

# AUDITORIO NACIONAL DE MÚSICA. MADRID/ESPAÑA

(NATIONAL AUDITORIUM OF MUSIC, MADRID/SPAIN)

J. M.<sup>a</sup> García de Paredes, Dr. Arquitecto  
MINISTERIO DE CULTURA.  
INSTITUTO NACIONAL DE LAS ARTES ESCÉNICAS Y DE MÚSICA.

Fecha de recepción: 17-VII-90

146-100

## RESUMEN

*El Auditorio Nacional, transcurridos varios meses de rodaje del edificio, GARCIA-BBM, S. A. ha realizado unas medidas dirigidas a establecer las características acústicas de la Sala A del citado Auditorio.*

*Con la reciente instalación de un órgano de 5.700 tubos —uno de los instrumentos más grandes del mundo, obra del especialista Gerhard Grenzing— se culmina el perfil arquitectónico y acústico del Auditorio Nacional de Madrid.*

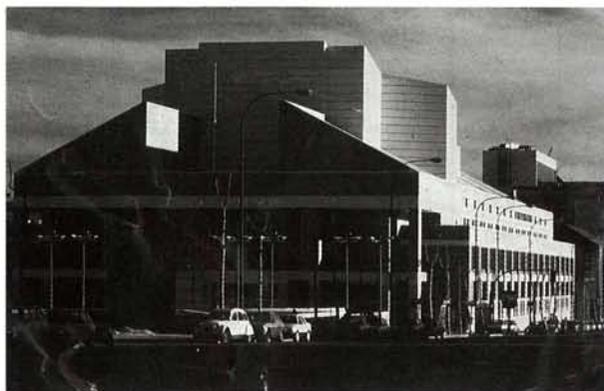
*El presente informe recoge, entre otros, los valores de los distintos atributos que caracterizan la acústica de la Sala, tanto los tradicionales como los más avanzados utilizados actualmente como definidores de la calidad acústica de un recinto.*

## SUMMARY

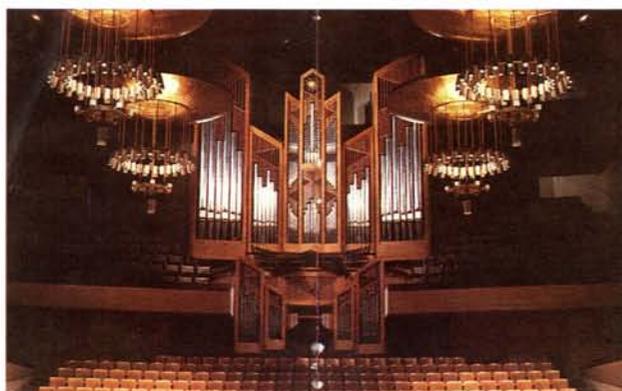
*Several months after the inauguration of The National Auditorium, GARCIA-BBM, S. A. have carried out readings to establish the acoustic characteristics of Hall A.*

*With the recent installation of a 5700 pipe organ —one of the largest instruments in the world, the work of Gerhard Grenzing a specialist in this field— the architectonic and acoustic profile of the National Auditorium of Music has been culminated.*

*This report refers, among other things, to the values of the different attributes that characterize this Hall's acoustics, including the traditional methods and the most advanced technology used to define the acoustic quality of this type of installation.*



Fachada a Plaza de Cataluña.



Órgano del Auditorio Nacional de Madrid.

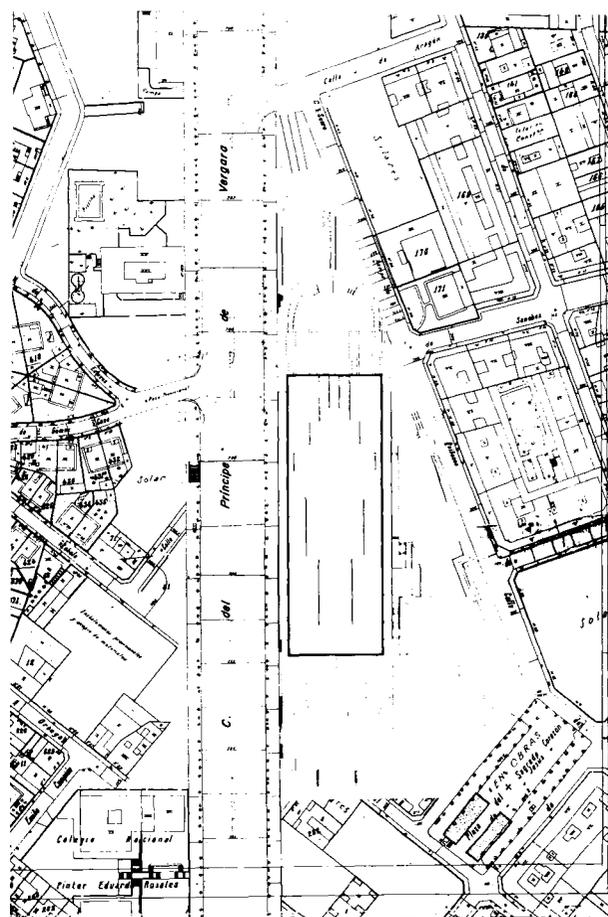
## 1. LOS AUDITORIOS

Previamente al estudio de los complejos problemas que plantea el proyecto de una gran Sala de Conciertos, se ha procedido a un detenido análisis sobre las realizaciones más relevantes, tanto históricas como contemporáneas, cuyos datos más importantes se resumen en la tabla 1, en el cuadro de características comparadas.

Como consecuencia de este análisis, se deduce que la calidad acústica de una Sala viene condicionada por dos factores primarios: El volumen de aire de su interior (alrededor de 10 m<sup>3</sup>/persona para la gran Sala y 7 m<sup>3</sup>/persona para la Sala de Cámara) y la anchura máxima, que no debe sobrepasar los 25 m en la zona de escenario.

El factor volumétrico, íntimamente relacionado a su vez con el económico, aconseja no sobrepasar las características de las mayores Salas europeas. Parece, pues, conveniente establecer la capacidad del Auditorio Nacional hacia la de Salas tan renombradas como Concertgebouw de Amsterdam y Philharmonie de Berlín, que apenas superan las 2.200 localidades.

Establecido el aforo del Auditorio Nacional en 2.274 plazas no sólo se sitúa dentro de los límites acústicos de seguridad, sino que vendría a ser el de mayor capacidad europea si exceptuamos el Royal Festival Hall de



Plano de situación.

Tabla 1. CUADRO DE CARACTERÍSTICAS COMPARADAS

PRINCIPALES SALAS DE CONCIERTO			N.º de plazas	m <sup>3</sup> volumen de aire	m <sup>2</sup> superficie ocupada por el público	m <sup>2</sup> superficie del podium	m <sup>3</sup> volumen medio por plaza	m <sup>2</sup> superficie media por plaza	Seg. Tiempo de reverberación
			N	V	Sn	So	V/N	Sn/N	T
1960	Jerusalén	Binyanei Ha Oomah	3.142	24.700	2.140	260	7,9	0,68	1,75
1951	London	Royal Festival Hall	3.000	22.000	1.970	173	7,3	0,66	1,47
1962	New York	Philharmonic Hall	2.644	24.400	1.590	190	9,2	0,60	1,90
1900	Boston	Simphony Hall	2.631	18.740	1.390	149	7,1	0,53	1,80
1963	Berlin	Philharmonie	2.218	26.000	1.530	330	11,7	0,69	2,00
1887	Amsterdam	Concertgebouw	2.206	18.700	1.135	149	8,5	0,51	2,00
1971	Helsinki	Kongressitalo	1.750	18.000	1.351	296	10,3	0,77	1,70
1870	Vienna	Musikvereinssaal	1.680	15.000	985	130	8,9	0,59	2,05
1886	Leipzig	Gewandhaus	1.560	10.600	905	116	6,8	0,59	1,55
1876	Basel	Stadt Casino	1.400	10.500	740	153	7,5	0,53	1,70
1935	Gothenburg	Konserthus	1.371	11.900	830	135	8,7	0,60	1,70
1954	Berlin	Musikhochschule	1.340	9.600	740	170	7,2	0,56	1,65
1967	London	Queen Elizabeth Hall	1.106	10.150	694	139	9,2	0,63	1,90
1945	Copenhagen	Radiohuset	1.093	11.890	810	214	10,9	0,74	1,50
1978	Granada	Auditorio Falla	1.311	10.100	750	181	7,7	0,56	1,80
1983	Madrid	Auditorio Nacional	2.274	22.000	1.470	285	10,0	0,65	2,00
1983	Madrid	Sala de Cámara	619	4.500	478	100	7,3	0,77	1,60

Londres, cuya acústica es cuestionable precisamente en razón de sus dimensiones.

Por otra parte, las áreas destinadas al Coro pueden ser fácilmente ocupadas por el público cuando se ejecuten obras puramente sinfónicas, aumentándose entonces el aforo de la Sala por encima de las 2.400 localidades.

El estudio acústico a nivel de proyecto debe limitarse a la selección de los tiempos de reverberación para los dos Auditorios y las distancias establecidas por las primeras reflexiones del sonido.

El tiempo de reverberación adecuado para la música sinfónico-coral debe aproximarse a los 2 segundos (Musikvereinssaal de Viena, Concertgebouw de Amsterdam

y Philharmonie de Berlín), si bien autoridades como Leo L. Beranek y algunos famosos directores como Igor Markevitch lo estiman ligeramente alto.

Para la Sala de Cámara, que exige un grado de definición musical mucho más preciso, se requiere un tiempo de reverberación sensiblemente menor, alrededor de 1,7 segundos, algo inferior al del Queen Elizabeth Hall de Londres y análogo al Konserthus de Gothenburg.

En función de estos coeficientes de resonancia y de las superficies naturales de absorción (las ocupadas por los espectadores, por los músicos y por los materiales interiores de las Salas), se definen unos volúmenes de aire de 22.000 m³ para el Auditorio principal y 4.500 m³ para la Sala de Cámara.

**Tabla 2. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE REVERBERACIÓN SEGÚN W. SABINE**

GRAN SALA	125	250	500	1.000	2.000	4.000	Hert
A.1.— Público (2.274 p.)	484	757	1.005	1.096	1.157	1.098	
A.2.—Músicos (100 p.)	60	98	106	108	108	108	
A.3.—Coro (150 p.)	22	52	60	67	67	60	
A.4.—Organo (75 m²)	60	60	60	60	60	60	
A.5.—Rejillas A.C. (60 m²)	360	300	252	192	156	120	
A.6.—Difusión aire (22.000 m³)	—	—	7	24	102	410	
A.7.—Superficie yeso (4.500 m²)	45	45	90	90	135	135	
A.8.—Paneles techo (1.800 m²)	450	270	144	72	54	54	
$\Sigma A =$	1.481	1.582	1.724	1.709	1.839	2.045	
$T = 0,163 \frac{22.000}{\Sigma A} =$	2,42	2,26	2,08	2,09	1,95	1,75	Segundos
	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,6	VIENA (Musikverein)

**Tabla 3. ESTIMACIÓN DE TIEMPOS DE REVERBERACIÓN SEGÚN W. SABINE**

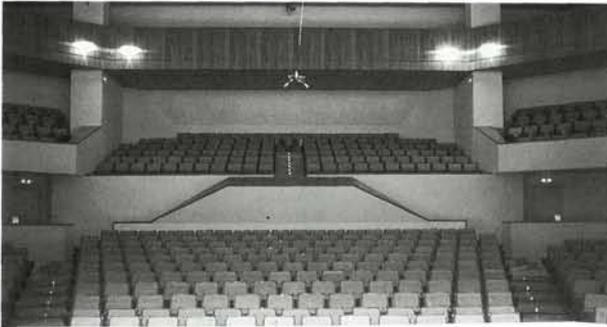
SALA DE CÁMARA	125	250	500	1.000	2.000	4.000	Hert
A.1.— Público (619 p.)	132	206	273	298	315	299	
A.2.—Músicos (20 p.)	12	20	21	22	22	22	
A.3.—Coro (30 p.)	5	10	12	13	13	12	
A.4.—Organo (30 m²)	24	24	24	24	24	24	
A.5.—Rejillas A.C. (20 m²)	120	100	84	64	52	40	
A.6.—Difusión aire (4.500 m³)	—	—	1	5	21	84	
A.7.—Superficie yeso (1.200 m²)	12	12	24	24	36	36	
A.8.—Paneles techo (440 m²)	110	66	35	18	13	13	
$\Sigma A =$	415	438	474	468	496	530	
$T = 0,163 \frac{4.500}{\Sigma A} =$	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	Segundos
	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	GOTHENBURG (Konserthus)



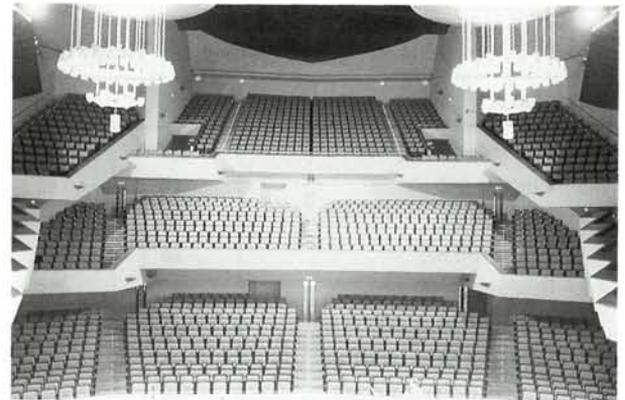
*Sala Sinfónica. Escenario.*



*Sala de Cámara. Escenario.*



*Sala de Cámara.*



*Sala Sinfónica.*

En las tablas 2 y 3 se determinan los tiempos de reverberación previstos para cada Sala y para las frecuencias comprendidas entre los 125 y 4.000 Hertzios (Fórmula de Wallace C. Sabine).

Simultáneamente, se están realizando ensayos ópticos sobre modelos a escala 1:50 en el Instituto de Acústica Técnica de Berlín, por los Profesores Cremer y Fütterer, para obtener una información exacta del comportamiento acústico de las Salas, especialmente en lo que concierne a difusión de sonido y medición de primeras reflexiones.

El escenario del Auditorio principal se ha proyectado con una superficie de 285 m<sup>2</sup>, capaz para una orquesta sinfónica completa y un coro de 130 voces y puede ser fraccionado en podiums complementarios para poder adaptar la escena a las diferentes posibilidades de uso.

Ha sido previsto un sistema con tres plataformas elevadoras hidráulicas para facilitar con rapidez el cam-

bio de instrumentos pesados en el caso de actuación sucesiva de orquestas diferentes.

En el caso de la Sala de Cámara, el escenario se prevé totalmente horizontal, con una superficie de 100 m<sup>2</sup> capaz, incluso, para la ejecución de sinfonías de Haydn o de Mozart.

El emplazamiento de los órganos ha sido decidido en el eje de composición de los Auditorios, al modo tradicional de las grandes Salas históricas europeas, como elementos centrales en la organización de los vastos espacios arquitectónicos.

## 2. ATRIBUTOS ACÚSTICOS DE UN RECINTO

Tradicionalmente, y hasta no hace muchos años, las características acústicas de una Sala se definían en base a dos parámetros objetivos de ese recinto: tiempo de reverberación en segundos y ruido de fondo.

Investigaciones en los últimos 20 años han puesto de manifiesto que dos salas con idénticos tiempos de reverberación suenan al oído muy distintas y suscitan comentarios muy distintos sobre la calidad acústica de una sala. El tema se reduce a que un tiempo de reverberación adecuado es una condición necesaria pero no suficiente para que una sala alcance cotas de excelencia desde el punto de vista acústico.

Esas investigaciones sobre la acústica de salas han establecido otros criterios de tipo temporal (ligados con el tiempo de reverberación), de tipo energético/temporal (ligados al tiempo de llegada de la energía sonora a los oídos), de tipo energético (ligados a la sonoridad que ofrece la sala frente a distintos tipos de fuentes sonoras) y de tipo energético/espacial (ligados a la procedencia de la energía reflejada por la sala).

Todos estos criterios vienen definidos por unos parámetros más o menos complicados en su definición y que han estado siendo propuestos por distintos autores como más idóneos para establecer la calidad acústica de una sala de conciertos. Ejemplos de ellos son el tiempo de reverberación corto (EDT) basado en el descenso de los primeros 10 ó 15 dB; los parámetros relacionados con la claridad (C), basados en el tiempo límite de 36, 50 y 80 milisegundos, el Deutlichkeit (D) relacionado con los anteriores; el coeficiente de sonoridad (G); el Tiempo Central (TS); los relacionados con la inteligibilidad de la palabra, la fracción lateral, etcétera.

Dado que estos parámetros son relativamente recientes no existen todavía criterios específicos ni aceptados por toda la comunidad de Acústicos, pero sí hay unas bandas dentro de las cuales deben caer los valores de estos parámetros con objeto de que se pueda estimar la calidad acústica de la sala.

Desde el punto de vista teórico, los investigadores han demostrado que la respuesta del recinto a un impulso sonoro contiene todas las características necesarias para definir la mayoría de los parámetros anteriores. De hecho, tradicionalmente se ha utilizado esta respuesta a un impulso para determinar el tiempo de reverberación del recinto, sin embargo la falta de microprocesadores impedían poder obtener con rapidez, y para cada banda de frecuencias, los valores de presión y de energía necesarios para conocer esos parámetros.

Hoy en día esos problemas han sido en gran parte solucionados y de un impulso sonoro (un disparo, una explosión); se puede conocer en unos pocos segundos todo el detalle físico del descenso sonoro de ese impulso en la sala y, por tanto, de la respuesta de esa sala al sonido.

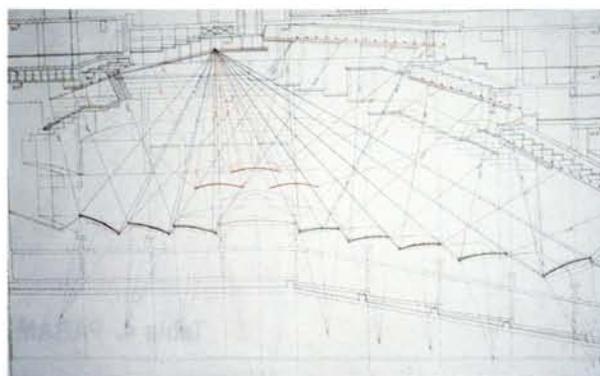
### 3. MEDIDAS REALIZADAS

GARCIA-BBM, S. A. consiguió tener la Sala A libre y vacía en la mañana del 8 de mayo de 1989 para poder realizar las pruebas oportunas.

El tipo de medidas que eran exigidas para conocer estadísticamente la respuesta de una sala de este tamaño, con público en los laterales y detrás del escenario, obligaban a tener que utilizar un gran número de explosiones. Dado que GARCIA-BBM, S. A. utiliza petardos (masclets) calibrados en sus medidas era necesario mantener el sistema de ventilación con objeto de que no quedara un potente olor a pólvora en el recinto.

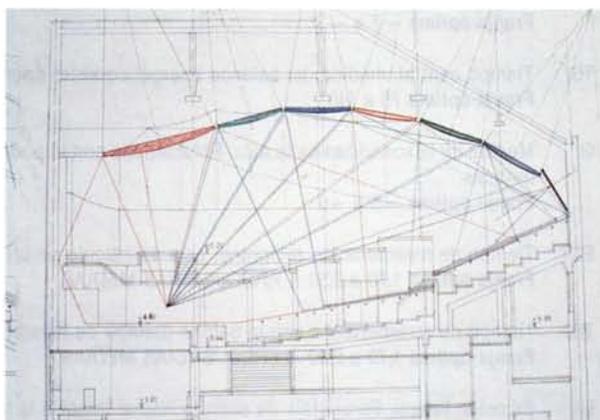
Esto limitaba por otro lado el número de masclets a utilizar y se eligieron 10 posiciones como representativas de las distintas zonas de la sala. Estas posiciones están indicadas esquemáticamente en la figura A.

En cada posición se utilizaron tres explosiones, obteniéndose la media de esas tres posiciones para definir la acústica en esa zona. Posteriormente, y en aquellos parámetros en los que se puede obtener una



Sala Sinfónica, Sección longitudinal trazado de reflexiones.

A



Sala de Cámara. Sección longitudinal trazado de reflexiones.

B

gran media como característica general de la sala, se ha obtenido ésta.

El método de medida utiliza el programa RAMSOFT desarrollado por J. Bradley del National Research Council de Canadá instalado en un ordenador TANDOM 386 interaccionado con un analizador en Tiempo Real NORTRONICS 830.

Este sistema de medida permite, mediante el uso de micrófonos omnidireccionales y micrófonos en respuesta direccional, la obtención de las energías sonoras que llegan a un punto lateralmente y de todas las direcciones, por lo que se puede saber qué fracción de esa energía total recibida llega a los oídos lateralmente.

Esta energía lateral está muy relacionada con un atributo importantísimo en la calidad de una sala, que es la impresión espacial o intimidad y que tiene valores importantes en la mayor parte de las butacas de las mejores salas de concierto tradicionalmente conocidas (Musikverein, Consertgebouw, etcétera).

En la figura A se puede apreciar una fotografía del sistema de medida utilizado, y en la figura B una fotografía del sistema de micrófonos utilizados.

El proceso de medida comienza por obtener el ruido de fondo del recinto y, posteriormente, se procede a obtener los impulsos sonoros a través de las explosiones. Una vez terminadas las tres explosiones, el ordenador calcula e imprime los distintos valores de los parámetros para cada banda de octava.

La tabla 4 presenta los parámetros calculados en estas medidas, y las tablas 5 a 10 presentan los valores en cada posición de medida o zona de la sala.

La misma tabla 4 presenta la franja de valores óptimos para cada uno de estos parámetros medidos. Hay que hacer notar que todas estas medidas se han realizado con la sala vacía (sin público) y que algunos de estos parámetros pueden variar con público, en particular los relacionados con el tiempo de reverberación. No obstante, GARCIA BBM, S. A. tiene datos de estos valores del tiempo de reverberación para la sala llena, obtenidos durante algunos conciertos.

En la tabla 11 se observan los valores del ruido de fondo presente en la sala con el sistema aire acondicionado en marcha y en funcionamiento normal. Se incluyen igualmente valores de ese ruido de fondo sin el aire acondicionado.

**Tabla 4. PARÁMETROS UTILIZADOS**

C80:	Medida de claridad sonora; relación de energía temprana a tardía con límite temprano en 80 milisegundos. <b>Franja óptima</b> -2 a +2
C50:	Como C80 pero con límite en 50 milisegundos. <b>Franja óptima</b> -5 a -1
C36:	Como C80 pero con límite en 36 milisegundos. <b>Franja óptima</b> -7 a -3
TS:	Tiempo central, medida del balance energético entre energía temprana y tardía. <b>Franja óptima</b> 75 a 140
G:	Medida de la sonoridad de la sala. Relacionada con el poder de la sala para transmitir sonoridad desde la fuente a las distintas butacas. <b>Franja óptima</b> -5 a +5
EDT:	Tiempo de reverberación temprano; para su cálculo se utiliza el descenso desde 0 a -10 dB. <b>Franja óptima</b> 1,70 a 2,30 A FRECUENCIAS MEDIAS.
T60:	Tiempo de reverberación según Sabine (tiempo de reverberación tradicional calculado según el método de Schroeder). <b>Franja óptima</b> 1,70 a 2,30 A FRECUENCIAS MEDIAS.
Lf:	Fracción lateral. Porcentaje de energía lateral frente a la total en los primeros 80 milisegundos. <b>Franja óptima</b> 30 a 60.

**Tabla 5. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 125 Hz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	-0,060	-7,520	-10,640	0,148	1,760	2,050	2,350	0,090
TRIBUNA LATERAL Posición 2	-1,140	-6,200	-9,200	0,172	-1,160	2,110	2,580	0,100
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	-8,870	-14,290	-16,200	0,191	0,710	1,910	2,320	0,280
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	-3,620	-6,490	-7,520	0,217	-3,740	2,790	2,440	0,460
Posición 5	-4,650	-8,170	-11,890	0,179	0,140	2,000	2,530	0,090
1.º ANFITEATRO Posición 6	-0,650	-6,800	-10,670	0,186	-2,170	3,010	2,480	0,170
Posición 7	-4,750	-15,480	-15,870	0,189	0,750	1,970	2,400	0,320
PATIO BUTACA Posición 8	-4,900	-9,950	-10,710	0,175	2,070	1,880	2,200	0,280
Posición 9	-0,570	-4,020	-4,510	0,142	1,930	1,880	2,350	0,080
CORO Posición 10	-1,180	-5,470	-7,190	0,161	4,010	2,170	2,300	0,120

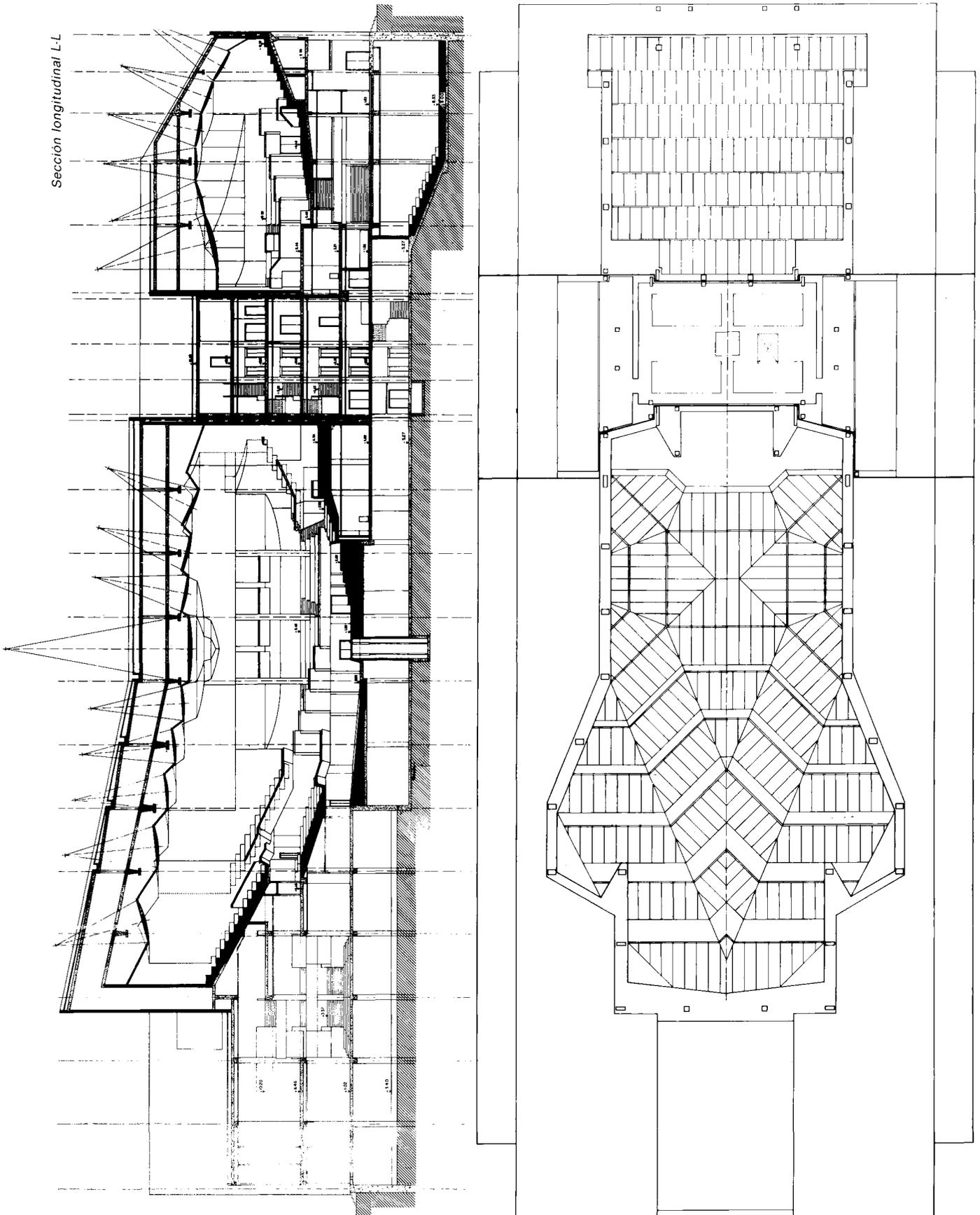
NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.

**Tabla 6. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 250 Hz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	1,720	-2,000	-3,800	0,120	-2,700	1,900	2,260	0,270
TRIBUNA LATERAL Posición 2	-0,200	-1,250	-2,060	0,150	-3,330	2,650	1,980	0,240
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	-1,980	-4,810	-6,710	0,170	-3,590	2,360	2,160	0,550
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	1,250	-1,830	-2,560	0,123	-3,450	1,910	2,100	0,210
Posición 5	-2,870	-7,980	-9,740	0,176	-3,090	2,180	2,160	0,280
1.º ANFITEATRO Posición 6	-5,340	-9,900	-12,740	0,193	-3,950	2,390	2,050	0,380
Posición 7	-4,120	-9,520	-10,390	0,186	-3,690	2,190	2,230	0,190
PATIO BUTACA Posición 8	-1,580	-5,280	-6,100	0,146	-3,690	1,960	2,250	0,360
Posición 9	-4,560	-5,410	-5,550	0,168	-2,260	2,100	2,110	0,360
CORO Posición 10	-2,010	-8,720	-10,000	0,166	-0,390	2,280	1,970	0,570

NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.





**Tabla 7. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 500 Hz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	0,230	-2,020	-4,460	0,136	-2,460	2,090	2,080	0,330
TRIBUNA LATERAL Posición 2	1,420	-0,790	-2,360	0,130	-1,690	2,390	2,010	0,220
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	-2,780	-5,900	-7,910	0,170	-3,210	2,120	2,120	0,460
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	-0,320	-2,600	-3,390	0,139	-4,510	2,160	2,120	0,380
Posición 5	-4,000	-6,430	-9,160	0,163	-2,650	1,970	2,120	0,430
1.º ANFITEATRO Posición 6	-2,360	-6,110	-7,540	0,154	-2,130	1,970	2,080	0,350
Posición 7	-3,580	-7,130	-8,730	0,168	-2,430	1,920	2,150	0,950
PATIO BUTACA Posición 8	-1,380	-4,370	-5,440	0,140	-1,760	1,880	2,050	0,610
Posición 9	1,290	-1,130	-1,960	0,121	-0,320	2,060	1,950	0,610
CORO Posición 10	-0,610	-3,980	-4,600	0,126	0,100	1,710	2,070	0,360

NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.

**Tabla 8. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 1 KHz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	-0,250	-3,080	-4,280	0,140	-0,870	2,200	2,200	0,340
TRIBUNA LATERAL Posición 2	2,790	1,080	0,610	0,098	0,980	2,060	2,110	0,160
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	0,130	-2,570	-3,980	0,137	-0,720	2,070	2,200	0,250
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	-1,050	-3,360	-4,440	0,157	-3,160	2,330	2,230	0,530
Posición 5	-4,880	-7,700	-9,170	0,188	-1,280	2,310	2,070	0,460
1.º ANFITEATRO Posición 6	-1,470	-4,400	-6,140	0,152	-1,090	2,120	2,190	0,340
Posición 7	-2,090	-5,730	-7,270	0,161	-1,020	2,110	2,190	0,470
PATIO BUTACA Posición 8	-0,980	-4,250	-5,260	0,132	0,090	1,660	2,100	0,580
Posición 9	1,110	-0,140	-1,210	0,111	0,660	1,910	2,020	0,340
CORO Posición 10	0,080	-2,310	-2,670	0,129	0,810	2,090	2,020	0,300

NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.

**Tabla 9. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 2 KHz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	0,490	-1,970	-2,980	0,122	-1,670	1,970	1,980	0,200
TRIBUNA LATERAL Posición 2	2,369	0,360	-0,510	0,102	0,140	1,870	1,890	0,130
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	0,210	-2,900	-4,550	0,131	-1,240	1,940	2,010	0,170
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	0,040	-2,520	-3,360	0,129	-3,480	1,940	1,990	0,330
Posición 5	-4,390	-7,360	-9,140	0,173	-2,210	2,100	1,960	0,320
1.º ANFITEATRO Posición 6	-0,430	-4,050	-5,280	0,134	-1,090	1,900	1,940	0,250
Posición 7	-1,410	-6,010	-7,770	0,147	-0,810	1,920	1,970	0,370
PATIO BUTACA Posición 8	-0,080	-2,580	-3,690	0,116	0,290	1,630	1,850	0,250
Posición 9	2,310	-0,720	-1,340	0,094	1,980	1,550	1,840	0,240
CORO Posición 10	1,580	-0,790	-1,400	0,102	0,830	1,700	1,880	0,220

NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.

**Tabla 10. AUDITORIO NACIONAL  
PARÁMETROS ACÚSTICOS MEDIDOS EN LA SALA "A" FRECUENCIA 4 KHz**

Posiciones	PARÁMETROS							
	C80	C50	C36	TS	G	EDT	T60	Lf
TRIBUNA TRASERA Posición 1	2,300	-0,830	-1,960	0,091	-2,400	1,450	1,580	0,270
TRIBUNA LATERAL Posición 2	4,070	2,030	0,830	0,074	-0,590	1,400	1,500	0,210
2.º ANFITEATRO LATERAL Posición 3	1,390	-0,770	-2,090	0,102	-2,610	1,550	1,590	0,230
2.º ANFITEATRO CENTRAL Posición 4	1,620	-0,950	-1,980	0,100	-5,010	1,490	1,620	0,410
Posición 5	-1,760	-4,850	-7,000	0,127	-3,010	1,540	1,570	0,340
1.º ANFITEATRO Posición 6	2,420	-1,080	-2,210	0,089	-1,420	1,330	1,540	1,190
Posición 7	0,860	-4,080	-6,020	0,111	-1,450	1,440	1,520	0,510
PATIO BUTACA Posición 8	2,700	-0,090	-1,540	0,082	0,120	1,240	1,430	0,360
Posición 9	6,810	4,220	3,370	0,046	4,100	0,920	1,260	0,210
CORO Posición 10	3,170	0,510	-0,560	0,076	0,300	1,200	1,470	0,280

NOTA: Ver tabla 4 para significado de parámetros.

Tabla 11. AUDITORIO NACIONAL

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN GLOBALES DE LA SALA "A" VACÍA (MEDIA DE 10 POSICIONES)							
	Centros Bandas Frecuencias						
	63	125	250	500	1K	2K	4K
EDT	1,88	2,18	2,19	2,03	2,08	1,85	1,35
T60	2,17	2,39	2,13	2,07	2,13	1,93	1,51
Desv. Est.	0,15	0,11	0,10	0,05	0,07	0,06	0,01
SALA LLENA MEDIA DE 5 CONCIERTOS							
T60	—	2,10	2,02	1,85	1,62	1,50	1,46

#### 4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

A la vista de las medidas realizadas se pueden establecer unas comparaciones de los valores de los distintos parámetros medidos con los valores óptimos especificados en la tabla 4.

Hay que hacer notar que esos valores óptimos se refieren en principio a frecuencias medias (500 - 1 KHz). Todavía no hay suficiente estadística ni investigación que permita establecer esos parámetros a otras frecuencias, en particular a las bajas.

Con todo ello una revisión de los valores de los parámetros a 500 y 1 KHz permite establecer:

##### Claridad (C80)

Salvo algunas posiciones centrales de la Sala (5 y 7 para 500 Hz y 5 para 1 KHz) las demás están claramente dentro de la franja óptima.

##### Tiempo central (TS)

Igualmente que en el caso anterior prácticamente todo salvo las posiciones 5 y 7 están dentro de la franja óptima.

#### Equipo Técnico

Autor del Proyecto: José M.ª García de Paredes, Dr. Arquitecto.  
 Colaboradores: Juan Ignacio García Pedrosa, Arquitecto.  
 Ángela G. de Paredes Falla, Arquitecto.  
 Asesores Acústicos: Lothar Cremer, Prof. Dr. Ingeniero.  
 Thomas Fütter, Dipl. Ingeniero.  
 García BBM, S. A.  
 c/ Del Atazar, 5  
 28770 COLMENAR VIEJO (MADRID)  
 Estructura: Julio Martínez Calzón, Dr. Ingeniero de Caminos.  
 Jesús Chomón Díaz, Dr. Ing. Industrial.  
 Climatización: Carlos Ara L. Barrenechea, Ing. Industrial.  
 Instalación Eléctrica: Rafael Gutiérrez Calvo, Perito Industrial.  
 Fontanería: Tomás Alonso García, Ing. Industrial.  
 Alarma y Seguridad: ARGU. Ing. y Servicios, S. A.  
 Coordinación y Documentación: Ricardo Pérez-Val, Aparejador.