL 140 en condiciones IFR. Según esta información, en este caso se pudo solucionar el problema, recuperándose el suministro de energía mediante una buena coordinación del trabajo en cabina y una observancia estricta, especialmente en el orden de actuación de interruptores, del procedimiento en caso de «fallo eléctrico total», incluido entre los de emergencia en el manual de vuelo.

En dicha información, la FUS indica que, dadas las características de construcción del sistema de suministro eléctrico, el peligro de un fallo eléctrico total como resultado de impacto de rayo continúa existiendo en los modelos SA-226-AT, SA226-TC y variantes, incluyendo el SA-227-AC, «Metro III». Se incluyen recomendaciones a los pilotos que

operen este tipo de aeronaves en el sentido de que conozcan y se familiaricen con el procedimiento para este caso, incluido en el manual de vuelo del avión entre los procedimientos de emergencia, realizando periódicamente las pruebas necesarias en simulador o entrenamiento en avión.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

Como se ha indicado en el apartado 1.16, durante la investigación de este accidente se ha tenido acceso a técnicas especiales de búsqueda submarina.

2. ANÁLISIS

2.1. Desarrollo del vuelo

La información que se conoce sobre el desarrollo del vuelo está contenida básicamente en el apartado 1.1 de este informe.

La aeronave fue contratada para realizar un vuelo, no regular, de transporte de pasajeros desde Barcelona a Orán (Argelia), para el día 10-10-2001, día del accidente. La aeronave era un SA-226-AT «Merlin IV», generalmente denominada como «Metro II» o «SW2», en referencia a la compañía Swearingen, fusionada posteriormente con Fairchild, que es la compañía fabricante oficial.

Dadas las condiciones meteorológicas de la zona a sobrevolar, el vuelo se planificó, según se indica en el plan de vuelo, como IFR, con salida a las 10:00 h, duración estimada de dos horas, velocidad de 220 kt, nivel FL 190 y ruta la indicada en el apartado 1.1. El indicativo del vuelo era FTL 101.

La aeronave, con ocho pasajeros y dos tripulantes a bordo y autonomía para 3 horas, 30 minutos, despegó del Aeropuerto de Barcelona a las 10:18:20 h.

El vuelo transcurrió normalmente, sin noticias ni evidencias de ningún fallo hasta la última comunicación por radio, a las 10:38:17 h. En esa comunicación la aeronave confirmó la recepción (contestando con la expresión «recibido») a la autorización de control para virar 20° a la izquierda con la condición de volar de nuevo hacia Valencia cuando estuviese libre de nubes.

La última presentación en la pantalla radar de los controladores civiles se registró 3 minutos y 42 segundos después de la última comunicación radio, a las 10:41:59 h. La posición de la aeronave en ese momento era, según los datos radar, de 40° 10' 34" N/1° 10' 24" E.

En la reconstrucción realizada con los datos de la traza radar (véase Figura A-1, Apéndice A), en ese momento, la aeronave estaba, aproximadamente, a una distancia de 22 MN de la aerovía B-28 y ya había virado los 20° a la izquierda autorizados.

Tras los contactos indicados no fue posible realizar ningún otro, ni siquiera utilizando como relés otras aeronaves que volaban en las cercanías. Por tanto, se declaró el estado de emergencia y se activaron los servicios de búsqueda y salvamento.

A pesar de los medios aéreos y marinos involucrados en las consiguientes operaciones, no se recuperó ningún resto de la aeronave hasta pasados dos días del accidente. Nunca se llegaron a recuperar restos de los ocupantes de la aeronave. Con posterioridad se han recuperado otros restos en las redes de algunos pesqueros que faenaban en la zona. De todos ellos, los más aclaratorios fueron los trozos de estabilizador vertical,

timón de dirección y alerón derecho, así como los asientos de pilotos, que mostraban una deformación hacia atrás pero no permitían determinar las causas del accidente. Con idea de poder determinar estas causas, se decidió organizar la prospección submarina descrita en el apartado 1.16 de este informe.

Esta operación permitió la localización de más de cien objetos, entre ellos, un motor, parte del tren de aterrizaje y restos de algunos asientos, pero la mayor parte de ellos fueron trozos de chapa y piezas metálicas, así como algunos elementos personales muy deteriorados. Estos restos fueron localizados, en su mayor parte, concentrados en un área pequeña de 1.800 m² a una profundidad entre 90 y 100 m, en el borde de una plataforma a partir de la cual aumentaba la profundidad de forma considerable.

No se han localizado ni, por supuesto, recuperado ninguno de los componentes mayores de la aeronave, alas, fuselaje, etc., o trozos representativos que permitiesen determinar con precisión las causas del accidente. Se supone que la razón para ello es porque han sido arrastrados más allá del borde de la plataforma.

2.2. Consideraciones sobre el accidente

2.2.1. *Proceso del accidente*

Para analizar el accidente se van a considerar las tres últimas etapas que condujeron al mismo:

1.ª etapa. Del último contacto radio a la pérdida de la presentación radar.

El último contacto radio ocurre a las 10:38:17 h, cuando la aeronave confirma el «recibido» a la autorización del control para virar 20° a la izquierda y la pérdida de presentación radar, a las 10:41:59 h, 3 minutos, 42 segundos más tarde. En este intervalo la aeronave, como puede verse en la reconstrucción de la ruta radar en las Figuras A-1 y A-2a (Apéndice A), ejecuta esa maniobra y sigue volando en la nueva dirección.

Se considera que no existió ninguna emergencia durante este intervalo y que, sencillamente, la aeronave no tuvo necesidad de nuevo contacto con el control, dado que no realizó ninguna maniobra de aviso y el sistema de comunicaciones de la aeronave, equipado con doble transceptor, se considera seguro, de fallo total muy improbable y, por tanto, debió continuar estando operativo.

2.ª etapa. Pérdida de la presentación en la pantalla de los controladores.

Como puede verse en las Figuras A-2a y 2b (Apéndice A), esta pérdida ocurrió de forma repentina entre las 10:41:59 y 10:42:01 h, intervalo inferior a dos segundos, en la posición 40° 10' 34" N/1° 10' 24" E.

Una pérdida tan repentina de un contacto en la presentación en pantalla de radar de los controladores civiles de tráfico aéreo puede ser debida únicamente, salvo fallo en el equipo de tierra, que no hubo, o bien a la desaparición de la aeronave, por ejemplo por una explosión, o bien a un fallo total de suministro de energía eléctrica en la misma. En este caso, desaparece la señal del transpondedor y, por tanto, se pierde la identificación y representación en la pantalla de los controladores de tráfico aéreo civil.

La pérdida de suministro de energía eléctrica daría lugar, por supuesto, a la pérdida de comunicaciones de la aeronave.

3.^a etapa. Localización y análisis de los restos

La Figura A-3 (Apéndice A) indica la posición de los restos de la aeronave, tanto los recuperados como los localizados en la prospección submarina realizada. Las posiciones geográficas indicadas para los restos recuperados corresponden a los puntos medios del rastreo del pesquero correspondiente en el día de la recuperación.

Como puede observarse, los restos se encontraron en un área muy localizada, estando la mayor parte de ellos concentrados dentro de un círculo de 1.800 m² con centro en la posición 40° 12' 20" N/1° 3' 25" E y a una profundidad de 90 a 100 m. La excepción de la mayor distancia de los restos recuperados en la superficie se considera motivada por las olas y corrientes marinas, dado que, además, fueron restos de poco peso (restos de mamparos y de asiento) que se encontraron flotando en el mar.

2.2.2. Utilización del radar

La aeronave estaba equipada con un radar de alta potencia y presentación monocromática, capaz de detectar y presentar nubes y fenómenos meteorológicos asociados a ellas.

En los registros de mantenimiento de la aeronave y en los partes de vuelo correspondientes a los dos meses previos a la fecha del accidente, no figura ninguna intervención o anotación referente a anomalías en el radar, por lo que se considera que estaba en condiciones de ser utilizado de manera eficiente por la tripulación.

De hecho, la tripulación pide autorización al TACC de Valencia para virar 20° a la izquierda con el objeto de evitar las nubes que se estaban encontrando. Teniendo en cuenta que en las imágenes de reflectividad de nubes (Apéndice B) puede observarse que hacia el Este de la trayectoria de la aeronave se reducía la actividad tormentosa y se encontraban zonas despejadas, es posible que solicitaran este cambio en la ruta teniendo en cuenta la información que les presentaba el radar.

No obstante, debe tenerse en cuenta que este tipo de equipos constituyen una buena ayuda para las tripulaciones a la hora de volar en condiciones meteorológicas de vuelo

por instrumentos (IMC), pero no evitan por sí mismos que una aeronave entre en una zona en que éstas puedan suponer un riesgo para ella y/o sus ocupantes.

2.2.3. *Determinación de la causa más probable*

La concentración indicada de los restos localizados descarta la hipótesis de una explosión de la aeronave a gran altura, su nivel de vuelo en el momento de la pérdida de la presentación en pantalla era FL 129, y coincide con las conclusiones del informe de la prospección submarina respecto a que «la aeronave se desintegró, casi con toda seguridad, al impactar contra el mar».

Esta circunstancia deja como hipótesis más probable, y única explicación posible, que la aeronave, que estaba volando en medio de una tormenta con turbulencias y aparato eléctrico, perdió el suministro total de energía eléctrica, posiblemente alcanzada por un rayo que, al menos, produjo este efecto. Como se ha indicado en el apartado 1.18, este efecto ya había ocurrido y reportado en, al menos, dos casos anteriormente. Sólo en el segundo de estos casos se salvó la aeronave y, según fue informado, ello fue debido a la gran disciplina de la tripulación y a un seguimiento preciso del procedimiento, incluido en el manual de vuelo, especialmente en cuanto a orden de actuación de los interruptores automáticos requeridos.

No se ha podido conocer con exactitud lo que pudo ocurrir en la aeronave tras el posible impacto del rayo, pero se considera que, incluso si no hubo daño estructural, el fallo del suministro eléctrico, y su no recuperación, pudo producir directamente la pérdida de funcionamiento de circuitos eléctricos como iluminación de cabina y de instrumentos, navegación, control del compensador de altura, limpiaparabrisas y sistema antihielo de las superficies de control y de las hélices, e indirectamente, especialmente al volar en medio de una tormenta con visibilidad reducida, fuertes turbulencias y gran aparato eléctrico, produjo un aumento de carga de trabajo en la cabina y la posible desorientación espacial de la tripulación. Todo ello debió contribuir significativamente a la caída de la aeronave.

Esta caída, como también puede observarse en la Figura A-3 (Apéndice A), debió producirse con una componente de viraje a la derecha, dada la marcada diferencia en longitud entre la posición del punto de pérdida de la presentación radar y las posiciones de los restos recuperados o localizados. Este viraje no es explicable, salvo por la existencia de otro fallo producido por el impacto de rayo, sin descartar que pudiese ser estructural, o porque la aeronave, debido a las turbulencias y falta de visibilidad ya indicadas, y también a la posible desorientación de la tripulación, alcanzase actitudes de pérdida de altura y de control no controlables o indeterminables.

La deformación hacia atrás, tanto de la parte de estabilizador vertical recuperado como de los asientos de pilotos, indica que el impacto del fuselaje con la superficie del mar

debió producirse en una posición de vuelo casi invertido o con ángulo de asiento muy grande.

En cuanto a las superficies horizontales, alas y estabilizador horizontal con sus elementos asociados se refiere, sólo se recuperaron o identificaron en el fondo del mar el extremo del alerón izquierdo, uno de los motores y una pala de una hélice. En consecuencia, aunque puede asegurarse que una parte de ellas no se desprendieron de la aeronave hasta el momento del impacto con la superficie del agua o a una altura próxima a ésta, no se ha podido determinar si otra parte de ellas se desprendió a mayor altura contribuyendo de manera sustancial a la imposibilidad de la tripulación para controlar la aeronave.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- La tripulación disponía de la correspondiente licencia en vigor y contaba con las habilitaciones correspondientes al tipo de vuelo que estaba realizando y a la aeronave utilizada.
- La aeronave contaba con el correspondiente certificado de aeronavegabilidad en vigor en la fecha del accidente, estaba siendo operada dentro de los límites autorizados y, asimismo, había pasado satisfactoriamente las revisiones indicadas en su programa de mantenimiento dentro de sus plazos de validez.
- El vuelo se estaba realizando bajo reglas IFR y dentro de espacio aéreo controlado.
- Las condiciones meteorológicas en la zona indicaban una borrasca de las típicas en la zona a principios de otoño. En particular, en el accidente, la aeronave se encontraba dentro de una tormenta con lluvias de gran intensidad y aparato eléctrico, dado que la tripulación solicitó autorización para girar a la izquierda.
- Tras haber completado este giro, la desaparición brusca de la presentación en la pantalla radar entre los instantes 10:41:59 y 10:42:01 h y la imposibilidad de recuperar posteriormente el contacto vía radio, hace que se considere que la aeronave sufrió, al menos, la pérdida total de suministro eléctrico, posiblemente, provocado por un impacto de rayo.
- Esta pérdida no fue recuperada y, en consecuencia, se produjeron fallos inducidos en los sistemas, alimentados con energía eléctrica. Estos fallos, junto con otros posibles, que pudo producir el impacto del rayo y que han sido imposibles de determinar a partir de los restos recuperados, fueron considerablemente agravados por las condiciones meteorológicas ambientales de tormenta con aparato eléctrico, fuertes lluvias y turbulencias y visibilidad reducida en las que volaba la aeronave y condujeron al impacto de la misma contra el mar.

3.2. Causas

Aunque no han podido determinarse las causas del accidente, teniendo en cuenta las circunstancias en que se produjo y los antecedentes de sucesos similares en aeronaves del mismo tipo, se considera como causa probable del accidente una pérdida total del suministro eléctrico, provocada por el impacto de un rayo en medio de la tormenta en la que estaba volando, sin que la tripulación consiguiera recuperarlo.

Es posible que el impacto del rayo produjera otros daños a la aeronave y/o pudiera inducir o producir fallos en otros sistemas de la misma. El conjunto de estas circunstancias, agravado por la tormenta indicada, con fuertes lluvias y turbulencias y la falta de visibilidad asociada, condujo al impacto de la aeronave contra el mar.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Ninguna.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Trayectoria de la aeronave
y posición de los restos



Figura A-1. Ruta prevista y real del vuelo

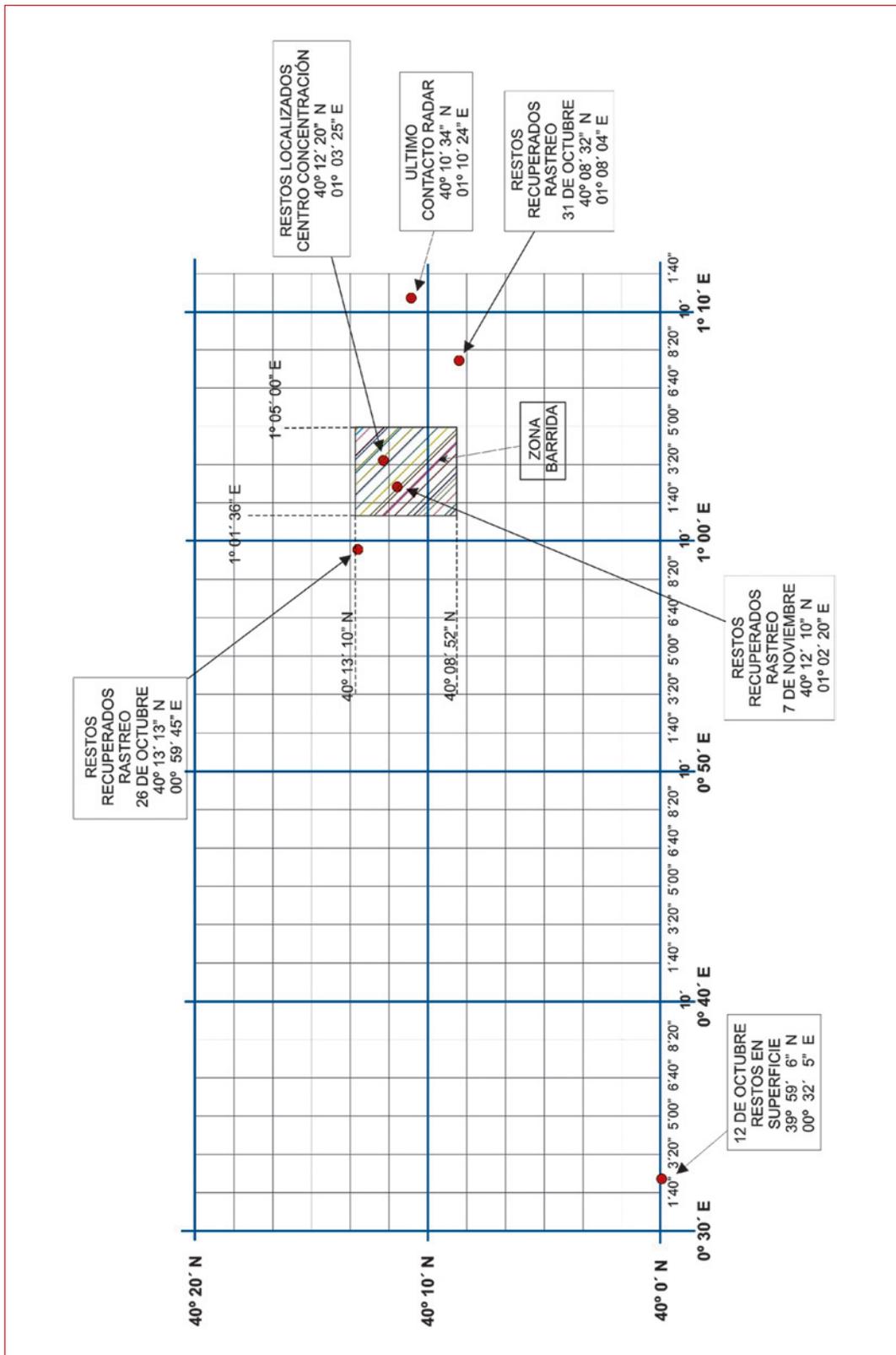


Figura A-3. Posiciones geográficas de los restos recuperados o localizados en el fondo del mar

APÉNDICE B

Imágenes de reflectividad de nubes

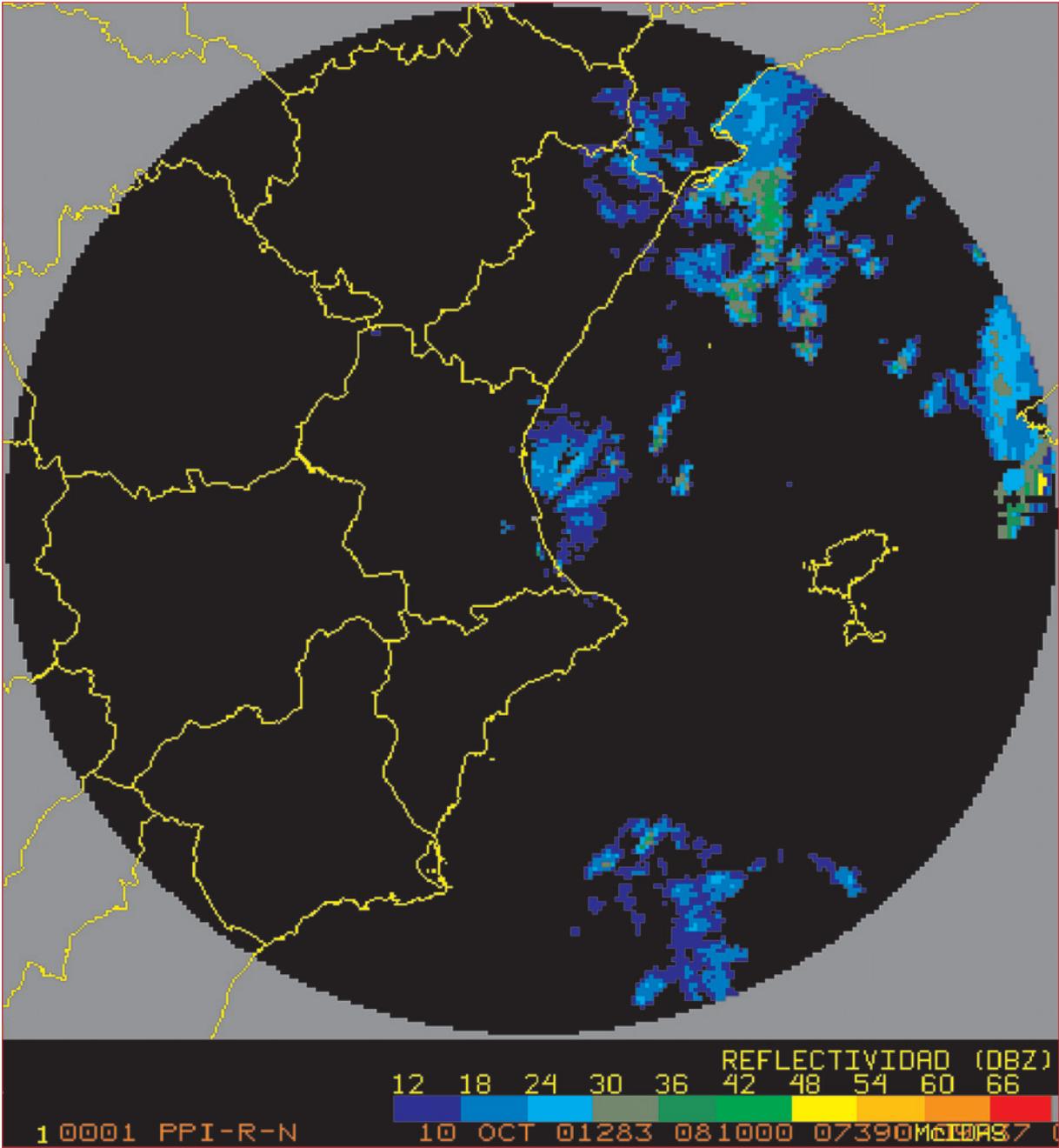


Figura B-2. Radar de Valencia, 10:10 h

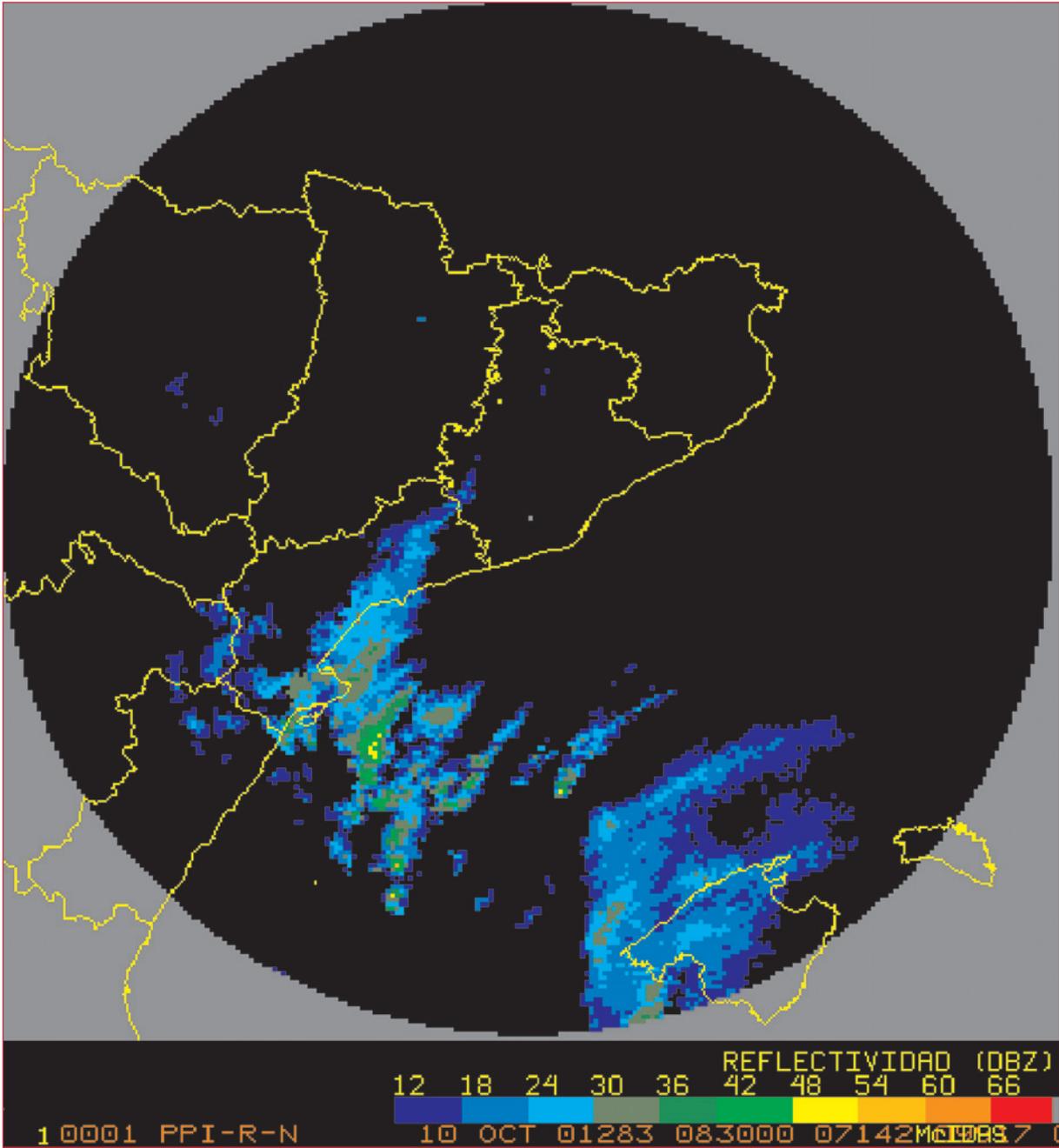


Figura B-3. Radar de Barcelona, 10:30 h

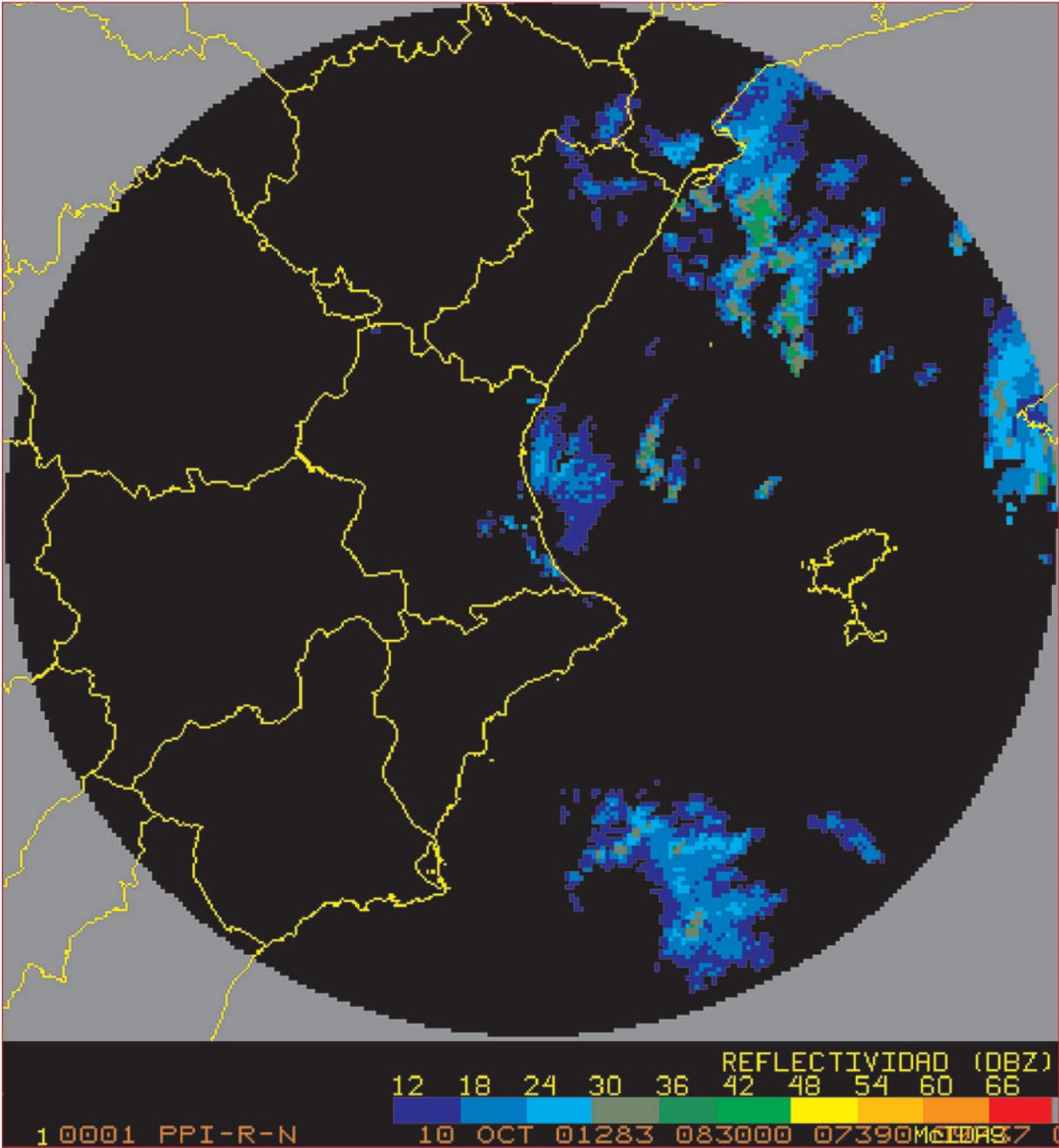


Figura B-4. Radar de Valencia, 10:30 h

APÉNDICE C

Restos recuperados



Figura C-1. Restos del estabilizador vertical

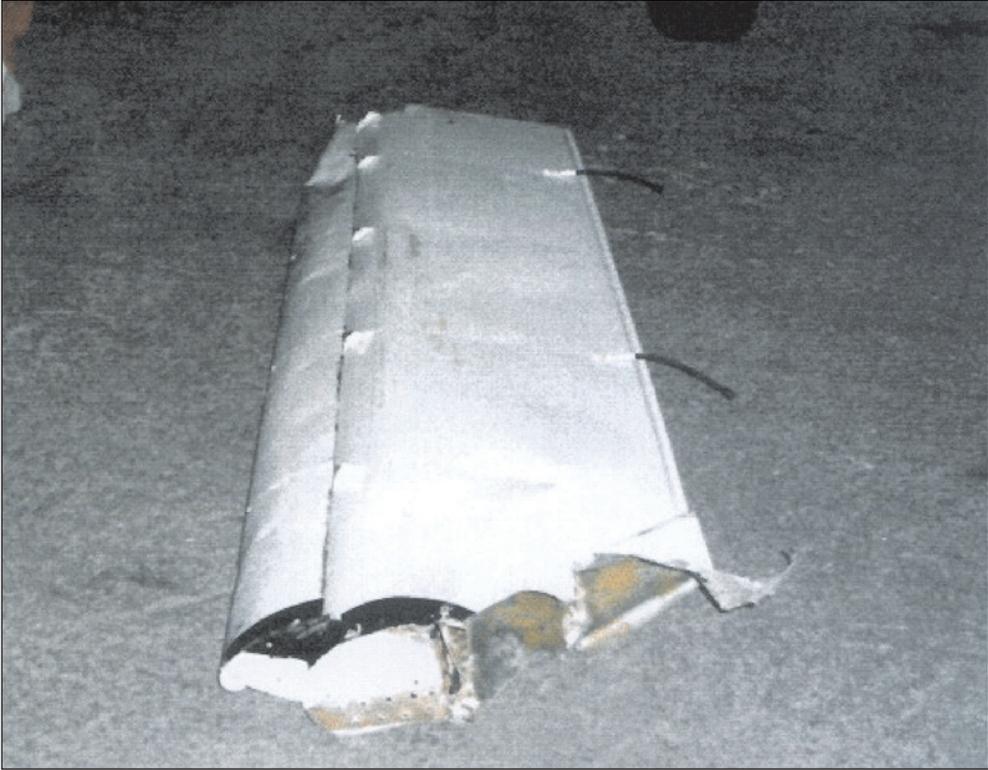


Figura C-2. *Flap derecho*



Figura C-3. *Marco de una ventanilla*



Figura C-4. Restos de las columnas y las barras de mando



Figura C-5. Asiento de la cabina de mando



Figura C-6. *Asiento de la cabina de pasajeros*

APÉNDICE D

Restos submarinos localizados

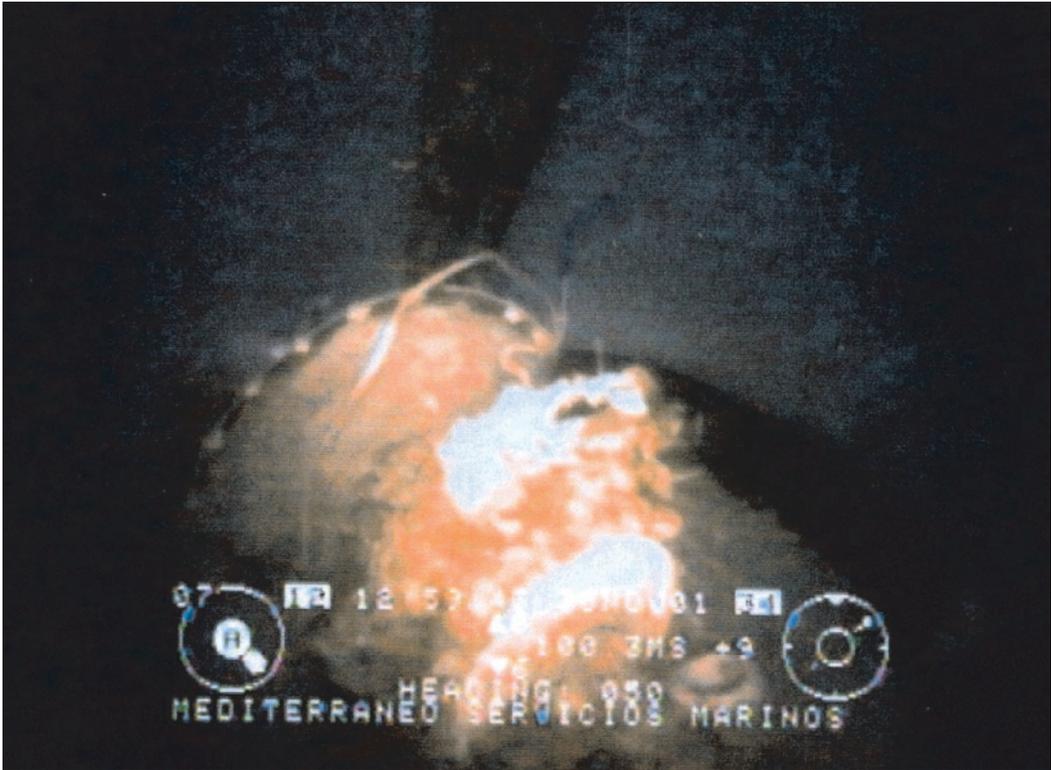


Figura D-1. Restos de un motor



Figura D-2. Restos de la pala de una hélice



Figura D-3. Registro o tapa



Figura D-4. Brazo de una butaca