

COMPARATIVA DE RUIDO EN LA CABINA DE DOS AVIONES DE CARGA

PACS: 43.50.Lj

Ausejo Prieto, Miguel; Arnet Vilaseca, Isabel.
Departamento de Acústica.
Ingeniería La Salle.
Universidad Ramon Llull.
Passeig Bonanova, 8.
08022. Barcelona.
Telf.: +34 932 902 427
E-mail: mausepri@hotmail.com; arnet@salleurl.edu.

ABSTRACT

The purpose of this project is to determine the annoyance that the pilots and the crew of two airplanes feel. These two airplanes are Fairchild Metroliner (1982) and Embraer 120 (1988). We measured the noise inside the cabins during the flight. Then we recorded the sounds in a DAT and analyzed them in a computer. Afterwards we classified them according to the most representative sound events of a common airplane flight: motor starting, roll along landing strip, takeoff, ascent, constant flight, descent and landing. We include the spectrograms, the frequency analysis, L_{EQ} (dBA) and L_{PEAK} (dBA) all along the project.

KEY WORDS: NOISE, CABIN, AIRPLANE, FLIGHT, EMBRAER, FAIRCHILD.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es determinar el grado de molestia que sufren los pilotos y tripulación de dos aviones determinados: Fairchild Metroliner (1982) y Embraer 120 (1988). Para ello, se han realizado medidas de ruido en el interior de las cabinas durante el vuelo. Tras grabar los sonidos en un DAT y analizarlos en un ordenador, se han clasificado según los eventos sonoros más importantes del vuelo de un avión: arranque de motor, rodadura en pista, despegue, ascenso, vuelo estable, descenso y aterrizaje. Se muestran los espectros, análisis en frecuencia, L_{EQ} (dBA) y L_{PICO} (dBA).

PALABRAS CLAVE: RUIDO, CABINA, AVIÓN, VUELO, EMBRAER, FAIRCHILD.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudios de ruido de aviones se realizan con el objetivo de determinar el grado de molestia que producen sobre los vecinos próximos a los aeropuertos o habitantes cercanos a rutas aéreas. En este trabajo se han realizado medidas en el interior de la cabina de los aviones con el fin de determinar el grado de molestia de los pilotos. El primer problema encontrado era la determinación de un índice de valoración de ruido, dada la existencia de una gran variedad de ellos. Después de estudiar el caso en concreto, se decidió utilizar una ponderación A que, aunque no contempla todas las variables presentes en los ruidos producidos por aeronaves, es el único indicador que se puede regir por las normas internacionales.

METODOLOGÍA DE MEDIDA

Las medidas se realizaron siguiendo la norma *ISO 5129:2001 (E): Acoustics - Measurement of sound pressure levels in the interior of aircraft during flight*.

Los aspectos más importantes de la norma son los siguientes:

- El rango de medida es de 50Hz a 10kHz.
- El tiempo mínimo de medida es de 30 s.
- La distancia entre el micrófono y el reposa cabezas debe superar los 15cm. y los 65 cm. con respecto al asiento.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- Sonómetro CESVA SC-20c.
- Calibrador sonoro CESVA.
- DAT SONY.
- PC.

Antes y después de realizar cualquier medida, verificamos el sonómetro con el calibrador sonoro, según indica la norma.

Las medidas se realizaron en el interior de las cabinas de los aviones. Los vuelos realizados fueron entre Madrid y Barcelona. Se realizaron 4 vuelos para caracterizar perfectamente la medida: dos vuelos (ida y vuelta) en un avión y otros dos (ida y vuelta) en el otro.

Teniendo en cuenta que la normativa indica que las medidas tengan una duración mínima de 30 segundos, creemos que el grado de incertidumbre con más 2 horas de medida en cada avión es mínimo. Para realizar una media del nivel de presión sonora ponderado A (dBA) existente, realizamos medidas en cuatro puntos diferentes de la cabina durante el vuelo. La duración aproximada de cada medida en cada punto fue de 10 minutos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS AVIONES

Fairchild Metroliner (Metro III): Fairchild/Dornier (EEUU/Alemania). Planta motriz: Dos turbo hélices (3 palas cada una) AlliedSignal TPE331-11U-612G de 1100HP cada una (al 110%). Año de fabricación: 1982.

Embraer 120: (Empresa Brasileña Aeronáutica), Brasilia. Planta motriz: Dos Pratt & Whitney PW118 de 1800 HP c/u (4 palas cada uno). Año de fabricación: 1988.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

La máxima diferencia de nivel entre los diferentes puntos fue de 1.5 dBA por lo que creemos coherente realizar una media del nivel sonoro presente en el interior de la cabina.

Medidas realizadas en el Embraer 120

- 1) Fecha: 01-12-03
Trayecto: Barcelona-Madrid
Hora de salida: 03:20 AM
Temperatura en Barcelona: 8°C.
Hora de llegada: 04:25 AM
Temperatura en Madrid: 0°C.

Eventos sonoros	L_E (dBA)	L_{pico} (dBA)
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de despegue)	76	78
Despegue	88	90
Ascenso	87	88
Vuelo estable (crucero)	86	87
Descenso	83	88
Aterrizaje	85	87
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de permanencia)	74	77

Datos durante el vuelo estable:

Altura de crucero: 6.705,6 m. (22.000 pies).

Margen de temperatura exterior: (-30°C, -28°C).

Potencia del motor (torque):	Compresores:	Hélices
Motor derecho: 75%	Derecho: 84,5%	Derecha: 90,6%
Motor izquierdo: 75%	Izquierdo: 84,5%	Izquierda: 92,3%

- 2) Fecha: 02-12-03
 Trayecto: Madrid-Barcelona
 Hora de salida: 23:55 AM
 Temperatura en Madrid: 2°C.
 Hora de llegada: 00:59 AM
 Temperatura en Barcelona: 7°C.

Eventos sonoros	L_E (dBA)	L_{pico} (dBA)
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de despegue)	74	77
Despegue	87	90
Ascenso	87	89
Vuelo estable (crucero)	85	86
Descenso	82	88
Aterrizaje	84	88
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de permanencia)	73	78

Datos durante el vuelo estable:

Altura de crucero: 6.705,6 m. (22.000 pies).

Margen de temperatura exterior: (-28°C, -25°C).

Potencia del motor (torque):	Compresores:	Hélices
Motor derecho: 75%	Derecho: 85%	Derecha: 91,6%
Motor izquierdo: 75%	Izquierdo: 85%	Izquierda: 93,5%

Medidas realizadas en el Fairchild Metro III

- 3) Fecha: 18-05-04
 Trayecto: Barcelona-Madrid
 Hora de salida: 03:40 AM
 Temperatura en Barcelona: 18°C.
 Hora de llegada: 04:50 AM
 Temperatura en Madrid: 12°C.

Eventos sonoros	L_E (dBA)	L_{pico} (dBA)
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de despegue)	82	85
Despegue	103	104
Ascenso	99	101
Vuelo estable (crucero)	98	100
Descenso	92	96
Aterrizaje	94	96
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de permanencia)	80	82

Datos durante el vuelo estable:

Altura de crucero: 4.572 m. (15.000 pies).

Margen de temperatura exterior: (-3°C, 0°C).

Potencia del motor (torque):	Revoluciones del motor:
Motor derecho: 75%	Motor derecho: 97%
Motor izquierdo: 75%	Motor izquierdo: 98%

- 4) Fecha: 21-05-04
 Trayecto: Madrid- Barcelona
 Hora de salida: 00:25 AM
 Temperatura en Madrid: 15°C.
 Hora de llegada: 01:31 AM
 Temperatura en Barcelona: 19°C.

Eventos sonoros	L_E (dBA)	L_{pico} (dBA)
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de despegue)	83	84
Despegue	103	104
Ascenso	101	104
Vuelo estable (crucero)	101	102
Descenso	93	96
Aterrizaje	95	96
Rodadura en pista (traslado hasta la pista de permanencia)	82	82

Datos durante el vuelo estable:

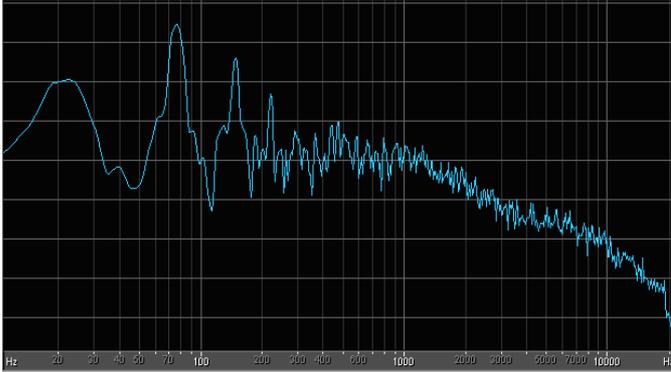
Altura de crucero: 4.572 m. (15.000 pies).

Margen de temperatura exterior: (-1°C, 2°C).

Potencia del motor (torque):	Revoluciones del motor:
Motor derecho: 76%	Motor derecho: 98%
Motor izquierdo: 76%	Motor izquierdo: 98%

Vuelo estable del Embraer 120:

L_E: 86 dBA.



Análisis en frecuencia en el que se observa un predominio de una componente tonal a 76 Hz y su armónico a 152Hz.

Este ruido se debe a las hélices (4 palas) y se puede comprobar fácilmente mediante la siguiente fórmula:

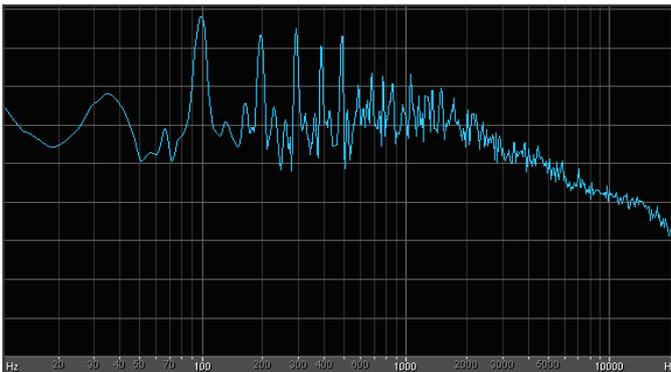
$$F = V \cdot N$$

Donde: F es la frecuencia en Hz, V es la velocidad en revoluciones por segundo y N es el número de palas.

Con el dato de la velocidad de la turbina en vuelo estable del Embraer de 1.100 rpm (18'3 rps), se obtiene una frecuencia teórica de 73'3Hz, muy similar a la medida (76Hz)

Vuelo estable del Fairchild Metro III:

L_E: 101 dBA.



Análisis en frecuencia en el que se observa un predominio de una componente tonal a 100 Hz y sus armónicos. En este caso existe un predominio del ruido generado por las hélices y el ruido generado por los motores. Se explica que las componentes de ruido de las hélices y los motores sean armónicas debido a la reducción de velocidad del aire realizada en el interior de la turbina.

Tabla comparativa entre los niveles de los dos aviones durante la fase de vuelo estable:

Frecuencia (Hz)	L Embraer (dB)	L Embraer (dBA)	L Fairchild (dB)	L Fairchild (dBA)
31,5	85	46	83	44
63	104	78	63	37
125	97	81	105	89
250	90	81	102	93
500	80	77	102	99
1000	77	77	93	93
2000	65	66	65	66
4000	52	53	56	57
8000	41	40	68	67
16000	33	26	64	57
L TOTAL	105dB	86dBA	108dB	101dBA

CONCLUSIONES

Dado que el Embraer 120 tiene una potencia superior a la del Fairchild Metroliner III (1800 HP frente a 1100 HP) cabría pensar que genera más ruido, pero nada más lejos de la realidad. Tras analizar los datos en la fase de vuelo estable se puede observar que el Fairchild Metroliner III genera un ruido en el interior de su cabina superior al generado por el Embraer 120 (108 dB frente a 105 dB); diferencia mucho más notable si se comparan los niveles con ponderación A (101 dBA frente a 86 dBA). Esta diferencia tan grande entre analizar el nivel con ponderación A o sin ella se debe a que el Embraer presenta sus máximos de ruido a frecuencias bajas (76 Hz), las cuales tienen una mayor corrección.

Tabla resumen del nivel equivalente generado en la totalidad del vuelo:

Avión	L_E total de vuelo
Fairchild Metroliner III	100 dBA
Embraer 120	86 dBA

Además se observa que el ruido en el interior de ambas cabinas tiene una variabilidad temporal y frecuencial muy grande, lo que produce una molestia elevada. También existen componentes tonales perceptibles en ambos aviones, lo que aumenta la molestia sufrida por los pilotos y la tripulación.

La mayoría de la tripulación (a excepción del comandante y el subcomandante) no utiliza cascos intercomunicadores, por lo que se puede asegurar que están directamente expuestos al ruido medido. Además, los cascos intercomunicadores utilizados por los pilotos presentan un aislamiento muy pobre al ruido de baja frecuencia predominante en ambos aviones (75-100Hz). Este problema es común en todos los cascos intercomunicadores estudiados por lo que se propone como solución económica la utilización de cascos intercomunicadores con Control Activo de Ruido (existentes en el mercado) para eliminar las componentes tonales de baja frecuencia.

Teniendo en cuenta que los niveles a los que están expuestos los pilotos y la tripulación del Fairchild Metroliner III son muy elevados y, dada la responsabilidad del trabajo que realizan, creemos que el uso de dichos cascos con Control Activo de Ruido es imprescindible para un correcto desempeño de su trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B&K (2003): *Aerospace and Defence news*. Vols.1, 2 y 3. Septiembre 2003.
- [2] Miyara, F. (2001): *Paradigmas para la investigación de las molestias de ruido*. 1as Jornadas Sobre el Ruido y sus consecuencias en la Salud de la Población. Buenos Aires, Agosto 2001.
- [3] Internacional Standard (2001). *ISO 5129:2001 (E): Acoustics - Measurement of sound pressure levels in the interior of aircraft during flight*. Third edition 2001-10-01.
- [4] Rhodes, D.P.; White, S.; Havelock, P. (2001): *Validating the CAA aircraft noise model with noise measurements*. The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. The Hague, The Netherlands.
- [5] http://qualitysound.bose.com/pg/learning/noise_reduction.jsp (En línea, última visualización en marzo de 2005)
- [6] www.boeing.com (En línea, última visualización en marzo de 2005).
- [7] www.embraer.com (En línea, última visualización en marzo de 2005).
- [8] www.fairchilddornier.com (En línea, última visualización en febrero de 2005).