

## **TRATAMIENTO ACUSTICO DE UN HOTEL UBICADO EN CORREDOR AEREO**

REFERENCIA PACS: 43.55.Rg, 43.50.Lj

Lic. Juan C. Giménez de Paz  
Decibel Sudamericana S.A.  
Las Bases 165,  
1706 Haedo, Buenos Aires. Argentina.  
Tel: 54 11 4659 2888  
Fax: 54 11 4460 1874  
E-mail: gidepaz@decibel.com.ar

### **ABSTRACT**

Description of the project, construction and final evaluation of a hotel building already operative, located in the way of an aircraft rising route that reaches 80 m height when intersecting the the building vertical axis.

Specters and temporal evolution of noise diffusion in the premises are shown here, as well as criteria adopted concerning maximum sound level allowed, design of outer covering, windows, internal wall divisions, and results obtained.

### **RESUMEN**

Se describe el proyecto, realización y evaluación final, del edificio de un hotel ya inaugurado, ubicado en la ruta de ascenso de aviones que en la vertical del edificio, tienen una altura de unos 80 metros.

Se muestran espectros y evolución temporal de la inmisión sonora en el predio, criterios adoptados para los niveles sonoros máximos admisibles, diseño de su cubierta exterior, ventanas, divisorios interiores y los resultados obtenidos.

### **INTRODUCCION**

La cadena internacional de tres estrellas Microtel Inn propuso instalar en Argentina su primer hotel en una ubicación comprometida por el pasaje de aviones que en ascenso desde el Aeroparque de Buenos Aires, tienen en la vertical del predio, una altura de unos 80 m. La condición para materializar el proyecto, era asegurar como compromiso, que en el interior del edificio no se superaran niveles sonoros adecuados durante el paso de aviones.

La elección del lugar con tales riesgos, tiene la ventaja de atender a las tripulaciones de las aeronaves, pasajeros que no deseen ingresar al complicado tránsito de la Ciudad sin estar alejados de varios de sus sitios atractivos. Está ubicado en un predio que incluye a uno de los complejos feriales más importantes de Buenos Aires lo que lo hace adecuado para visitantes del interior del país y países vecinos que tienen como objeto de su viaje, recorrer las

exposiciones que allí se realizan con su alojamiento e incluso un lugar de reunión, a menos de 100 m del lugar.

Dadas estas ventajas relativas, se consideró la necesidad de estudiar el proyecto. El comitente, titular de la franquicia master de la cadena hotelera, convocó a Decibel para el estudio de factibilidad y el posterior asesoramiento técnico para esta comprometida obra.

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Para esta fase inicial, debió efectuarse mediciones de nivel sonoro, espectros, lapsos ruidosos en el predio donde se erigiría la obra. Para ello, contamos con la ventaja adicional y circunstancial, de ser Decibel la empresa asesora en acústica en las obras de ampliación y remodelación, tanto del aeropuerto internacional de Ezeiza, como del Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires con el extremo de su pista principal a menos de 300 m de este predio.

La mayoría de los vuelos son desde y hacia el interior del país, con una cantidad menor a los vecinos Uruguay, Brasil y Bolivia. La estación aérea atiende a unos 6 000 000 pasajeros por año. La frecuencia de vuelos es variable, habiendo horarios pico con concentración de despegues. En la figura 1 se muestra la frecuencia de despegues durante un día de semana, de un total de 200. No se incluye vuelos de aviones que no sean de línea. Algunos pocos días por mes se invierte el sentido de despegues por condiciones climáticas, quedando el predio del hotel en la ruta de descenso, siendo de menor importancia el impacto sonoro en este caso.

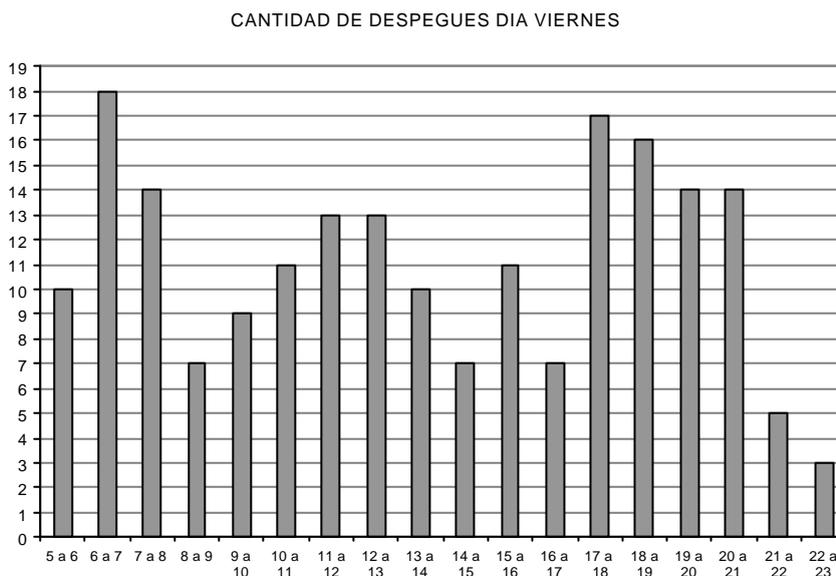


Figura 1

Entre otros tipos, los aviones más usuales, son los Boeing series 200, 700, MD 81. Hay aún en operaciones, modelos antiguos más ruidosos que los equivalentes de diseño posterior.

En estas condiciones, se efectuaron mediciones durante el paso de aeronaves, incluyendo niveles y tiempos de permanencia discriminados por banda de frecuencias.

Los espectros del paso de aeronaves en ascenso medidos en el relevamiento preliminar en el lugar, se muestran en las curvas de la figura 2. Las dos líneas de trazos llenos encierran a la mayoría de las aeronaves evaluadas en el lugar, representadas por niveles globales de más de 100 dBA. La curva de trazos queda fuera de ese entorno, a la que le corresponde un nivel de 91 dBA.

La ubicación del hotel en relación con la ruta de ascenso de los aviones coincide aproximadamente con la dirección de mayor radiación de una turbina: entre los 30 y 50 grados respecto de la línea de escape<sup>1</sup>, lo que la hace particularmente comprometida.

ESPECTROS SONOROS MEDIDOS:  
Rango de niveles sonoros

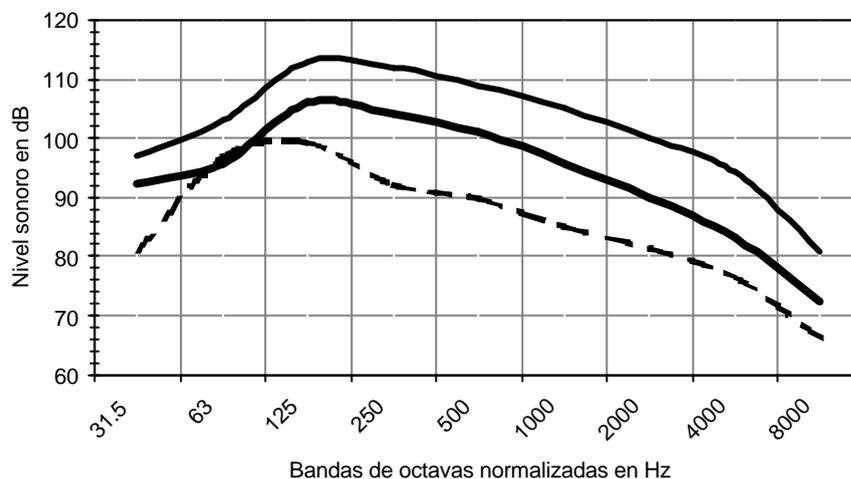


Figura 2

Los valores obtenidos son del mismo orden que los dados en la literatura, para alturas del orden de los 120 m en el despegue y 60 m en aterrizajes, tanto para aviones con plantas motrices ruidosas (turboreactores puros)<sup>2</sup>, como los más modernos (del tipo turbofán, turbofán de alto índice de derivación)<sup>1</sup>.

El efecto estadístico sobre el sueño, representado por el porcentaje tanto de personas que sufren un cambio en el nivel de sueño sin despertarse ("Reacción 0") como las que se despiertan ("Se despierta") respecto de la edad de las personas (E), están representados en ambos casos a un polinomio de tercer grado:

$$\text{Re acción 0} = -10^{-3} E^3 + 1,3 \times 10^{-1} E^2 - 5,0 E + 1,1 \times 10^2$$

$$\text{Se despierta} = 2,0 \times 10^{-4} E^3 - 2,8 \times 10^{-2} E^2 + 1,4 E - 7,3$$

En la exposición oral se mostrarán gráficos de la evolución temporal del nivel sonoro por bandas de frecuencias. Baste aquí decir, que para las bandas de frecuencias más importantes (tercios centrados entre 125 y 500 Hz), el lapso en el que sus niveles sonoros superan en 15 dB por banda, al resto del nivel sonoro, no es mayor a 8 s.

El análisis de las mediciones y frecuencia de paso de aeronaves, permitió concluir la posibilidad técnica de la obra, debiendo aceptar el comitente, una mayor inversión que la de una obra similar en predio menos comprometido por ruidos.

Para la solución se aceptó la condición  $L_{10} \leq L_{MR} + 3 \text{ dBA}$ , es decir que solo un 10% del tiempo del paso de las aeronaves más ruidosas, pudiera superar a los valores máximos recomendados, en no más de 3 dBA. Aceptadas estas propuestas y limitaciones, se aprobó el estudio de factibilidad.

**OBJETIVOS**

Para la inmisión sonora, independientemente de las fuentes de ruido que se trate, aunque el paso de aviones sea la fuente crítica, los niveles sonoros máximos recomendados para las habitaciones del hotel, se fijaron en el perfil NCB = 40, según el criterio de Beranek<sup>3</sup>

Los valores de nivel sonoro por banda de octavas para este perfil, están dados en la tabla 1, a los que le corresponde como valor global, aproximadamente unos 48 dB(A).

Tabla 1  
PERFIL NCB = 40:  
Niveles sonoros por banda de octavas

f [Hz]→	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NS [dB] →	72	61	52	49	43	41	39	33	31

El problema básico a tratar, es lograr que la cáscara exterior del edificio y sus ventanas permitieran lograr las atenuaciones mínimas necesarias, resultado de la diferencia entre los espectros de los ruidos de los aviones en sus maniobras de ascenso (las más ruidosas) y el perfil NCB adoptado. Estas atenuaciones exigentes resultantes de la diferencia entre el avión más ruidoso medido y el perfil, se muestra en la figura 3. Las atenuaciones para lograr niveles de privacidad entre habitaciones y de espacios comunes con habitaciones, es independiente del problema particular de esta obra, por lo que solo se hará una breve mención

ATENUACIONES SONORAS MINIMAS

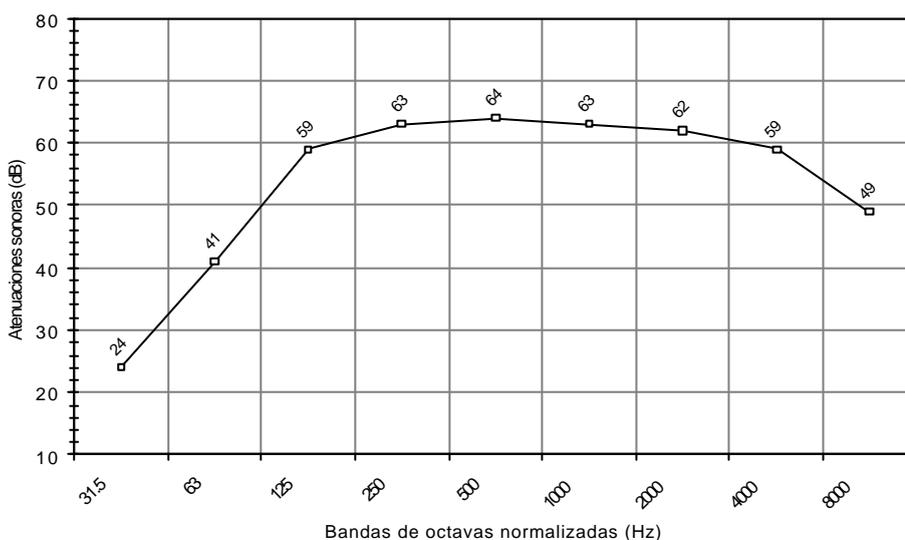


Figura 3

**DESARROLLO DEL PROYECTO**

La solución para la obra civil se encaró mediante la ejecución de dos divisorios técnicamente independientes: uno de mampostería y otro de hormigón. Por tratarse de terrenos ganados al río mediante rellenos, el cálculo estructural obliga a ejecutar una obra que conforme una cáscara unificada, lo que se tuvo en cuenta desde el punto de vista acústico. En esta etapa se especificaron las condiciones y propiedades acústicas banda por banda de frecuencias y no por valores globales, siendo además esencial, la vigilancia de la obra a fin de evitar fallos constructivos. Esto es así, ya que la presencia de pequeñas perforaciones o aberturas pueden producir pérdidas en la atenuación de 10 dB que se manifiestan poco apreciables en la atenuación global.<sup>4</sup> La atenuación global<sup>5</sup> prevista para el doble muro es  $R_w = 70$  dB de acuerdo con mediciones en laboratorio bajo condiciones de norma.

Las ventanas de un solo vidrio no son suficientes para lograr las atenuaciones necesarias, debiendo recurrirse a los doble vidriados. Se evitaron separaciones entre paños del orden de los 20 mm, ya que en ese caso se produce acoplamiento con un mínimo de atenuación sonora<sup>6</sup> en el rango en que el ruido de aviones tiene componentes importantes.

Los doble vidriados con paños de hasta 6 mm de espesor no permiten alcanzar atenuaciones globales con índices  $R_w > 45$  dB, incluso con separaciones de hasta 200 mm<sup>6</sup>. Por otra parte, es necesario contar con separaciones amplias a fin de reducir las frecuencias de resonancia a rangos por debajo de los de interés. La frecuencia de resonancia de doble vidriados con espesores de 9 y 12 mm, se ubican por debajo de los 50 Hz cuando la separación entre paños es del orden de los 200 mm o más.<sup>7</sup>

El empleo de separaciones del orden de 100 mm o más, requiere en forma complementaria, la colocación de material absorbente en los contornos de la cavidad a fin de lograr atenuaciones mayores especialmente en el rango de las frecuencias medias y altas. Esto se debe a la disminución de las ondas estacionarias que se forman en un volumen interior con contornos acústicamente duros. Las atenuaciones adicionales posibles, son del orden de unos 4 a 6 dB por banda de frecuencias<sup>6</sup>.

La selección preliminar de los vidrios recomendados, surge de la información dada por la firma proveedora de los folios que se insertan en los paños de vidrios para conformar los vidrios laminados<sup>8</sup>. Estos, a igual espesor que los monolíticos, tienen algunas ventajas por su menor rigidez, lo que se manifiesta mejor cuando se ubican del lado de mayor temperatura (exterior en este caso).

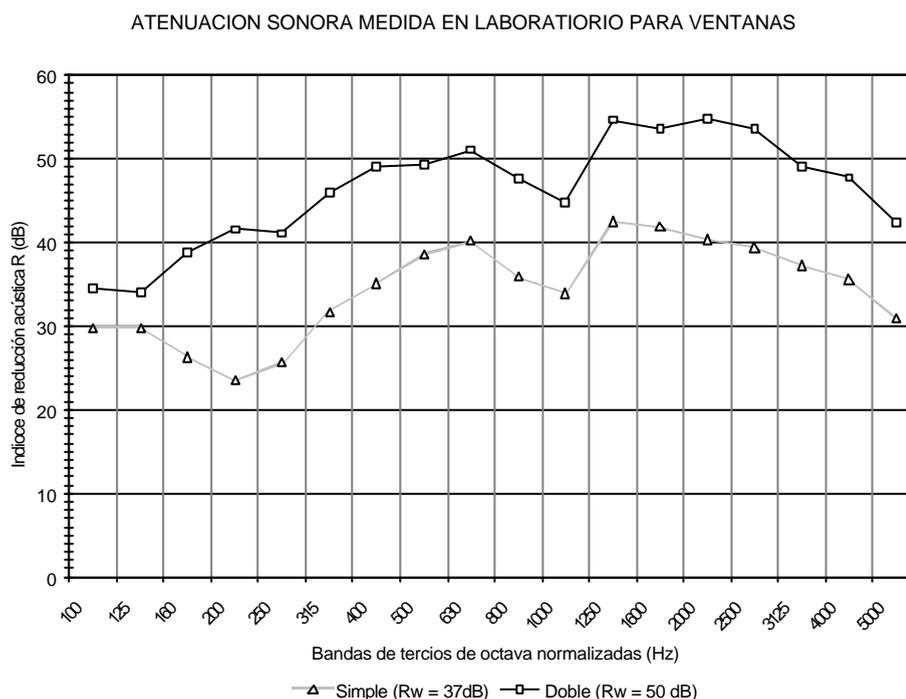


Figura 4

Finalmente, se midió en laboratorio bajo condiciones de norma, ventanas simples y dobles. En ambos casos, con marcos y hoja de PVC con alma metálica. En la figura 4 se muestran las curvas obtenidas para una simple de tipo oscilobatiente, con dos paños de vidrio laminados: uno de 3+3 mm y el otro de 5+5 mm, con separación de 12 mm. Otra doble con una componente similar como la descrita y otra fija de iguales características con una separación de 140 mm.

En obra se reemplazó la componente fija por una móvil igual a la descrita y se mejoró el esquema montando cada en sendos muros y se aumentó la separación a 300 mm. Este diseño no se midió en laboratorio sino "in situ".

Es importante fijar un valor alto de los índices  $R_w$  de las superficies vidriadas, ya que para ruido de aviones, es de esperarse una variación de unos 10 dB entre ese índice propio y la atenuación efectiva<sup>9</sup> (identificada como D en normas<sup>10</sup>) de acuerdo con la siguiente expresión, válida para doble vidriados:

$$D_A = 1,022 R_w - 11,21 + 10 \log\left(\frac{A}{S}\right) \quad \text{dBA}$$

El último sumando, para un área equivalente  $A \approx 16 \text{ m}^2$  y superficie de la ventana  $S = 1,5 \text{ m}^2$ , es del mismo orden que el segundo sumando, por lo que se restituye la diferencia apuntada, de manera que en definitiva, el valor  $R_w$  se lo puede asociar numéricamente con la diferencia de nivel sonoro entre exterior e interior.

Los divisorios entre habitaciones se ejecutaron con divisorios simples de tableros de yeso de roca con dos capas de material barrier intermedio, logrando un índice de reducción acústica compensado  $R_w = 48 \text{ dB}$ , según medición previa en laboratorio. Para un índice de ese valor, la conversación es voz alta es prácticamente inaudible, tal como se verificó en obra. El material barrier incluido, tiene a su vez un índice  $R_w = 29 \text{ dB}$ , medido también en laboratorio, con una distribución de los índices R por banda de tercios de octavas según la tabla 2.

Tabla 2  
Índices de reducción acústica R (dB) por banda de frecuencias del material Barrier

100	125	160	200	250	315	400	500	630
18.3	14.3	22.9	18.9	22.3	21.1	22.5	24.7	26.3
800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
27.2	29.4	30.4	31.4	32.5	32.5	31.9	32.1	31.7

## CONCLUSIONES

El resultado final del trabajo comentado, no requirió ajustes finales y su éxito se debió a:

- Un prolijo relevamiento metrológico anterior a las obras;
- La propuesta de un objetivo acústico claro, aunque exigente;
- Un proyecto acústico que implicó costos adicionales a los de un proyecto similar menos exigente pero claramente comprendido por el comitente;
- Un seguimiento riguroso durante la etapa constructiva;
- Mediciones en laboratorio de los elementos constructivos posibles de emplear.

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> M.Cuesta Alvarez, "MOTORES A REACCION". Ed. Paraninfo S.A. (Madrid, 1991, 7ª edición). Capítulo XXIX.
- <sup>2</sup> G.Kürtze, "FISICA Y TECNICA EN LA LUCHA CONTRA EL RUIDO". Editorial Urmo (Bilbao, 1972). Apartado 5.2114.
- <sup>3</sup> L.L.Beraneck, "Balanced Noise Criterion (NCB) Curves". J.Acoust.Soc.Am., **86**, 1989, 650/664 y L.L. Beraneck, "Applications of NCB Noise Criterion Curves". Noise Control Engineering, **33**, 1989, 45/56.
- <sup>4</sup> L.C.Fothergill y R.S.Alphey, "The Effect on Sound Insulation of Small Holes Through Solid Masonry Walls". Appl.Ac. **21** (1987) 247-251.
- <sup>5</sup> Norma IRAM 4043, equivalente a ISO R-717.
- <sup>6</sup> J.D.Quirt, "Sound Transmission Through Windows" J.Acoust.Soc.Am. **72** (1982) 834-844.
- <sup>7</sup> F.Alton Everest, "Glass in the Studio". Db (1984) 28-33.
- <sup>8</sup> Anónimo, "ACOSUTICAL GLAZING DESIGN GUIDE". Monsanto Co. (1989).

---

<sup>9</sup> G.C.Tocci, "Exterior Sound Transmission Through Fenestration Products. Do we need a new rating method?". "A Comparison of STC and EWR for Rating Glazing Noise Reduction". Sound and Vibration, (1987) 32-37. "Acoustical Glazing Designed Guide" elaborado para Monsanto Chemical Co. La nomenclatura se varió para adoptarla a de las normas ISO.

<sup>10</sup> Norma IRAM 4063, equivalente a ISO R-140.