

UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA

**FACULTAD
DE
ARQUITECTURA**

**"Acústica de los materiales en un auditorio de usos múltiples
ubicado en la Cd. de Tehuacán, Pue."**

**Tesis que presenta:
Jenaro I. Carrillo Guerrero.
para obtener el título de Arquitecto**

Octubre '97



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA DEL ESTADO DE PUEBLA

FACULTAD DE ARQUITECTURA



BIBLIOTECA CENTRAL
TESIS
USO ÚNICAMENTE EN SALA

"Acústica de los materiales en un auditorio de usos múltiples
ubicado en la Cd. de Tehuacán, Pue."

Tesis asesorada por:

Físico Justino Guzmán López

*Jefe del Departamento de Acústica de la
Facultad de Ciencias UNAM, Cid. de México*

Arquitecto Antonio Becerra Marín

*Coordinador de proyectos en México de
Jaffe Holden Scarbrough Acoustics, Inc. con sede
en Norwalk, Connecticut, E.U.A.*

DEDICATORIA



BIBLIOTECA CENTRAL
TESIS
USO ÚNICAMENTE EN SALA

Quiero dedicar este trabajo a mis Papás, ya que se han esforzado gran parte de su vida por mi superación y de no ser por ellos, ésta no hubiera sido posible.

46087

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

No puedo dejar pasar desapercibido el apoyo tan amplio de muchas personas que de manera tan gentil me tendieron la mano para que al final, el trabajo conjunto de todos, se reflejara en esta investigación:

Para empezar quiero agradecer la confianza que me tuvieron el Director de la Escuela Secundaria Federal Ing. Jorge L. Tamayo, Profr. José Noé Rosas Ruiz, al Patronato Pro-construcción auditorio encabezado por el Sr. Samuel Huerta Burela y el C.P. Miguel Ángel Rosas, así como al Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello, encargado del proyecto.

Agradezco también a "mi equipo de trabajo" encargado del apoyo en campo, captura y diseño de la tesis empezando por: mis Papás, Profr. Eusebio Carrillo Castillo y la Profra. Evangelina Guerrero de Carrillo, a toda mi familia, a mi hermana Charo, a Don Arturo González Rodríguez, a Iván Candanedo Oyarzábal, Marilú Barragán Estrada y Roberto Ramírez Márquez; también estoy muy agradecido con Andrés Gómez Vallarta, su esposa Loren y con Sergio Castillo Reyes, así como con Alfredo Campos Limón, Claudia Le Royal Rangel y Toño Díaz Flores.

Finalmente quiero agradecer a mis asesores, Justino y Toño, por tenerme paciencia y dedicarme su tiempo.

AGRADECIMIENTOS

CAPITULO 1

1.1. Introducción	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Hipótesis	5

CAPITULO 4

4.1. Metodología del mapa acústico	28
4.2. Observaciones del mapa acústico	31
4.3. Análisis de la mayor cantidad de sonido	36

CAPITULO 2

2.1. Conceptos físicos del sonido	7
2.1.1. Acústica	7
2.1.2. Sonido	7
2.1.3. Onda sonora	7
2.1.4. Intensidad	8
2.1.5. Timbre	8
2.1.6. Frecuencia	8
2.2. Producción y transmisión del sonido	9
2.3. El sistema auditivo	10
2.3.1. Audición	10
2.3.2. Intervalos significativos de frecuencia	12
2.3.3. Efecto de la intensidad del sonido en el hombre	13

CAPITULO 5

5.1. La arquitectura acústica	38
5.1.1. Coeficientes de absorción	39
5.1.2. Absorbentes acústicos	40
5.1.3. Reflectores acústicos	42
5.2. Ecos del muro posterior	46
5.3. Formas de auditorios	47
5.4. Auditorios de usos múltiples	48
5.4.1. Volúmenes variables del interior	50
5.5. Salas de concierto	51
5.6. Uso de la tabla-roca	54
5.7. Sistemas electrónicos de sonido	56

CAPITULO 3

3.1. Análisis de acústica y diseño acústico	16
3.2. Amortiguamiento de vibraciones	18
3.3. Tratamiento de vanos en muros	19
3.4. Absorción del sonido	21
3.4.1. Mecánica	22
3.4.2. Térmica	22
3.4.3. Molecular	22
3.5. Control de la reflexión y la reverberación	23
3.5.1. Tiempo de reverberación	24
3.5.2. Tiempos idóneos de reverberación	24
3.5.3. Características de los locales	25

PROYECTO ACUSTICO

Descripción del auditorio	64
Volumen interior	69
Tipo de mobiliario	70
Proyecto de aire acondicionado	71
Proyecto acústico	77
Cubierta	77
Muro posterior	78
Muros laterales	78
Sistema de refuerzo acústico	84
Sistema de iluminación teatral	86
Conclusiones	87
Glosario	
Anexo	
Índice de figuras	
Índice de planos	
Fuentes bibliográficas	

CAPITULO 1

CAPITULO 1

CAPITULO 1

CAPITULO 1

CAPITULO 1

En el primer capítulo se concentra la descripción general de la tesis, su justificación, los alcances que se tienen contemplados, así como las hipótesis.

El segundo capítulo contiene la teoría básica de la acústica en su forma general partiendo de conceptos y el sistema auditivo. En el capítulo tres se describe teóricamente los fenómenos de absorción y reverberación.

El método que se utilizó en este trabajo es el que se conoce como "mapa acústico", que será ampliamente descrito en el capítulo cuatro, pero que de manera resumida, permite determinar las zonas conflictivas del edificio en cuanto al comportamiento de ondas sonoras así como la detección de la procedencia de mayor cantidad de sonido.

El capítulo quinto describe cómo es la Arquitectura acústica incluyendo recomendaciones dependiendo del elemento constructivo, como son los tratamientos de: cubierta, muros, pisos, mobiliario, etc.

Finalmente se aplicarán los fundamentos teóricos y prácticos en un auditorio ubicado en la calle Profra. Ma. Antonieta Vázquez Vázquez de la Cd. de Tehuacán Puebla, el cual tiene una capacidad para más de dos mil espectadores.

1.1 INTRODUCCIÓN

El propósito fundamental de esta investigación es habilitar al lector en el uso de los conocimientos esenciales sobre la acústica, recordando que cada caso, es decir, cada edificio es un ejemplo diferente y que es muy importante analizarlos de manera particular; algunos requerirán protección acústica, otros requerirán control de la reflexión de sonido, otros más, de ambos tratamientos.

La intención de este trabajo es no solamente para solucionar el problema acústico de un auditorio, sino sentar las bases para el análisis de otros edificios, como es el caso de un hotel, oficina, residencia, etc., por lo que el arquitecto, ingeniero y/o diseñador podrá basarse en las recomendaciones que se desarrollen a lo largo de la investigación tomando en cuenta el uso de la estructura, determinación de las fuentes de ruido, así como la vibración dentro y fuera del edificio, sin olvidar el ambiente acústico deseable en cada área.

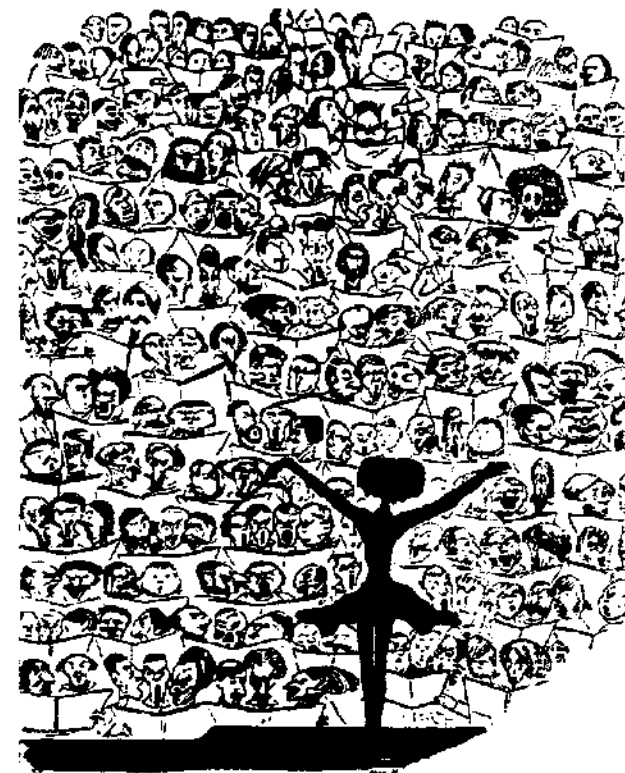
1.2. JUSTIFICACIÓN.

El desarrollo y el cambio constante de la sociedad han provocado paulatinamente la exigencia de mayor calidad en los eventos culturales y sociales, así que debe ser de mayor preocupación de los proyectistas el tomar en cuenta la acústica de los espacios que lleguen a desarrollar y, con mayor razón, en los espacios públicos.

Por lo tanto, se debe garantizar la mejor calidad auditiva de cualquier evento ya que es muy incómodo para el espectador tratar de entender sonidos con ecos excesivos, dificultando de esta manera la función básica de comunicación emisor-receptor.

Por otro lado, sabemos que algunas de las formas de recreación del ser humano son las Bellas Artes, como la música, el teatro o la danza, así que por medio del estudio acústico de los edificios se debe lograr la calidad idónea para el desarrollo satisfactorio del evento y sus asistentes.

El aprendizaje de la acústica en las instituciones educativas es de gran relevancia, por lo menos, de tal forma que permita tener un criterio general del proyecto de un espacio destinado a la audición (aunque la Arquitectura acústica no se limita sólo a estos espacios), es difícil pensar en un buen proyecto acústico si no se cuenta con las bases teóricas, aún cuando el partido y el proyecto arquitectónico sean buenos; es como un todo indivisible. En México únicamente los arquitectos más famosos son los que consultan a un especialista para proyectar un edificio de este tipo, claro, el especialista generalmente es extranjero porque en el país no los hay; posiblemente sea el momento de empezar a cambiar muchas cosas, empezando por nosotros mismos.



**Fig. 2. Berlioz dirigiendo.
(caricatura del s. XIX).*

Dore, Gustavo, "Arte, Música e ideas", p. 303.

1.3. OBJETIVOS.

La investigación comprende las fases teórica y práctica, donde la primera consiste en encontrar los elementos que permitan dar soluciones generales; la segunda toma como ejemplo de aplicación al auditorio de la Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo, en la ciudad de Tehuacán, Puebla.

Conocer los elementos de la Acústica básica, ya que se trata de un tema poco difundido, así como saber acerca de los fenómenos de absorción y reflexión de sonido.

Analizar las dimensiones del auditorio y realizar pruebas de sonido auxiliándose del medidor de niveles de sonido, o más comúnmente conocido con el nombre de decibelímetro, a fin de determinar el comportamiento sonoro.

Determinar las fuentes de ruido existentes para que finalmente, previo análisis acústico y tomando en consideración la costeabilidad, proponer soluciones para el control de las ondas sonoras.

Saber cuáles son las diferentes posibilidades para dar soluciones a un caso determinado por medio de la Arquitectura acústica.

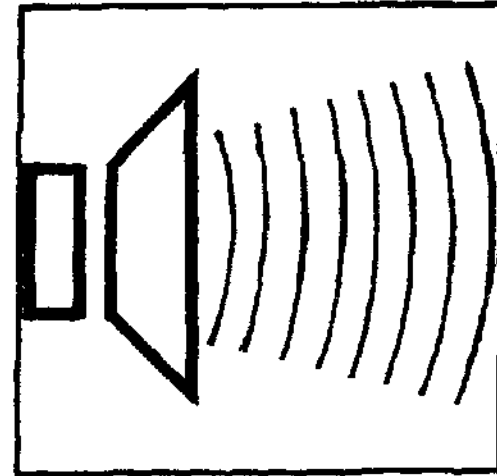
Proponer soluciones de mejoramiento acústico en el auditorio Profra. Ma. Antonieta Vázquez Vázquez de la Cd. de Tehuacán, Pue.

1.4. HIPÓTESIS.

* Los acabados rugosos son buenos absorbentes acústicos pero funcionan mejor colocados con un pleno de aire (espacio de aire).

* El volumen y la forma interior de un auditorio o local es determinante de las condiciones acústicas del mismo. (incluyendo en el interior la forma de los acabados).

* Si se hacen mediciones externas y las fuentes de ruido emiten 50 dB, este ruido al entrar al auditorio se verá disminuido en tal proporción que el ambiente acústico interior de 75 dB en adelante no se verá afectado.



CAPITULO 2

CAPITULO 2

CAPITULO 2

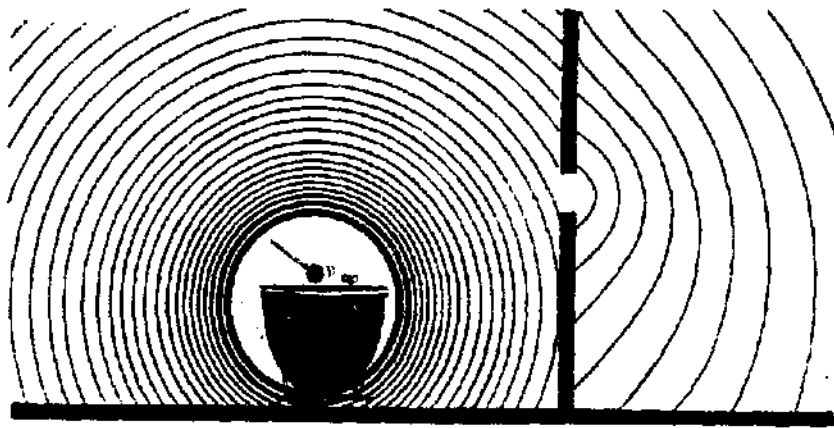
CAPITULO 2

CAPITULO 2

CAPITULO 2

CAPITULO 2

CAPITULO 2



* Fig. 3 (ondas sonoras)

capítulo 2. fundamentos teóricos básicos.

2.1 CONCEPTOS FÍSICOS DEL SONIDO:

El estudio de la acústica como tema central, a pesar de su importancia, ha sido poco difundido tanto en libros como en las instituciones de enseñanza, por lo que es importante incluir dentro de esta investigación las bases que, aunque pudieran parecer repetitivas, las considero necesarias precisamente por lo anteriormente mencionado, que es la limitada difusión del tema, así que comenzaremos con los conceptos básicos del sonido retomados de diferentes bibliografías indicando la fuente de cada uno de ellos.

Acústica:

Como el tema central de este estudio es la acústica, es necesario entender que se le conoce así a la parte de la física que tiene por objeto el estudio del sonido y de los fenómenos de su producción así como su propagación, lo anterior según Cattoi en su libro Apuntes de acústica y escalas exóticas.

Sonido:

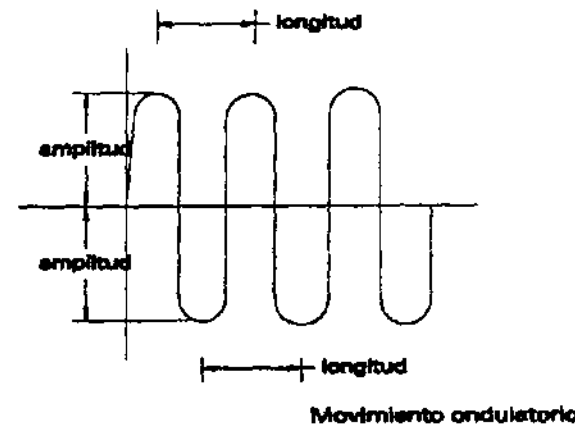
Los que contamos con la oportunidad de tener un oído normal tenemos la fortuna de escuchar todo lo que sucede a nuestro alrededor, pues en orden de importancia, está después de la vista, ya que “el sonido es una sensación, un fenómeno subjetivo vibratorio muy personal y que por lo tanto pertenece al dominio de la conciencia; esta sensación es producida por un cuerpo sonoro puesto en vibración” (1).

Según el manual Styropor, el cual es un material acústico específicamente para ese fin explica de manera más teórica lo siguiente: El sonido es una forma de energía cinética o potencial de las partículas del aire que vibran mecánicamente.

Onda sonora:

Es necesario entender el concepto de onda sonora para mayor comprensión del tema, de donde tenemos que “ ésta se origina en la vibración de un cuerpo sonoro y es una perturbación que viaja por el espacio sin deformarse. En el vacío no se producen ondas sonoras, razón por la cual tampoco se propaga el sonido”

A manera de repaso de los cursos de física básica, es necesario recordar que la “**LONGITUD DE ONDA** es la distancia entre dos crestas o valles sucesivos y que la **AMPLITUD DE ONDA** es el desplazamiento máximo de un elemento en vibración respecto a su posición de reposo” (2).



INTENSIDAD DEL SONIDO:

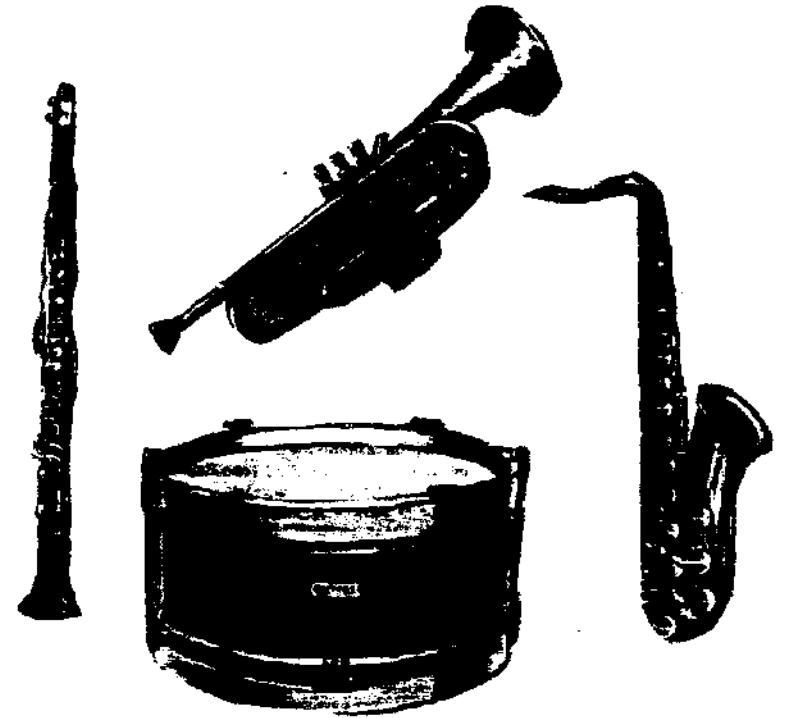
Gracias a la gran capacidad del oído humano, es posible distinguir cualquier diferencia de potencia, así, “es la intensidad la que permite al hombre determinar un sonido fuerte de uno débil. La unidad de medida es el decibelio (dB); anteriormente se medía en DIN-fones” (3). Aunque las fuentes de sonido emiten diferentes frecuencias, se usa un decibelímetro para medir las intensidades (no importando la frecuencia medida).

Timbre:

Es posible que nos hayamos preguntado a qué se debe la cierta facilidad para distinguir qué objeto o instrumento está en ese momento emitiendo sonidos, o por qué podemos identificar la voz de una u otra persona; “esta facilidad que tiene el oído es precisamente porque puede determinar el timbre de ese sonido, el cual es una de las cualidades del sonido que permite diferenciarlo de otros a pesar de tener la misma intensidad, esta percepción es posible gracias a los ARMÓNICOS”, (4); ésto es, la mayoría de los sonidos tienen una frecuencia básica, que da la altura del tono fundamental, pero contiene también tonos cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia básica. “El número e intensidad de estos tonos armónicos determina el timbre de un instrumento”.(5).

Frecuencia:

Como ya se ha hablado anteriormente acerca de las vibraciones, es necesario saber que a la cantidad de éstas en un segundo se le conoce como la frecuencia de un sonido, que “es la que determina la altura o el tono, o lo que es lo mismo, si se trata de un sonido agudo o uno grave; la frecuencia se mide en ciclos/seg. o Hertz”. (6).



*Fig. 4 (instrumentos musicales). El timbre es una característica del sonido que nos permite distinguir un instrumento de otro.

2.2 Producción y transmisión del sonido:

Debido a que el tema de este capítulo lo vivimos a diario, a veces no nos damos cuenta de la forma en que el sonido viaja desde la fuente de emisión hasta nuestros oídos, o bien, nos es tan común que le restamos cierta importancia; por lo anterior es conveniente saber que el sonido se propaga por los cuerpos o por el aire, que al vibrar transmiten a su alrededor la vibración.

Al ser alcanzada una partícula por el sonido, se mueve rítmicamente alrededor de su posición de equilibrio, durante este movimiento, choca con las partículas vecinas, que con ello empiezan a vibrar de la misma manera, por lo tanto, “ el sonido no es un transporte de partículas, sino únicamente la propagación de un impulso, de un movimiento rítmico ”.(7).

El sonido se transmite por medio de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, pero el medio más común de propagación del sonido es el aire. Un ejemplo claro de producción de vibraciones en el aire es colocando una placa metálica entre dos piedras o tabiques, que al doblarla y soltarla inicia un movimiento de vaivén el cual forma ondas en el aire; entre más corta sea la placa, vibrará a mayor velocidad al grado de oír solamente un zumbido.

“ El aire es elástico por lo que al moverlo se transmite una onda que se propaga en todas direcciones formando círculos concéntricos; así, del ejemplo anterior, la placa más corta forma mayor cantidad de ondas por vibrar más veces por segundo lo cual provoca que las ondas estén más juntas; las ondas emitidas muy juntas unas con otras, producen sonidos agudos, al contrario de las ondas muy separadas, que generan sonidos graves.”(8).

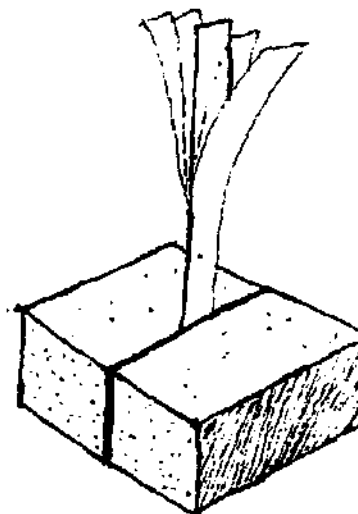


Fig. 5 (placa metálica). La placa metálica sujeta en uno de sus extremos vibra según su longitud.

2.3 EL SISTEMA AUDITIVO

2.3.1. AUDICIÓN.

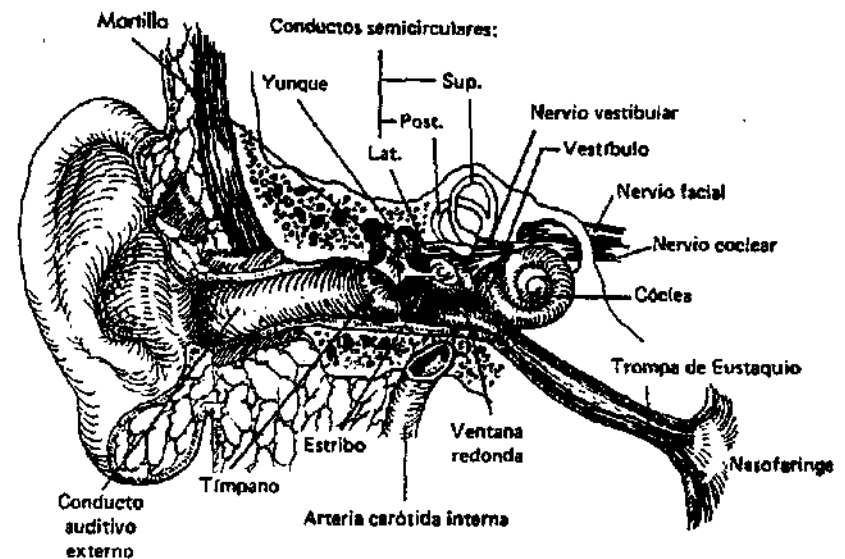
Nuestro sistema auditivo está dividido en tres partes principales:

- *Oído externo
- *Oído medio
- *Oído interno

El primero consta de cada uno de los elementos que están a la vista de cada uno de nosotros, como es básicamente la parte de la oreja, el lóbulo y el conducto externo.

El oído medio se compone primeramente por la membrana timpánica de forma más o menos cónica en dirección del canal auditivo. Del centro de la membrana se desprende el mango del martillo que en su extremo opuesto está unido al yunque por medio de unos ligamentos. Así que, cuando el martillo se mueve, lo mismo sucede con el yunque.

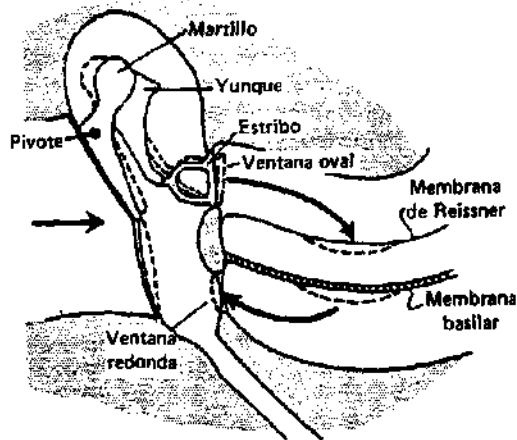
El extremo opuesto del yunque se articula con el tallo del estribo cuya base se apoya en el laberinto membranoso, que es donde las ondas sonoras se conducen al oído interno. (ver figura).



*Fig. 7 (el oído).

El caracol es el sistema conocido como oído interno, en el cual, la membrana basilar, tiene por objeto separar y distinguir las frecuencias ya que está compuesta por alrededor de 20,000 a 30,000 fibras basilares, las cuales varían en longitud (de 0.04 mm. en las proximidades de la ventana oval a 0.5 mm. en el vértice, lo que significa un aumento de doce veces su tamaño). Así, las fibras cortas vibrarán a una frecuencia alta, mientras que las alargadas en la punta del caracol vibrarán a frecuencias bajas.

* Fisiología médica de Guyton C. Arthur; editorial McGraw-Hill; México D.F. 1989.



*Fig. 8 (membrana basilar).

Ondas a lo largo de la membrana basilar para sonidos de alta, media y baja frecuencia:

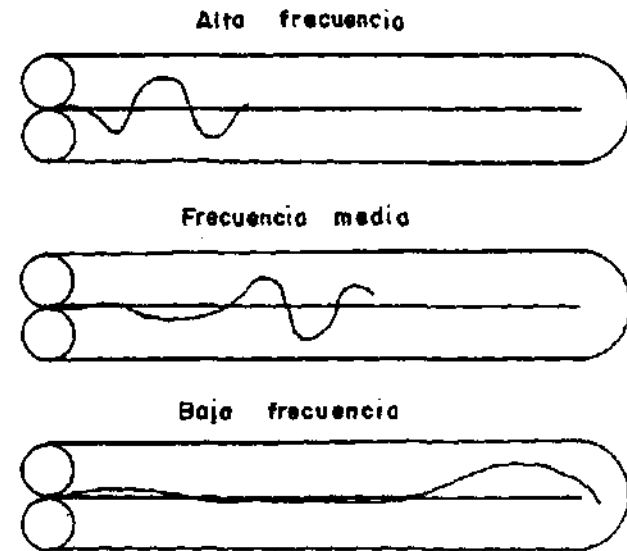


Fig. 9 (ondas sonoras en el oído)

2.3.2. INTERVALOS SIGNIFICATIVOS DE FRECUENCIA (Hz):

Alcance del oído humano:	20-20,000
Comprensión del habla (con frecuencias más necesarias para entender):	600-4,800
Intervalo de conversación privada (con sonidos que penetran de forma objetable en áreas adyacentes):	250-2,500
Radio de mesa común:	200-2,500
Voz masculina (cuando la energía tiende a ser máxima)	350
Voz femenina (cuando la energía tiende a ser máxima)	700

*fuente: "Acústica" de Yerges F. Lyle; enciclopedia de la construcción: océano/arium.

2.3.3 Efecto de la intensidad del sonido en el hombre.

Recordemos que la medida de la intensidad del sonido se da en dB y ésta es la que determina si el volumen de sonido es excesivo o muy bajo.

Es importante observar que un ruido parece doblar su intensidad cuando aumenta en 3 dB y que si dos focos sonoros del mismo tipo y fuerza vibran a la vez, la intensidad, como se podría pensar, no se duplica sino se triplica.

A continuación se presentan diversos ejemplos de focos sonoros y sus respectivos decibeles:

RELOJ: 20

ROMPER PAPEL: 40

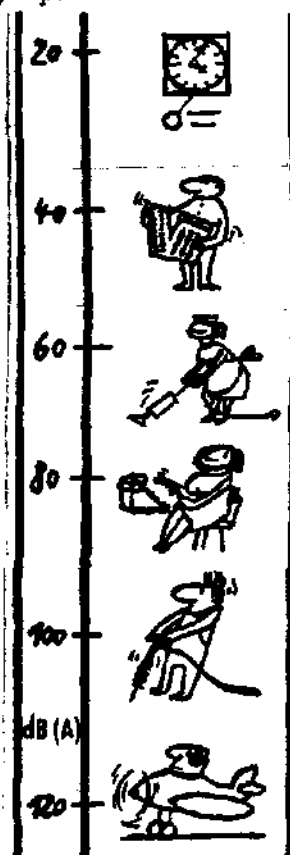
ASPIRADORA: 60

MÁQUINA DE ESCRIBIR: 80

TALADRO: 100

AVIÓN: 120

*Fig. 12 (Intensidades).



El efecto provocado en el hombre por exposición de diferentes intensidades es como se registra a continuación (dB):

BIENESTAR: 0-20

LÍMITE SUPERIOR DE MOLESTIA PERSISTENTE: 40

PERTURBACIÓN DEL SUEÑO SIN POSIBILIDAD DE HABITUARSE: 60

DAÑOS VEGETATIVOS: 80

SORDERA: 100

EFFECTOS DE SHOCK O PARÁLISIS: 120

*Fig. 13 (Efecto de la intensidad).

*fuente: manual Styropor.



CITAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO 2

- (1). CATTOI B. Apuntes de acústica y escalas exóticas, edit. Ricordi, Buenos Aires. pág. (2).
- (2). Ibidem. pág. (29).
- (3). Ibidem. pág. (40).
- (4). Manual Styropor y de Apuntes de acústica y escalas exóticas. pág. 606.
- (5). Manual Styropor. pág. (606).
- (6). Yerges, Lyle F. Acústica, Enciclopedia de la construcción Océano/Atrium. pág. (914).
- (7). Manual Styropor. pág. (604).
- (8). Brinton, Henry. El sonido, Salamanca, España. pág (8).
- (9). Manual Styropor 1985. pág. (602).

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

CAPITULO 3

Capítulo 3. fundamentos teóricos de absorción, reflexión y reverberación del sonido.

3.1. Análisis y diseño acústico.

3.1 EL ANÁLISIS ACÚSTICO se subdivide para su mejor comprensión en:

1. Determinación del uso de la estructura. (necesidades subjetivas).
2. Definición del ambiente acústico deseable en cada área útil.
3. Determinación de las fuentes de ruido y vibración dentro y fuera de la estructura.
4. Estudio de la localización y orientación de la estructura así como sus espacios interiores con respecto al ruido y las fuentes de éste.(1)

EL DISEÑO ACÚSTICO para su estudio se divide en:

1. Diseño de las formas, áreas, volúmenes y superficies según los resultados obtenidos del análisis.
2. Selección de materiales, sistemas y estructuras para obtener el resultado deseado.(2)

*fuente: "Acústica" de YERGES F. Lyle; enciclopedia de la construcción; océano/atrium;1995.

Las fuentes de sonido y vibración más usuales son: el habla, la música, vibraciones de equipo mecánico o el tránsito vehicular.

Para el caso de un local ya construido, obviamente no se puede utilizar el proceso del análisis y diseño acústicos exceptuando el paso número dos de este último que es la selección de materiales, sistemas y estructuras para obtener el resultado deseado, ya que el hecho de estar construido, implica que su uso está plenamente determinado, porque se diseñó en base a ciertas necesidades; tampoco podemos definir su ambiente acústico pero sí podemos conocerlo por medio de estudios posteriores que permitan dar solución a posibles problemas.

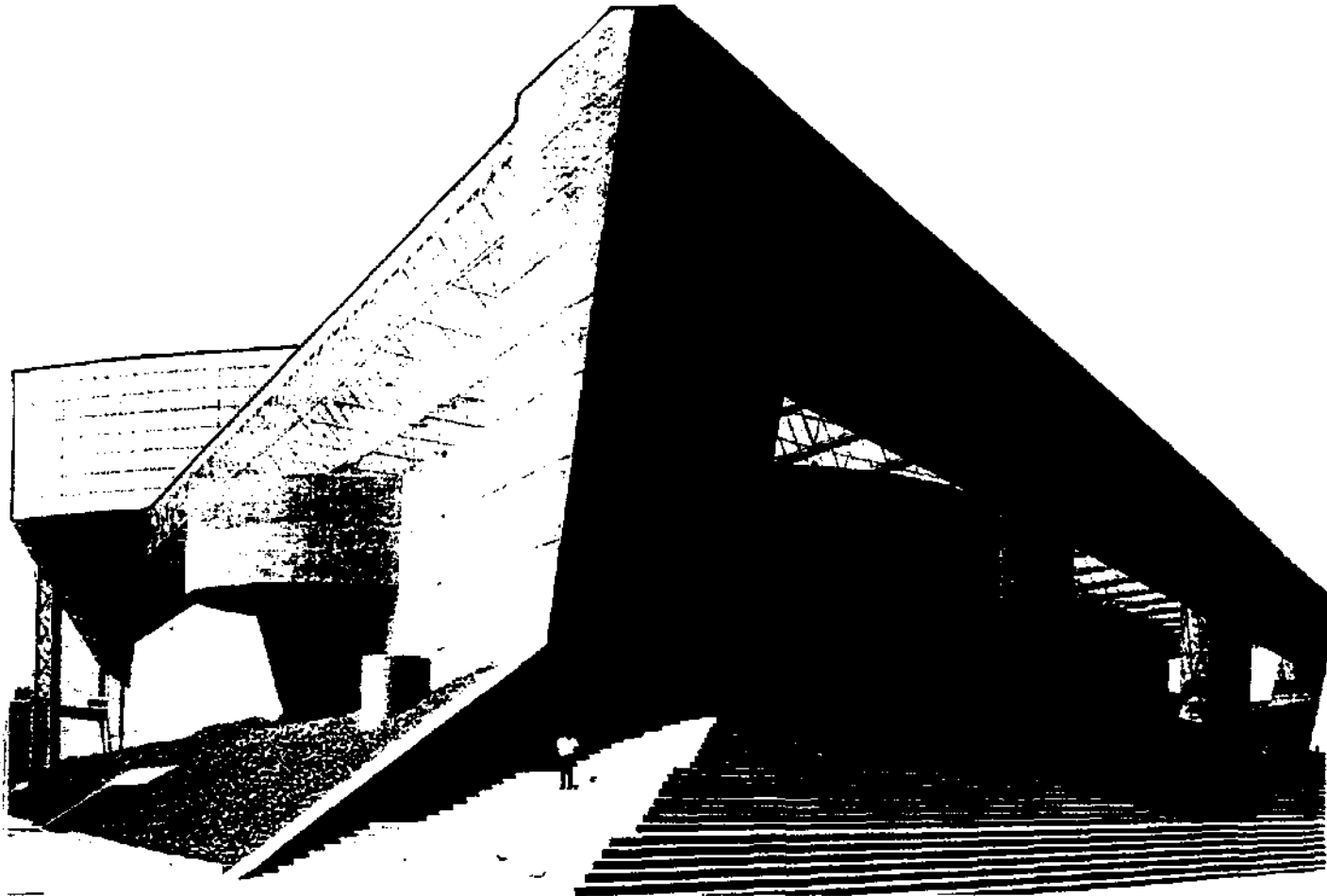


Fig. 14. Un ejemplo claro de análisis y diseño acústico es el Auditorio Nacional de la Ciudad de México.

3.2 AMORTIGUAMIENTO DE VIBRACIONES:

En el momento en que un elemento constructivo entra en vibración provocado por un sonido determinado, irradia energía acústica al aire que lo rodea y a las superficies sólidas en contacto con él.

Cuando se desea reducir los niveles de sonido y vibración, se acostumbra emplear elementos con alta fricción interna o deficiente conexión entre sus partículas con el objeto de absorber y por lo tanto disminuir la energía acústica en el lugar deseado.

En construcciones ordinarias una buena alfombra con bajo alfombra proporciona suficiente aislamiento contra el ruido de pisadas o caída de objetos. "El aislamiento contra vibraciones o impacto producidos por maquinaria se obtiene por medio de sistemas elásticos como resortes, cojines elastoméricos y otros dispositivos". (3).

La transmisión del sonido se hace fácilmente a través de los pasos de aire, como sucede al acercar a la boca un tubo y hablar, sin embargo, el sonido también se transmite por medio de tabiques y construcciones rígidas.

EJEMPLO:

Cuando una persona se pasea sobre un piso de madera, el impacto de sus tacones puede hacer vibrar el suelo directamente y este sonido es, por lo tanto, transmitido a las habitaciones próximas con mayor intensidad en algunos casos.

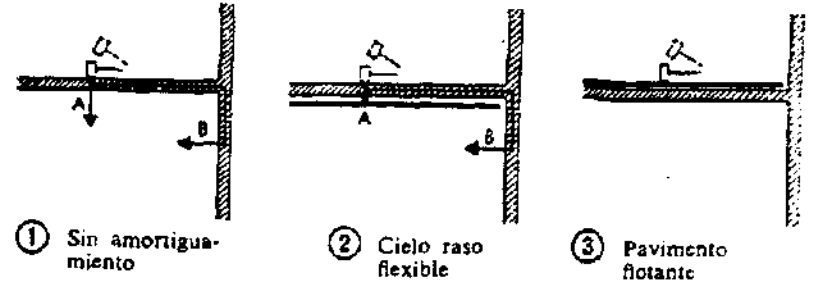


Fig. 15. Comportamiento del sonido provocado por contacto con la estructura.

NOTA: Para el caso de transmisión de sonido a través de un muro, es indiferente el orden en que se dispongan las hojas (la rígida y la absorbente), sin embargo, en el caso de que exista un foco sonoro emitiendo sonidos intensos, es más recomendable colocar la hoja absorbente del lado sonoro.

3.3. TRATAMIENTO DE VANOS EN LOS MUROS:

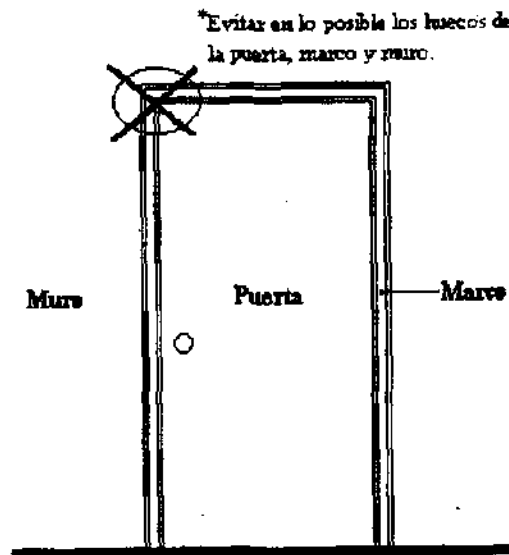
El aislamiento acústico de un muro siempre se ve disminuído si éste contiene una ventana o una puerta, básicamente por dos razones:

1. Porque tanto los vidrios como las puertas tienen menor peso.
2. Porque al colocarlas, no se tiene especial cuidado en evitar los huecos en las orillas, es decir, entre los muros y las ventanas o puertas.

PUERTAS:

Para la obtención de un mayor aislamiento acústico, se recomienda el uso de puertas dobles independientes, que para el caso de auditorios y salas de espectáculos se vuelven muy útiles ya que aíslan completamente el área del vestíbulo del área de audición, funcionando a la vez como filtros de aire ó de luz.

En el caso de oficinas, se pueden usar puertas de doble hoja que comúnmente conocemos como de "tambor" para aislar una zona de otra, lo cual se debe al efecto de doble pared con una cámara de aire intermedia. Es importante recordar que el cierre hermético de la puerta es primordial para la obtención de un buen aislamiento acústico, así como el perfecto ajuste del marco al muro.



VENTANAS:

Para el caso de protección acústica en las ventanas, generalmente las metálicas son más favorables que las de madera ya que cierran mejor; sin embargo, no es decisivo el material sino el ajuste de la ventana en el marco y el del marco a la estructura. Las ventanas sin posibilidad de apertura son más favorables desde el punto de vista acústico; de ahí que, en ventanas de notable superficie, se recomienda la subdivisión en grandes cristales fijos y pequeñas zonas de ventilación.

Los vidrios de las ventanas sencillas proporcionan menor aislamiento acústico que una ventana de doble cristal; para los acristalados dobles que tienen muy poca separación entre sus hojas, se presenta el problema de alto grado de resonancia, por lo que de no poderse corregir, una opción más es aumentar el peso de una de las hojas (preferentemente la exterior).

La separación de las ventanas dobles varía según las frecuencias que se quieran atenuar, lo cual se explica debido a las variantes de longitud de onda según los ciclos por segundo de uno u otro sonido.

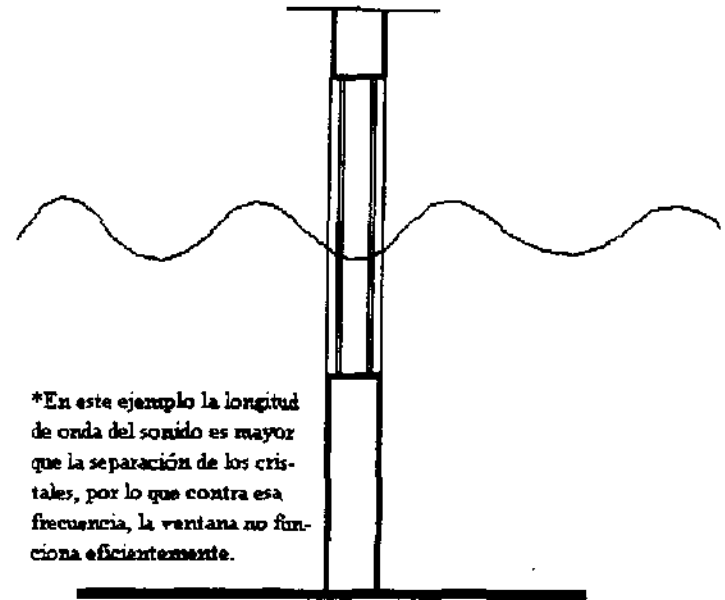


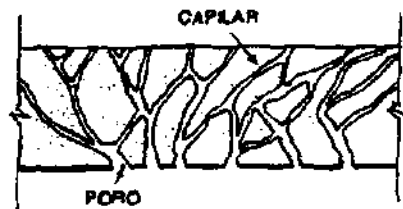
Fig. (16). La variación de la frecuencia de un sonido o ruido se traduce en su longitud de onda, lo cual determina la separación de los cristales en ventanas dobles.

3.4 ABSORCIÓN DEL SONIDO.

“**L**os mejores absorbentes de sonido son aquellos ligeros y porosos. Éstos funcionan como transductores de energía convirtiendo la energía mecánica del sonido en calor”.(5)

La composición interna de casi todos los absorbentes o fonoabsorbentes consiste en un aglomerado irregular con poros capilares conectados entre sí, por lo que es necesario que el aire contenido en el aglomerado tenga libertad de movimiento para producir fricción contra las fibras; así que, aquellos que no tienen interconexión de poros no son absorbentes eficaces.

*Fuente: Yerges F. Lyle, “Acústica”, Enciclopedia de la construcción, edit. Océano/Atrium, 1995.



*Fig. 17. Un buen material absorbente de sonido tiene poros conectados unos con otros.

Se debe tener presente que los materiales muy pesados, rígidos, o incluso las capas gruesas de pintura pueden limitar el proceso de absorción. Los recubrimientos perforados, no degradan la eficacia de los fonoabsorbentes siempre y cuando sean delgados y las aberturas estén muy próximas.

Existen gran variedad de casos para el estudio de la absorción del sonido, por lo que para efectos de esta investigación nos referiremos al caso en el cual el medio o volumen de un local es de grandes proporciones.

Los mecanismos por los cuales los materiales realizan absorción del sonido son:

Mecánica:

En primer lugar tenemos la pérdida acústica debido a la viscosidad, que “se debe principalmente al movimiento relativo existente entre varias capas o porciones del medio durante los movimientos de compresión y expansión que acompaña a la transmisión de las ondas sonoras”. (6)

Térmica:

La siguiente forma de atenuación de ondas acústicas es el que se produce por conducción térmica. Este fenómeno sucede cuando una onda sonora pasa a través de un fluido, el cual sufre una serie de compresiones y descompresiones alternadas. Las compresiones ocasionan que la temperatura local del medio aumente en tanto, la descompresión provocará una disminución.

“Esta diferencia de temperatura entre dos fases sucesivas de la onda hace que se establezca un gradiente de temperatura local”. (7). El gradiente produce calor por conducción, el cual puede tener una magnitud significativa antes de que ocurra el período de descompresión.

Molecular:

Al comprimir un gas rápidamente, el movimiento de traslación de las moléculas se ajusta casi instantáneamente provocando un ajuste al cambio de densidad. Posteriormente viene un *decremento de presión* ya que parte de la energía de traslación de moléculas se convierte poco a poco en energía rotacional y vibracional.

Al permitir que el gas regrese a su volumen inicial, el trabajo realizado por el gas durante la expansión será menor que el que se presentó en la compresión, por lo que “existe una transferencia neta de energía, que provoca el calentamiento del gas y atenúa al sonido”. (8)

3.5 CONTROL DE LA REFLEXIÓN Y LA REVERBERACIÓN.

Las reflexiones bien definidas o los ecos, son inconvenientes en cualquier espacio ocupado. Hay que entender que la reverberación consta de ecos muy rápidos que se mezclan entre sí por lo que continúan aún después de que la fuente de sonido ha dejado de funcionar.

Generalmente la reverberación provoca la falta de claridad del habla, pero dentro de ciertos límites, mejora notablemente el sonido musical en un auditorio.

En la mayoría de los recintos, la absorción de la mayor parte de la energía acústica que incide en las superficies como pueden ser pisos y muros, sirve para prevenir la acumulación o el incremento de sonidos incomprensibles.

“La reducción del sonido (dB), proporcionada por los absorbentes en un local se determina con la ecuación:

$$NR=10 \log (A_0+A_a)/A_0$$

donde A_0 es la absorción acústica original y A_a es la absorción acústica añadida.” (9).

La absorción acústica se refiere a la suma de los productos de multiplicar el área de un determinado material por su coeficiente de

absorción correspondiente, es decir, área de piso en m^2 o ft^2 por coeficiente, más área del plafón en m^2 ó ft^2 por coeficiente, más área de muros por coeficiente.

Lo que significa que en un local vacío, la instalación de losetas acústicas que actúan como fonoabsorbentes, reduce considerablemente el nivel de ruido; pero en el caso de que dicho espacio esté provisto de alfombra gruesa, muebles tapizados y cortinas pesadas, las mismas losetas producirán un cambio muy pequeño.

Cabe destacar que las alfombras gruesas, los muebles tapizados, cortinas pesadas y los materiales de ese tipo son absorbentes muy eficaces.

3.5.3. Características de los locales

Cuando el grado de absorción acústica de un local es pequeño, existe un aumento lento y gradual de la intensidad, por lo que el valor final será siempre mayor al que emite una fuente; al local de estas características se le da el nombre de "cuarto vivo o sonoro".

Valores típicos de tiempos de reverberación:

Sala de estar	0.35 seg
Estudios de emisoras	0.30 seg.
Teatros	1.00 seg.
Estudios medianos de emisoras (música)	1.20 seg.
Estudios grandes de emisoras (música)	1.80 seg.
Grandes salas de conciertos	1.80 seg.

Tiempos de reverberación de locales conocidos:

Local	Volumen m ³ .	T.R. seg.
Estudio de emisoras para habla	1700	1.00
Estudio pequeño para música	3200	1.50
Estudio para música	5000	1.70
Estudio grande para música	6200	1.80
Royal Festival Hall, Londres	22000	1.47
Usher Hall, Edimburgo	16000	1.65
Beethovenhalle, Bonn	15700	1.70
Carnegie Hall, Nueva York	24300	1.70
Royal Opera House, Londres	12300	1.10
La Scala de Milán	11200	1.20
Metropolitan Opera House, Nueva York	19600	1.20

Citas bibliográficas

capítulo 3

- (1). Yerges F. Lyle, Acústica, enciclopedia de la construcción, edit. océano/atrium. pág. (918).
- (2). Ibidem. pág. (918).
- (3). Manual Styropor. pág. (620).
- (4). Ibidem. pág. (714).
- (5). Yerges F. Lyle, Acústica, enciclopedia de la construcción, edit. océano/atrium. pág. (922).
- (6). Guzmán L. Justino D., Acústica básica, Facultad de Ciencias de la UNAM, 1994. Pág. (171).
- (7). Ibidem. pág. (177).
- (8). Ibidem. pág. (179).
- (9). Yerges F. Lyle, Acústica, enciclopedia de la construcción, edit. océano/atrium, pág. (917).
- (10). Ibidem. pág. (925).

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CAPITULO 4

CAPITULO 4

El proceso del mapa acústico.

Capítulo 4.

4.1. Metodología del mapa acústico.

El proceso del mapa acústico es un ejercicio de campo donde se registran en un plano del inmueble o en tablas, las lecturas de la intensidad acústica en diferentes puntos por medio de un sonido fuerte, constante y de determinada frecuencia. Esta lectura es posible a través del uso de un medidor de intensidades de sonido que comúnmente se conoce con el nombre de decibelímetro, el cual está diseñado para medir la intensidad de los sonidos.

El equipo que se requiere para hacer un mapa acústico consta de lo siguiente: Un decibelímetro, el cual puede ser de aguja o digital; bocinas en número tal que permitan una salida de alta potencia, lo que dependerá del tamaño del local; un amplificador o consola (si se trata de locales pequeños como oficinas bastará un equipo de alta fidelidad convencional); un sintetizador que emita algún sonido constante, o bien, una cinta de audio reproducida en un sistema de alta fidelidad (estas cintas se pueden solicitar en los laboratorios de física y acústica).

Lo recomendable es primero comprobar que la intensidad del sonido exterior como pueden ser: coches, camiones, fábricas, etc., no afecten las lecturas a realizar dentro del local; lógicamente, tampoco deben emitirse sonidos en el interior que no sea la fuente requerida para el análisis. Por ello, si el edificio está en proceso de construcción, será conveniente realizar el estudio al final de las labores.

El siguiente paso consiste en ubicar la fuente de sonido (bocina) en todos aquellos lugares donde se localicen posibles emisiones de sonido considerándolas como si ya estuviera en uso el inmueble. Por ejemplo, en el caso del auditorio, la zona más frecuente de emisión sería el estrado y sus alrededores.

El decibelímetro debe ubicarse en la mayor cantidad posible de lugares donde, al estar el local en uso, vayan a ubicarse espectadores. Lo que significa que se tienen que ir haciendo lecturas a cada 3 o 4 metros de separación en todas direcciones, por lo que se tomará la lectura en un lugar, al terminar, se cambiará de posición recibiendo la misma frecuencia y así sucesivamente hasta recorrer el último espacio del local.

Al iniciar un sonido determinado con el sintetizador o con la cinta de audio, se debe registrar la frecuencia emitida, tomar la lectura y procedencia de la mayor cantidad de sonido en cada posición, posteriormente será necesario cambiar la frecuencia del sonido y repetir la operación; con respecto a las frecuencias, conviene hacer lecturas tanto con frecuencias altas como bajas para posteriormente definir las más conflictivas y buscar sus soluciones.

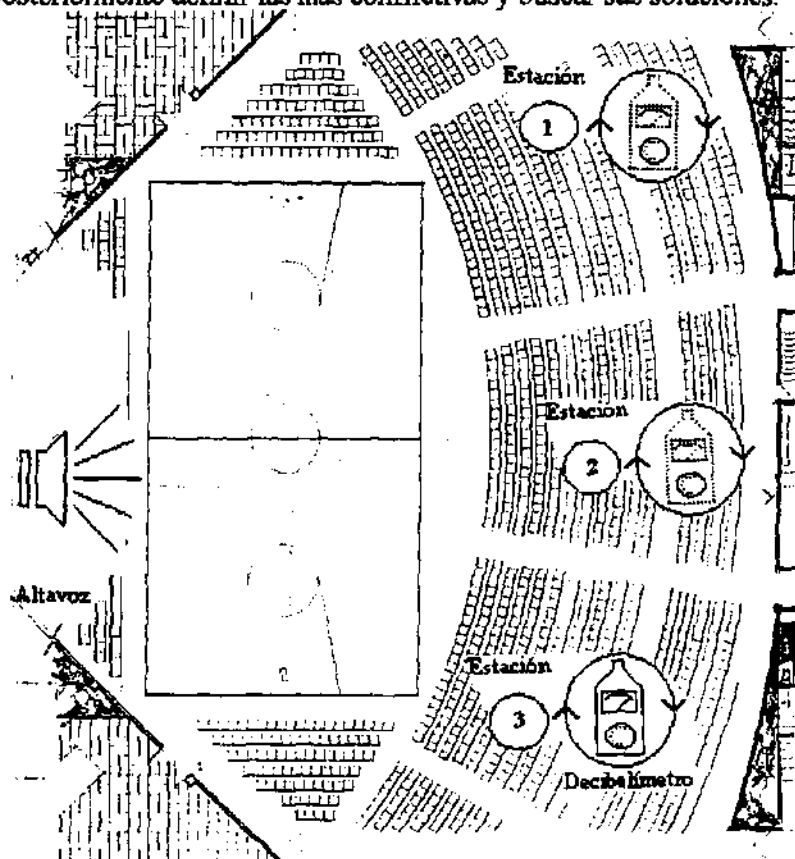


Fig. 20. Ejemplo gráfico del mapa acústico.

Para obtener buenos resultados, es necesario que el sonido sea fuerte y constante; para el caso de un auditorio, será necesario hacer también mediciones sobre el estrado para poder saber como se comporta el sonido en esa zona y que no vaya a ser confuso para sus usuarios.

Finalmente, se registran los datos en un cuadro indicando posición del emisor, del decibelímetro, la frecuencia, así como la intensidad registrada y el tiempo de reverberación aproximado

Descripción de la tabla de datos del mapa acústico realizado en el auditorio.

De los resultados obtenidos en las tablas de medición, tomemos los valores para el área de la cancha, en la ubicación del decibelímetro número 1 y con una frecuencia de 2048 Hertz, de donde obtuvimos una intensidad de 95 dB y un tiempo de reverberación aproximado de 1.10 seg. recordando que éstos dos últimos datos fueron lecturas en donde el sonido era de mayor intensidad, por lo que en la última columna de la tabla de medición sabemos que esos datos provenían del emisor (bocina o altavoz).

*Ejemplo descrito.....

ACÚSTICA DE LOS MATERIALES EN UN AUDITORIO				
Medición de sonido con decibelímetro.				
Jenaro Carrillo Guerrero.				
Estación	Frecuencia	Intensidad (dB)	T. Reverb. (S.)	Procedencia de > cant. de sonido.
Cancha				
1	2048	95	1.1	Emisor
2	"	92	1.05	Emisor
3	"	96	0.99	1er. muro izq.
4	"	96	0.93	Muro oblicuo der. sobre estrado
5	"	93	1.33	Parte posterior
6	"	91	1.08	Muro oblicuo a 90 del mismo
7	"	91	0.93	Gradas centrales
8	"	96	1.2	Emisor
9	"	94	1.15	1er. muro izq.
10	"	95	0.82	Gradas lat. izq.
11	"	98	1.05	Muro oblicuo der.
12	"	94	1.02	2o. muro izquierdo
13	"	90	0.97	Muro oblicuo der.
14	"	91	1.11	2o. muro izq.
15	"	97	1.03	Muro oblicuo der.
16	"	95	1.07	Parte posterior

Tabla con los resultados de las mediciones del mapa acústico en el área de la cancha indicando el ejemplo descrito anteriormente.

Observaciones del mapa acústico realizado en el auditorio.

Haciendo una comparación entre las 1as. y 2as. gradas centrales del plano anexo, se observó una mayor concentración de sonido en las primeras, lo que significa que en esa zona convergen más ondas acústicas tanto directas como reflejadas, posiblemente debido a la forma interior del auditorio, que asemeja una concha acústica a partir del estrado hacia el área de la cancha.

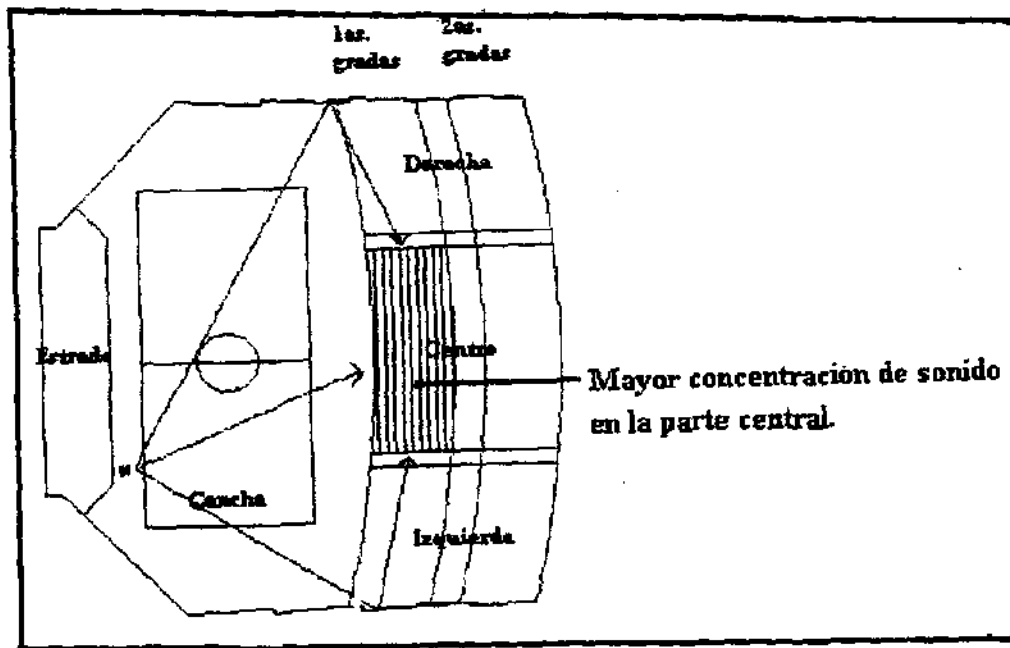


Fig. (22). Comportamiento del sonido en la zona central de las gradas debido a la forma interior del auditorio.

En el caso de las gradas del lado izquierdo, es notoria la mayor cantidad de ondas en la segunda sección ya que convergen ahí al ser reflejadas por otras superficies, lo cual provoca mayor intensidad de sonido. En la primera sección de gradas, predomina el sonido emitido por el emisor, ya que la cercanía entre ambos (emisor y la primera sección de gradas) permite que las ondas acústicas lleguen de forma directa siendo éstas más fuertes que aquellas que fueron reflejadas de otra superficie.

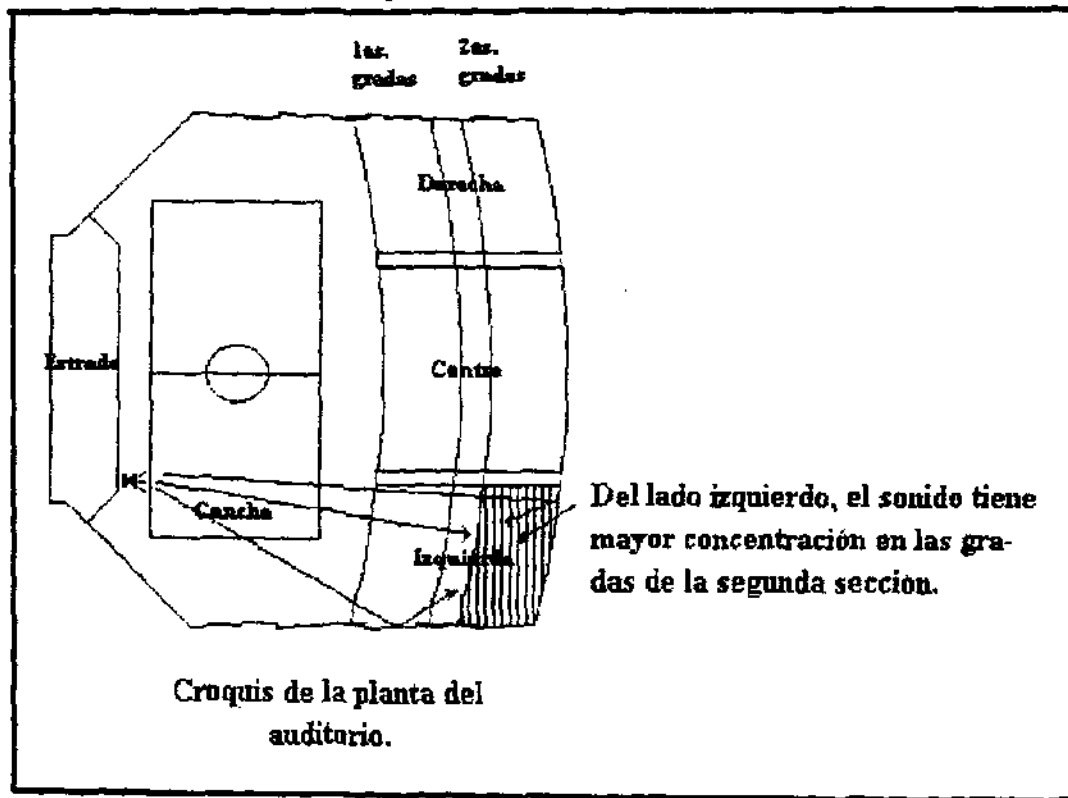


Fig. (23). Detalle de la sección izquierda en gradas y su comportamiento de sonido.

En la parte que corresponde al estrado o escenario, la mayor cantidad de rayos sonoros provienen del lado derecho así como del muro posterior, donde en el primer caso, es posible que se deba a la geometría interior del auditorio, que refleja las ondas sonoras del muro localizado enfrente del estrado.

La zona de la cancha no es tan conflictiva porque como se encuentra cerca de las bocinas, el sonido directo predomina sobre aquel que ha sido reflejado, de tal forma que los espectadores que se ubiquen en esta zona son los que tienen mejor oportunidad de captar los sonidos, pero debido a la conformación interior del auditorio, las ondas sonoras tienden a concentrarse en esta área lo cual sí provoca confusiones de sonido.

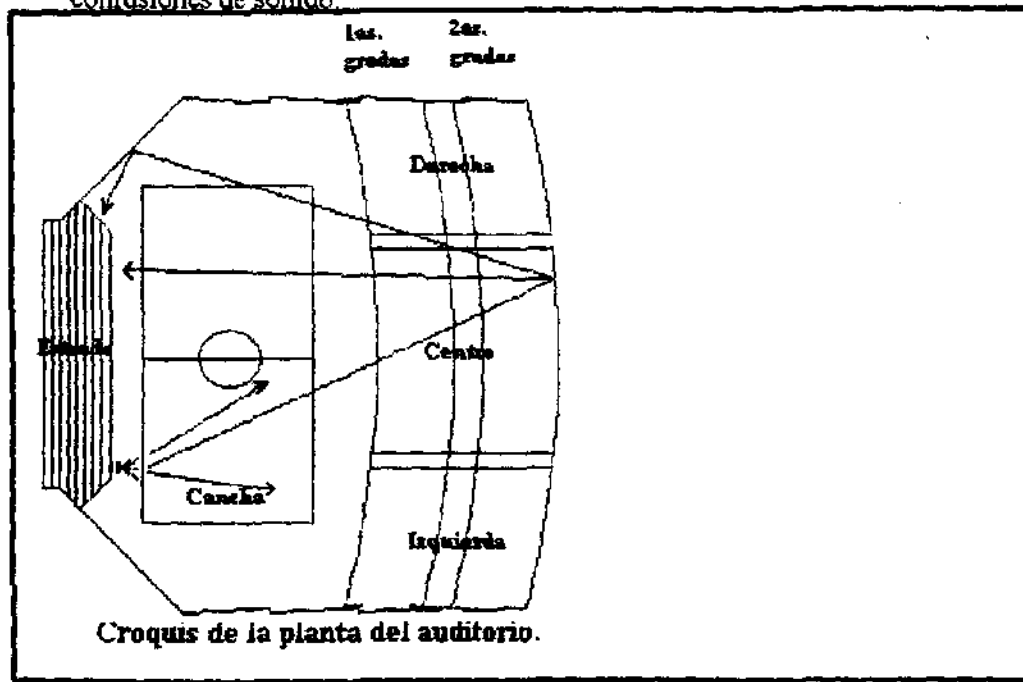


Fig. (24). Afectación del sonido en el estrado y el área de la cancha.

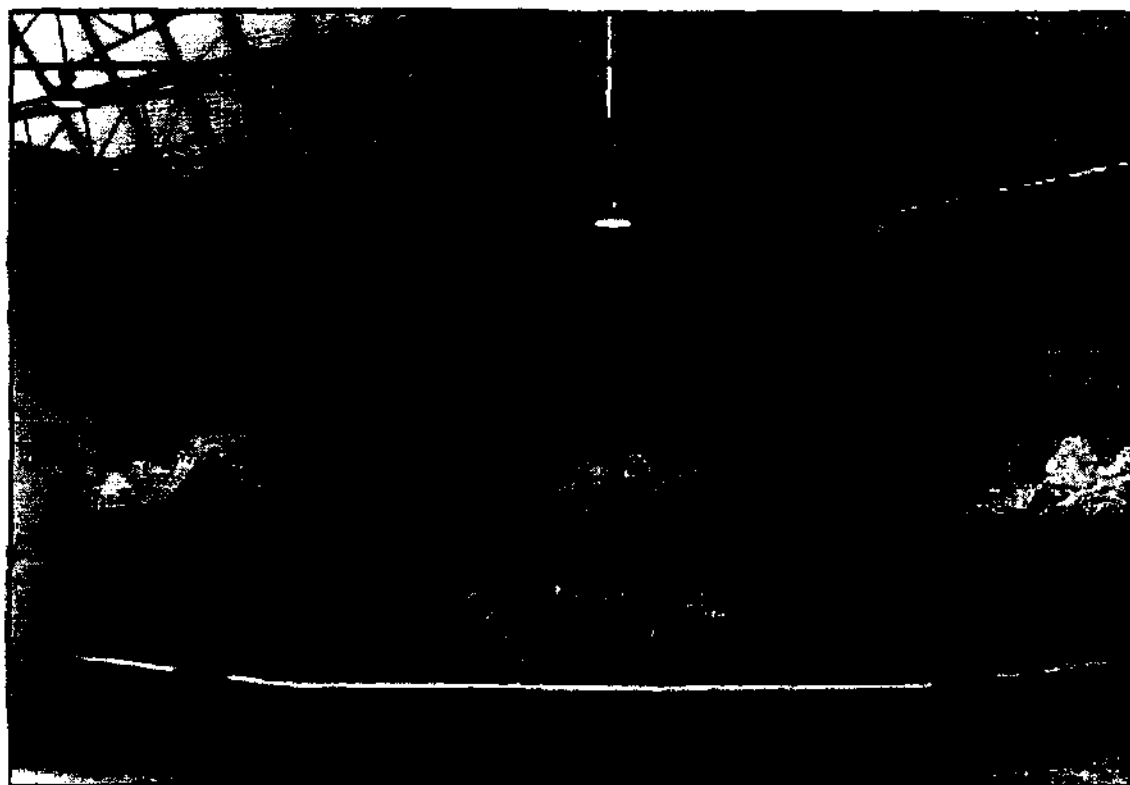


Fig. 25. Vista interior del auditorio Profra. Ma. Antonieta Vázquez V. Desde las gradas hacia el escenario.

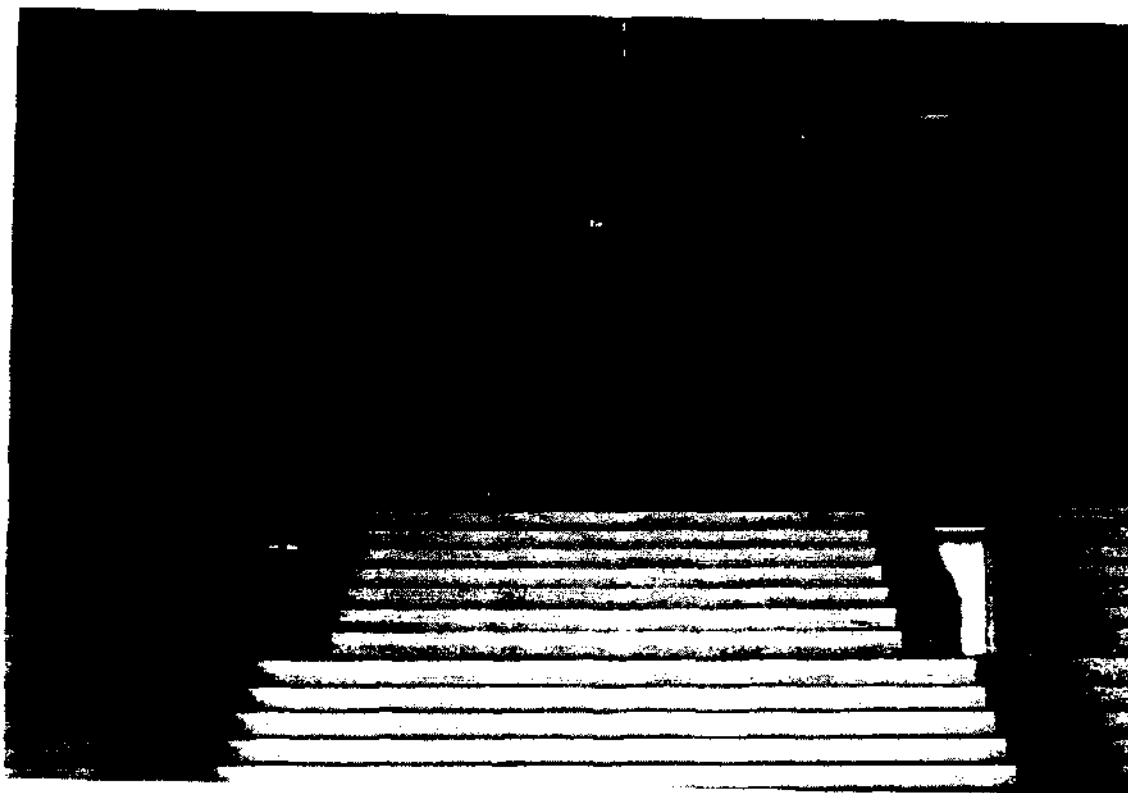


Fig. 26. Vista interior del auditorio Profra. Ma. Antonieta Vázquez V. desde el escenario hacia las gradas.

Procedencia de mayor cantidad de sonido.

Al revisar las tablas de registro del mapa acústico realizado en el auditorio, se observó que la mayor incidencia del sonido en porcentaje, proviene de tres lugares básicamente:

*** El emisor en sí.**

*** El muro oblicuo del lado derecho indicado en el croquis.**

*** El tercer muro del lado izquierdo indicado en el croquis.**

Así, son éstas las áreas que requieren de mayor consideración, lo cual no significa descuidar el resto de las superficies, las cuales podrán contar con el mismo tratamiento acústico para controlar la reverberación tan excesiva que en éste momento presenta.

Otro fenómeno observado en las lecturas del mapa acústico se refiere al problema de reverberación generado según la frecuencia del sonido, recordando que ésta se refiere al número de vibraciones en un segundo; donde tenemos que en las frecuencias altas, es decir, de las 2048 a las 1024 vibraciones por segundo, los tiempos de reverberación no son tan elevados en comparación con las frecuencias más bajas que comprenden desde las 512 a las 128 vibraciones por segundo. Es en este rango de frecuencias en donde el auditorio tiene más problemas en los tiempos de reverberación ya que éstos oscilan de los 5.0 a los 6.0 segundos, los cuales ya se consideran conflictivos porque no es posible entender siquiera una plática con micrófono y altavoz.

En base al estudio del auditorio por medio del mapa acústico se determinaron como más conflictivas las frecuencias bajas, pero cada edificio o local tiene diferentes características como son: distribución, materiales, dimensiones, etc., que lo hacen único y por lo tanto es necesario hacer un estudio de este tipo para cada local, ya sea oficina, industria o como en este caso un auditorio, porque no siempre las frecuencias bajas serán las que generen más problemas.

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CAPITULO 5

CAPITULO 5

La arquitectura acústica.

Coefficiente de absorción de sonido:

La efectividad de un material absorbente se puede expresar como el "coeficiente de absorción". Este coeficiente establece la porción de la energía de sonido incidente que un material absorbe.

Teóricamente puede variar desde 0 (no absorbe energía) a 1.00 (absorción total). Los coeficientes se derivan de pruebas de laboratorio y en la siguiente página se indican valores para algunos materiales.

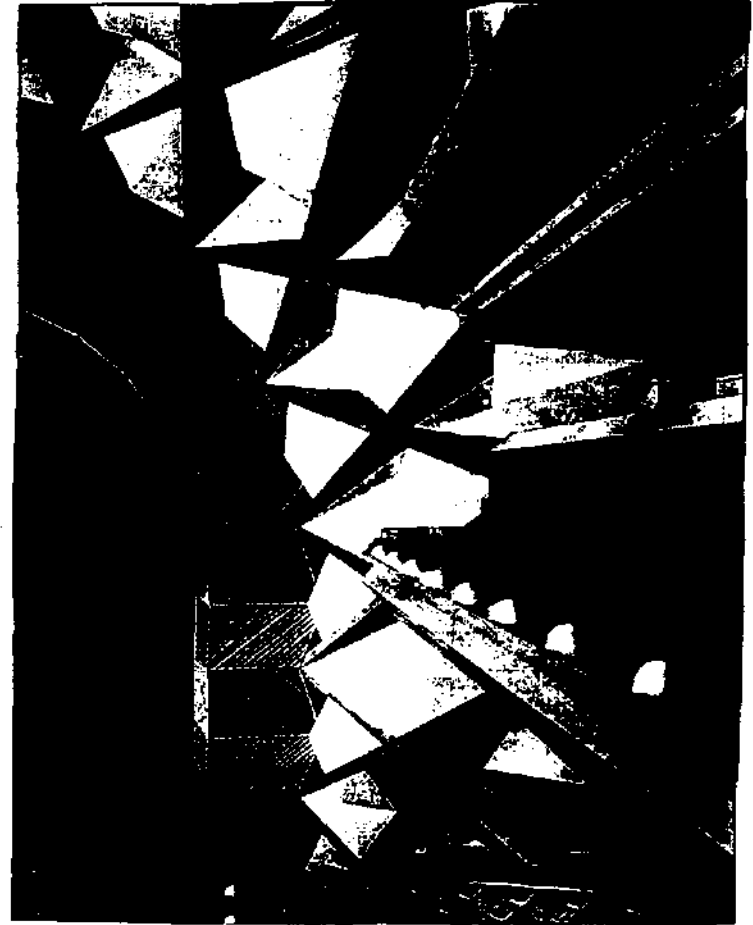


Fig. 27. Centro para la ejecución de las Artes Evangeline Atwood, Anchorage, Alaska.

MATERIAL	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
	125	250	500 Hz	1000	2000	4000
MUROS						
Tabique repellado	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
Tabique repellado y pintado	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Concreto áspero	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
Cristal común	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Tabla-roca, placa con fibra de vidrio (unión)	0.55	0.14	0.08	0.04	0.12	0.11
Tabla-roca con 2 placas de 5/8" c/u.	0.28	0.12	0.1	0.07	0.13	0.09
Mármol	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Yeso sobre tabique	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05
Yeso en block de concreto	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04
Panel de tri-play de 3/8"	0.28	0.22	0.17	0.09	0.1	0.11
Acero	0.05	0.1	0.1	0.1	0.07	0.02
Madera, panel de 1/4" con aire atrás	0.42	0.21	0.1	0.08	0.06	0.06
Mader, panel de 1" con aire atrás	0.19	0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
ABSORBENTES DE SONIDO						
Cortinaje ligero, 3.50 kg/m2.	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
Cortinaje medio, 4.80 kg/m2.	0.07	0.31	0.49	0.75	0.7	0.6
Cortinaje pesado, 6 kg/m2.	0.14	0.35	0.55	0.72	0.7	0.65
Cortina de fibra de vidrio, 3kg/m2.	0.09	0.32	0.68	0.83	0.39	0.76
Alfombra pesada, placa mineral y aire.	0.37	0.41	0.63	0.85	0.96	0.92
Placa de madera de 1/2" con perforación	0.4	0.9	0.8	0.5	0.4	0.3
PISOS						
Concreto ó terrazo	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Linoleum ó asfalto	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Madera de parquet en concreto	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
ABSORBENTES DE SONIDO						
Alfombra pesada en concreto	0.02	0.06	0.14	0.37	0.6	0.65
Alfombra pesada sobre hule espuma	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
TECHOS						
Concreto	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Tabla-roca, placa de 1/2"	0.29	0.1	0.05	0.04	0.07	0.09
Tabla-roca, idem pero suspendida	0.15	0.1	0.05	0.04	0.07	0.09
Tri-play, placa de 3/8"	0.28	0.22	0.17	0.09	0.1	0.11
ABSORBENTES DE SONIDO						
Placa de fibra de vidrio, 4 kg/m2.	0.65	0.71	0.82	0.86	0.76	0.62
Placa de fibra de vidrio, 12.50 kg/m2	0.38	0.23	0.17	0.13	0.09	0.06
Placa de poliuretano, 1" de espesor	0.07	0.11	0.2	0.32	0.6	0.85
Placas paralelas de fibra de vidrio de 1"	0.01	0.29	0.62	1	1	1
ASIENTOS Y AUDIENCIA						
Asientos tapizados sin ocupar	0.19	0.37	0.56	0.67	0.61	0.59
Asientos de piel sin ocupar	0.44	0.54	0.6	0.62	0.58	0.5
Audiencia en asientos tapizados	0.39	0.57	0.8	0.94	0.92	0.87
Congregación en bancas de madera	0.57	0.61	0.75	0.86	0.91	0.86
Silla de metal ó madera sin ocupar	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.3
Gente informalmente vestida en sillas plegables	0.3	0.41	0.49	0.84	0.87	0.84

*Nota: el coeficiente para audiencia es por 0.80 m2 de área del piso de los asientos.

*Fuente: EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p. 52, 53, 1968.

Area efectiva para espaciado de absorbentes:

La eficiencia de un absorbente de sonido puede ser afectada por la distribución y ubicación en una habitación. Por ejemplo, 25 paneles de material absorbente, cada uno de 1.00x1.00 m. absorberán más energía acústica cuando estén colocados a manera de tablero de ajedrez que todos juntos.

“Este incremento en la eficiencia se debe a la difracción de la energía de sonido alrededor del perímetro de los paneles separados y de la absorción adicional provista por la superficie de los propios paneles”. (1)

“La separación de los paneles permite absorber más sonido por ocupar un radio mayor”. (2)

*Fuente: T.W. Bartel, “Effect to absorber geometry on apparence absorption coefficients as measured in a reverberation chamber”, 1981.

Guía para obtener una absorción efectiva:

1. Aplicar absorbentes de sonido en superficies que contribuyan a la reverberación excesiva, ecos ó energía enfocada a un punto determinado.

2. No colocar materiales absorbentes de sonido en superficies que provean reflexiones útiles (como arriba de los conferenciantes en auditorios). Las superficies reflejantes deben tener coeficientes de absorción iguales ó menores a 0.20 y estar formados y orientados adecuadamente.

3. Use absorbentes en la cubierta para controlar el ruido con habitaciones de pisos superiores ó de lluvia.

4. Coloque absorción en los muros de salas muy altas ó cuartos pequeños y en salas largas con techos bajos la absorción de muros es raramente benéfica.

5. Asegúrese de usar el mejor método de montaje de paneles para la absorción del sonido. Por ejemplo: los materiales absorbentes colocados directamente junto a los muros son poco efectivos para bajas frecuencias; por el contrario, los absorbentes suspendidos de la cubierta son muy efectivos para las frecuencias bajas.

En las figuras 28 y 29 de la siguiente página se muestran algunos ejemplos de materiales con sus coeficientes de absorción.

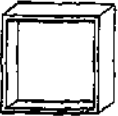
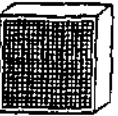
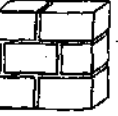
	% REPLEADO	% ABSORBIDO	COEF. DE ABSOR.
 Ventana abierta	0	100	1.00
 12" de fibra de vidrio	20	80	0.80
 Muro de tabique	98	2	0.02

Fig. 28. Ejemplos de Absorción.

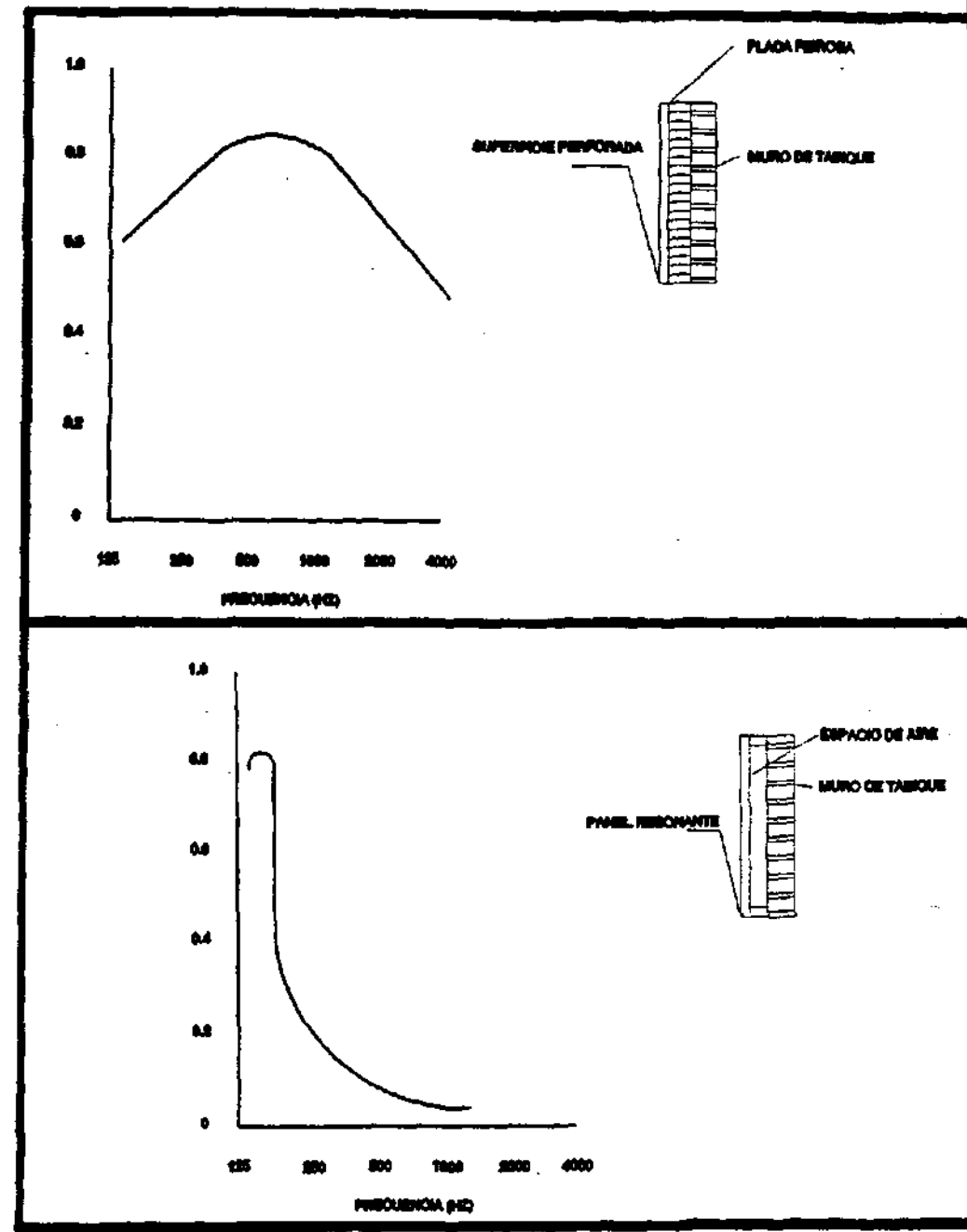


Fig. 29. Comparación de algunos materiales y su capacidad de absorción.

Reflectores de sonido.

“Un reflector de sonido efectivo tiene una superficie dura, la cual puede ser una doble capa de tabla-roca, madera sellada ó acrílico” (3) y que sea suficientemente grande como para que la longitud de onda del sonido pueda reflejarse. Por ejemplo, a una frecuencia de 500 Hz, la longitud de onda tiene aproximadamente 0.60 m., por consiguiente, un panel de 2.40 m. de diámetro (una dimensión aproximada de 4 veces la longitud de onda) debería ser usado para reflejar la energía de sonido mayor a los 500 Hz; sin embargo, la energía de sonido menor a éstos 500 Hz puede rodear el panel, aumentando la reverberación a bajas frecuencias.

El reflector de sonido de la figura 30 puede reforzar el sonido directo y prevenir reflexiones de sonido muy prolongadas así como el eco potencial de la cubierta.

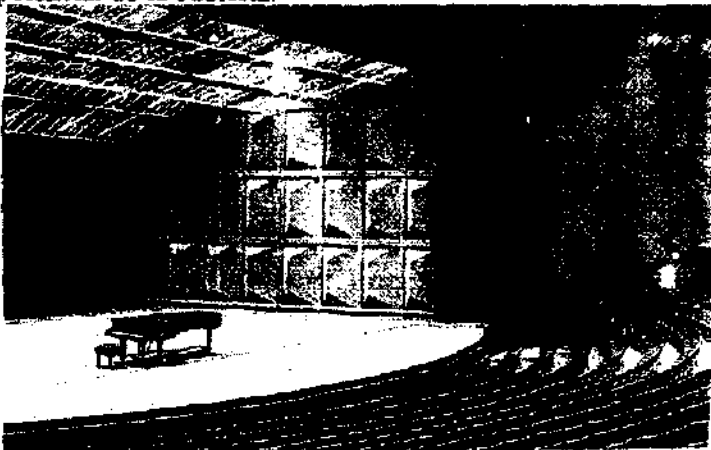


Fig. 30. Centro para las Artes Ira y Nancy Koger, Universidad del Sur de Carolina, Columbia, Sur de Carolina.

1. Reflector cóncavo:

Las superficies reflectoras cóncavas, como las cúpulas, domos ó algunas bóvedas, pueden enfocar en un punto el sonido causando ecos en el área de la audiencia. Éstas superficies además de provocar focos de sonido, también son distribuidores pobres del mismo.

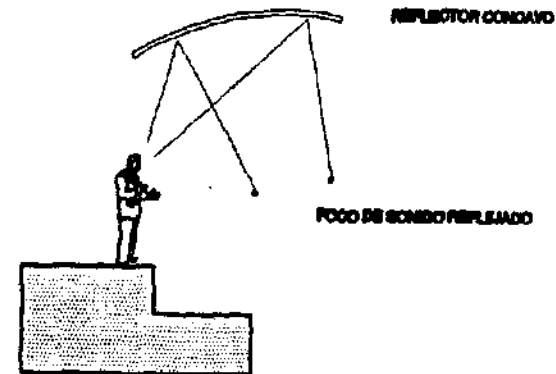


Fig. 31. Reflector cóncavo.

2. Reflector en placa (flat):

Es un elemento de superficie dura y plana; si es lo suficientemente largo y se orienta apropiadamente, puede ser un buen distribuidor de sonido reflejado. El reflector que se muestra abajo está ligeramente inclinado para proyectar la energía hacia la parte posterior de un auditorio.

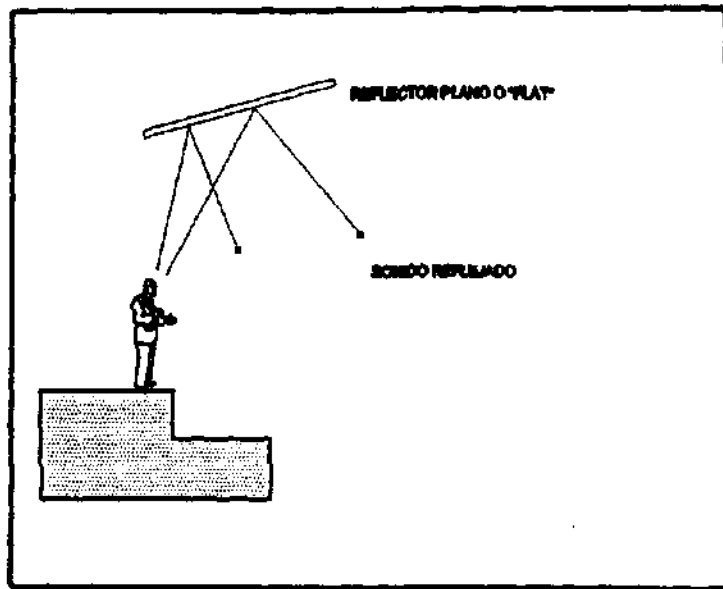


Fig. 32. Reflector de placa (flat).

3. Reflector convexo:

Es una superficie de material duro que si es suficientemente largo puede ser el mejor distribuidor de sonido, ya que la energía de sonido reflejado en una superficie convexa diverge aumentando su difusión, la cual es deseable para escuchar música. Además las superficies convexas reflejan sonidos de una mayor variedad de frecuencias, tanto altas como bajas.



Fig. 33. Centro para la ejecución de las Artes, Anchorage, Alaska.

*Egan, David, "Architectural Acoustics, McGraw-Hill, North Carolina, 1988.

Fórmula de sonido directo y reflejado:

Esta fórmula se utiliza para conocer la diferencia del sonido que llega directo del origen a la audiencia y el sonido reflejado de la cubierta superior, y los resultados se comparan con el cuadro para determinar las condiciones de audición.

La fórmula es:

$$\text{Patrón de diferencia} = (f1 + f2) - fd$$

donde: $f1$ y $f2$ son las distancias del sonido reflejado
 fd es la distancia del sonido directo.

Patrón de diferencia

menor a 7
7 a 10.50
10.50 a 15.50
15.50 a 20.00
Mayor a 21

Condiciones de audición.

Excelente para música/habla
Buena para ambos.
Apenas buen margen.
Insatisfactorio.
Pobre (mucho eco).

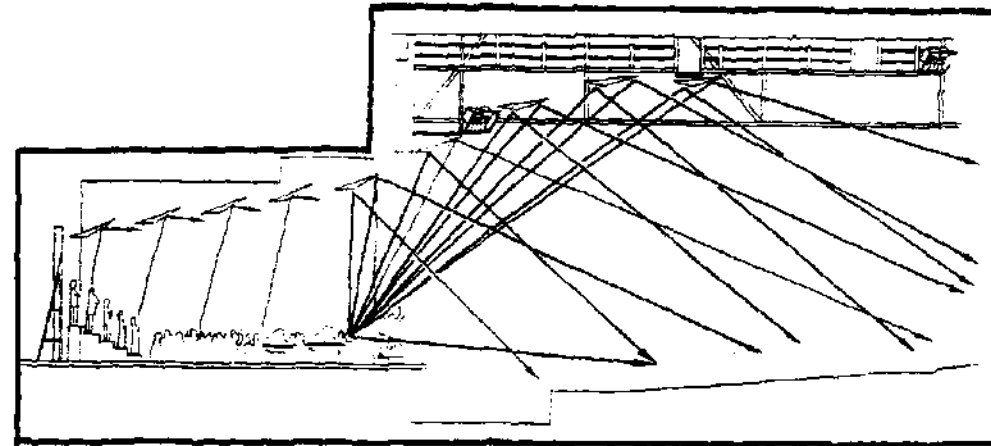
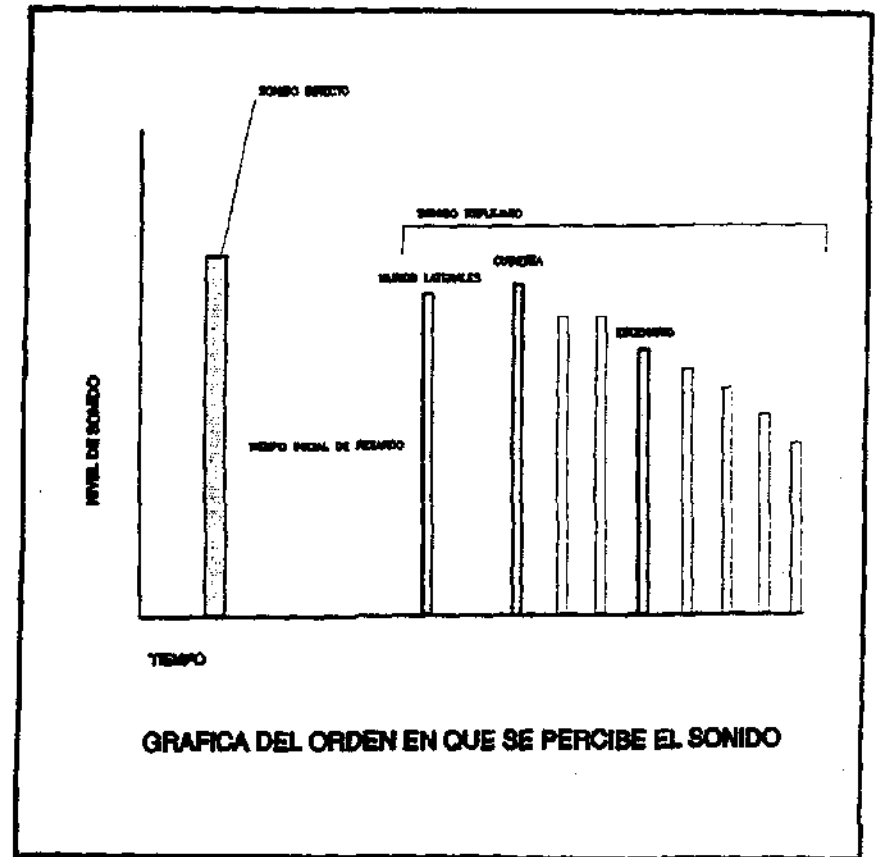


Fig. 34. Pabellón "J. Ralph Corbett, Cincinnati, Ohio.

Patrones de sonido en auditorios:

“Los espectadores en un auditorio escuchan primero el sonido directo, después, las reflexiones que vienen de los muros, cubierta y la caja del escenario” (4). Los niveles y el tiempo en llegar a la audiencia se indican en las barras de la gráfica siguiente:



*Fuente: L.L. Beranek, Acoustics and architecture, Nueva York, 1962, p.27.

Fig. 35. Gráfica de percepción del sonido.

Tratamiento para el control de ecos en el muro posterior.

A continuación se muestran tres posibles soluciones para controlar los ecos en los muros posteriores:

1. Material absorbente.
2. Superficie difusora de sonido.
3. Superficie inclinada para dirigir el sonido hacia un absorbente.

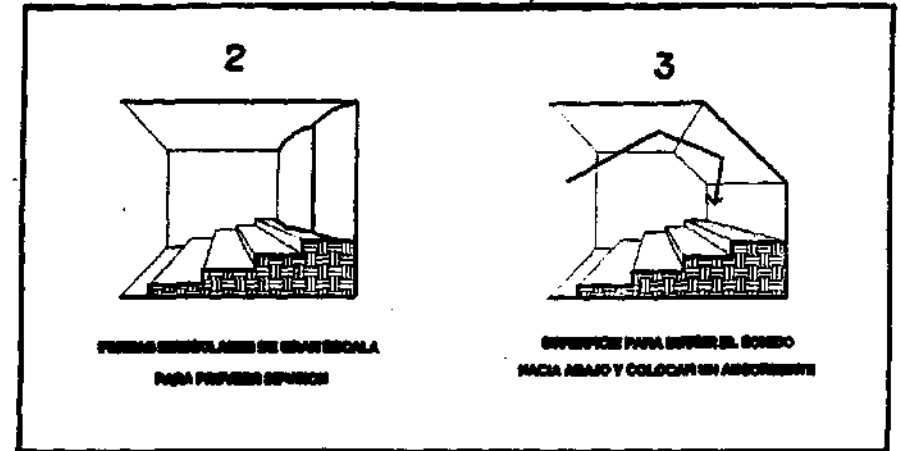
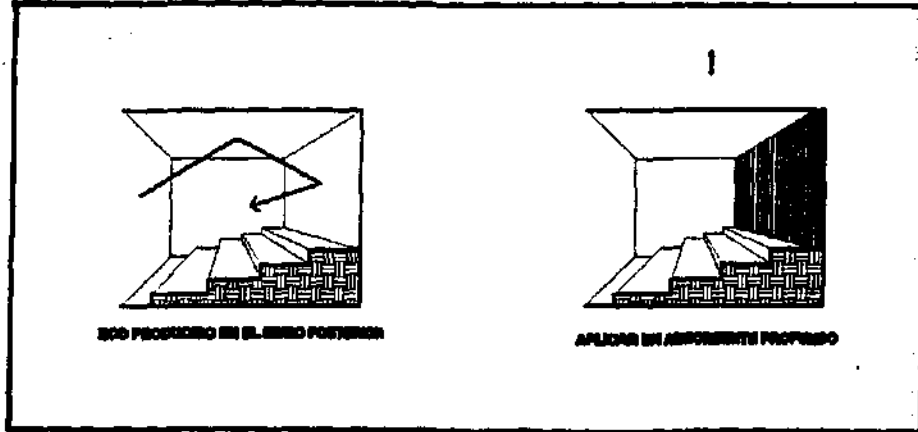


Fig. 36 Tratamiento de muros posteriores.

Algunas formas de los auditorios:

*Forma rectangular: La línea interior indica la mejor orientación para un cuarto de lectura.

*Forma escalonada: Alterna elementos de los muros paralelos laterales para proveer reflexiones hacia la audiencia en salas de música.

*Forma escalonada no paralela: Los muros laterales reflejan el sonido hacia la audiencia para definición de la música en la parte de atrás.

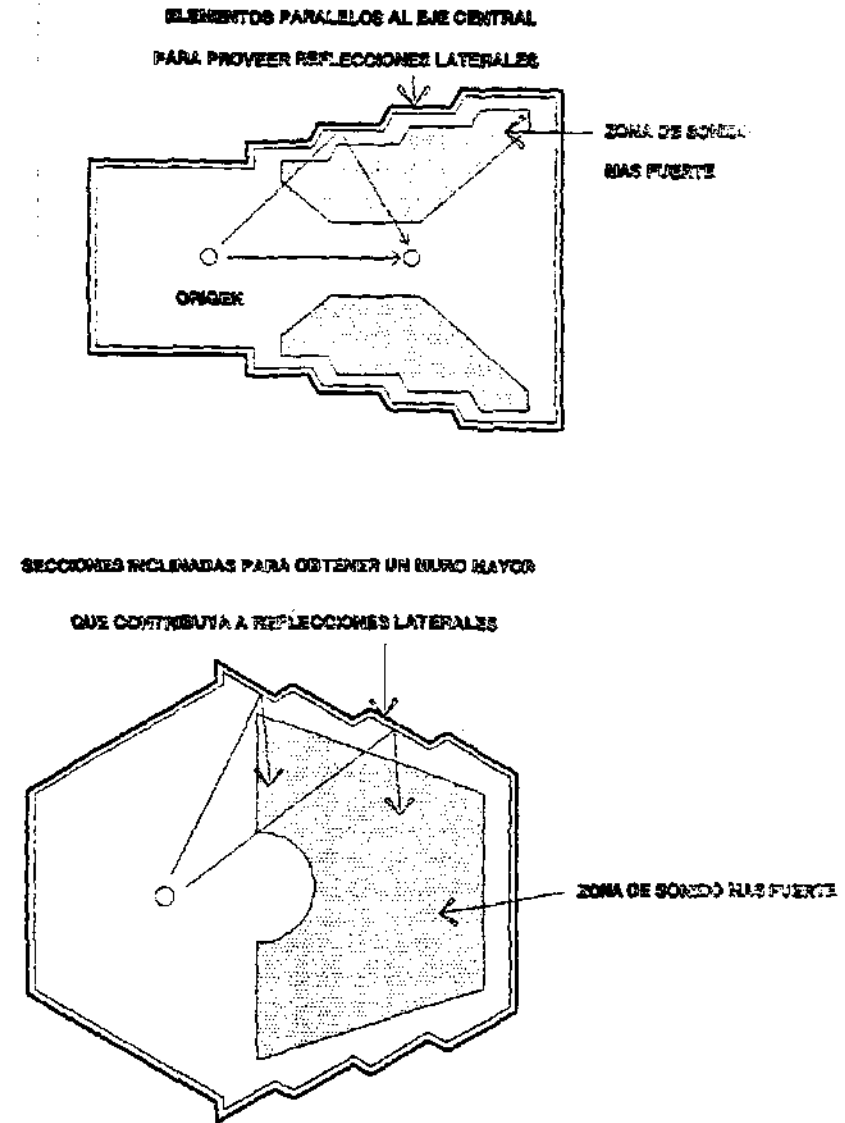
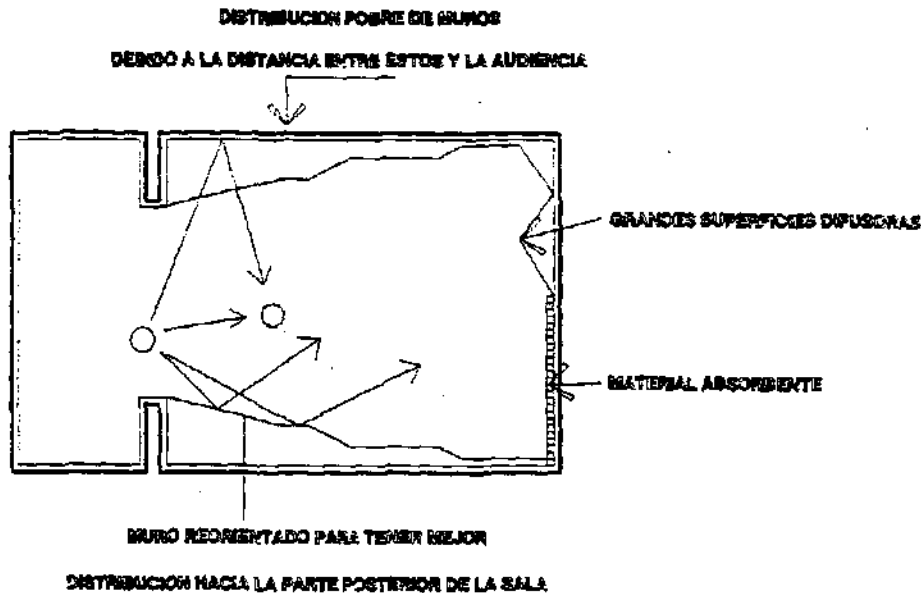


Fig. 37. Diferentes formas de auditorios.

Conclusiones para auditorios de usos múltiples:

1. **SITIO:** Seleccionar un lugar tranquilo lejano de carreteras, autopistas, aeropuertos, patrones de vuelo y fábricas ruidosas.

2. **USO DEL ESPACIO:** Los multiusos incluyen: lectura, drama, recitales instrumentales y música sinfónica. Consecuentemente, se requiere de un sistema de refuerzo de sonido.

3. **DISTRIBUCIÓN INTERIOR:** Use corredores, bodegas y otros espacios que protejan al auditorio del ruido; por lo que se evitará al máximo ubicar cuartos para ensayos, equipos mecánicos, talleres y otros espacios ruidosos. El auditorio debe estar completamente cerrado, es decir, todas las puertas deben ser sólidas, pesadas, y libres de pasos de aire al estar cerradas.

4. **VOLUMEN:** “El volumen por asiento debe ser de 7 a 8.80 m³. por persona” (5). La forma preliminar debe estar basada en las consideraciones visuales, los asientos para la audiencia deben tener una buena línea visual que se recomienda con una inclinación mayor a los 7 grados.

5. **REVERBERACIÓN:** El tiempo de reverberación debe ser de 1.4 a 1.9 seg. a frecuencias medias (500-1000 Hz), 1.3 a 125Hz y 0.8 a 4000 Hz.

TECHO Ó CUBIERTA:

Use materiales reflejantes de sonido como el concreto, placas de madera ó placas de tabla-roca. Sin embargo, si requiere control de reverberación, el perímetro a lo largo de ambos lados y en la parte posterior pueden ser materiales absorbentes ó use un patrón ajedrezado consistente en alternar las áreas de los materiales absorbentes y materiales reflejantes.

MUROS LATERALES:

Use reflejantes y difusores lo más irregulares posible. Para absorción de sonido variable monte cortinas o banderas a lo largo de la parte posterior de los muros laterales ó paneles reflejantes suspendidos en la parte superior.

MURO POSTERIOR:

“Use superficies difusoras irregulares de gran escala, pero si ésto no es posible, coloque un absorbente de gran espesor para controlar el eco” (6).

PISO:

Se recomienda el uso de alfombra siempre que sea posible, es decir, que las actividades del auditorio lo permitan. Es recomendable aislar el piso excepto en el frente del escenario y en el área de los asientos.

ASIENTOS:

Use Asientos tapizados, nunca de metal ó de plástico. La absorción del asiento contribuye a tener condiciones de reverberación estables, así, esta reverberación será siempre la misma cuando el auditorio esté lleno ó parcialmente ocupado.

RUIDO DE FONDO:

El ruido de fondo debe ser más bajo que el de las ejecuciones. El sistema de aire acondicionado se diseñará para que no exceda los criterios de ruido. Se controlará en el sistema de aire acondicionado la velocidad del mismo y se usarán absorbentes de sonido interno en los ductos. También se debe prevenir la transmisión del ruido en los sistemas de retorno de aire.

FOSO DE LA ORQUESTA:

Cuando los auditorios tienen foso para la orquesta, éstos deben tener de 4.00 a 4.80 m². por músico con una cortina absorbente movable a lo largo del muro posterior enfrente del director para controlar el ruido dentro del foso.

SISTEMA DE REFUERZO DE SONIDO:

Colocarlo en un espacio central justo arriba y ligeramente enfrente del escenario para acomodar un grupo de bocinas. Asegúrese de que la audiencia tenga una línea visual hacia las bocinas de alta frecuencia del racimo. Localice la consola de control del sistema al centro en el área de la audiencia. Una alternativa para ésto es ubicarla en la parte posterior del auditorio dentro de un cuarto separado.

*Fuente: Egan, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p. 126, 1988.

EJEMPLOS DE VOLUMEN INTERIOR VARIABLE SEGÚN EL USO DEL AUDITORIO:

A continuación se muestran tres ejemplos de auditorios donde el volumen puede ser variado para controlar la reverberación con patrones de reflexión de sonido. Los tiempos de reverberación requeridos para drama (menor a 1 seg.) y música sinfónica (mayor a 1.8 seg.) necesitan de cambios radicales en el volumen lo cual corresponde a cambios en la capacidad de los asientos. En los siguientes ejemplos, la capacidad varía de más de 3000 a menos de 1000.

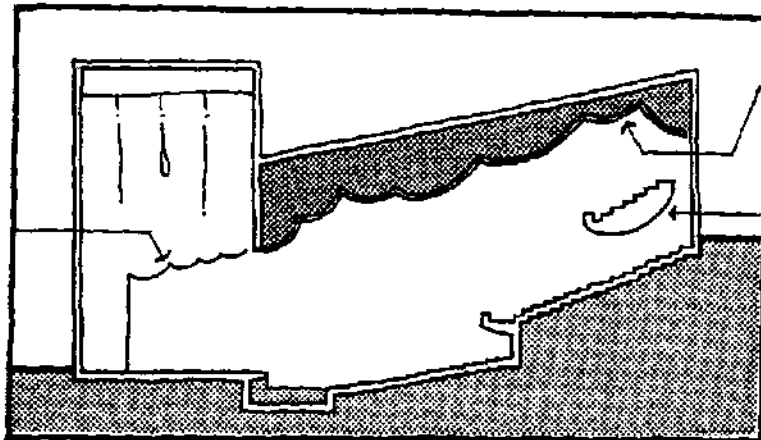
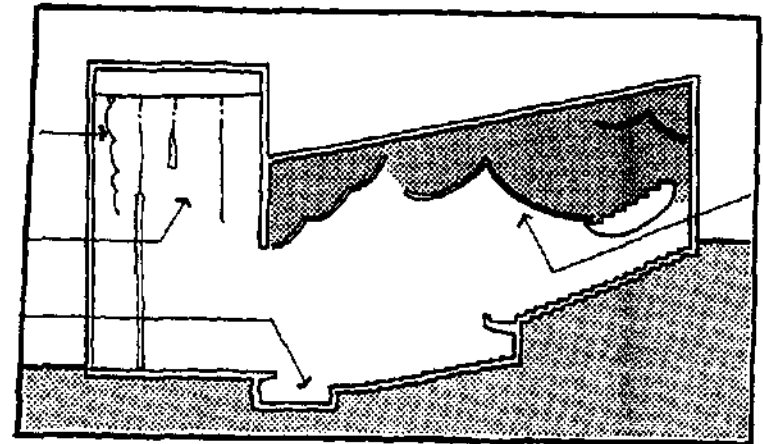
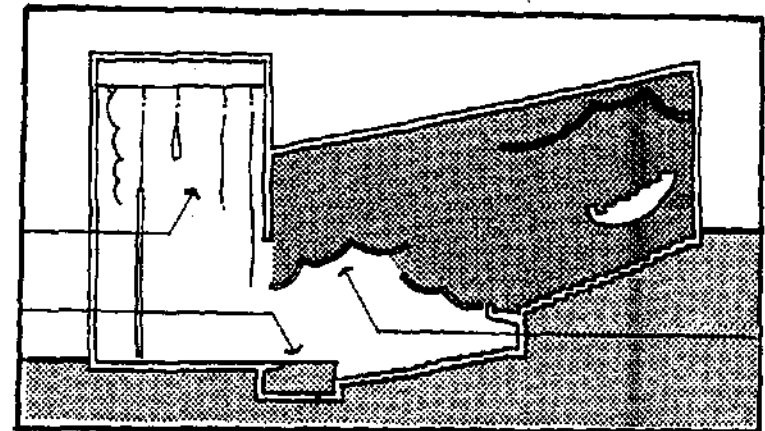


Fig. 38. Sala de conciertos (3000 asientos).



Ópera (2300 asientos).



Teatro (900 asientos)

*Fuente: Egan, David, *Architectural acoustics*, McGraw-Hill, North Carolina, p. 136, 1988.

PANELES REFLEJANTES PARA EL ESCENARIO:

Estos paneles suspendidos al frente del escenario reflejan la energía hacia la audiencia y reduce el alargamiento de sonido. Estos paneles se extienden desde la orquesta al auditorio. Esta extensión puede realzar el sonido directo y también puede reflejar la energía de sonido desde el pit de la orquesta. Las aberturas entre los paneles permiten el flujo de sonido hacia arriba lo que contribuye a la reverberación con bajas frecuencias.

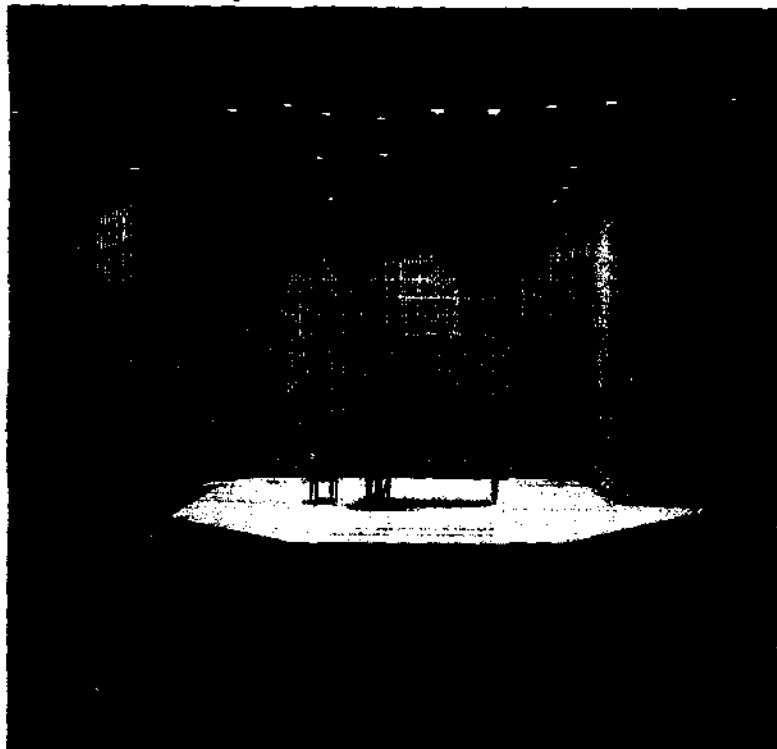


Fig. 39 Centro Cultural, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. De México.

CONCLUSIONES DEL TRATAMIENTO ACÚSTICO EN SALAS PARA CONCIERTO:

Cuando los auditorios son usados principalmente para ejecuciones musicales el diseño de la sala debe permitir:

- *Un nivel de sonido satisfactorio.
- *Buena definición de la música.
- *Claridad.
- *Óptima reverberación.
- *Balance apropiado.

1. Tiempo de reverberación: Cuando la sala está ocupada debe ser de 1.6 a 2.4 seg. para ópera, sinfónica, órgano y música coral.
2. Para música sinfónica, las salas rectangulares deben tener una relación largo-ancho (L/A) menor a dos para producir reflexiones laterales fuertes. En las salas la primera reflexión debe provenir del plafond, produciendo sonidos similares en ambos oídos.
3. Para salas de concierto, "el volumen por asistente debe ser de 11 m³." (7). Para salas de concierto y ópera, a frecuencias medias el nivel de sonido debe ser de 52 a 58 dB. Para percepción de la música el nivel puede ser de 90 dB en un "fortissimo", pero los niveles preferidos son menores a 80 dB.
4. Las salas deben tener superficies difusoras como cofres ó pilastras de gran escala en muros laterales, en balcones, en techos, en muros del escenario, etc., así, la audiencia percibe el sonido reflejado de muchas direcciones.

5. Otros factores importantes que afectan la acústica en las salas incluyen aspectos psicológicos tales como:

*Color (muchos directores de orquesta prefieren interiores blancos y dorados a interiores azules).

*Madera (los músicos creen que la madera es esencial en las salas de concierto).

*Asientos: (proveer una buena línea visual y asientos confortables).

*Referencia de audiencia con otras salas (la cual se establece por criterios personales).

*Cambio de ambientes auditivos (los vestíbulos "muertos" tienden a crear la impresión de solemnidad cuando el público entra a un espacio de mayor reverberación).

*Espacios amenos (el color verde aumenta la moral de los ejecutantes).

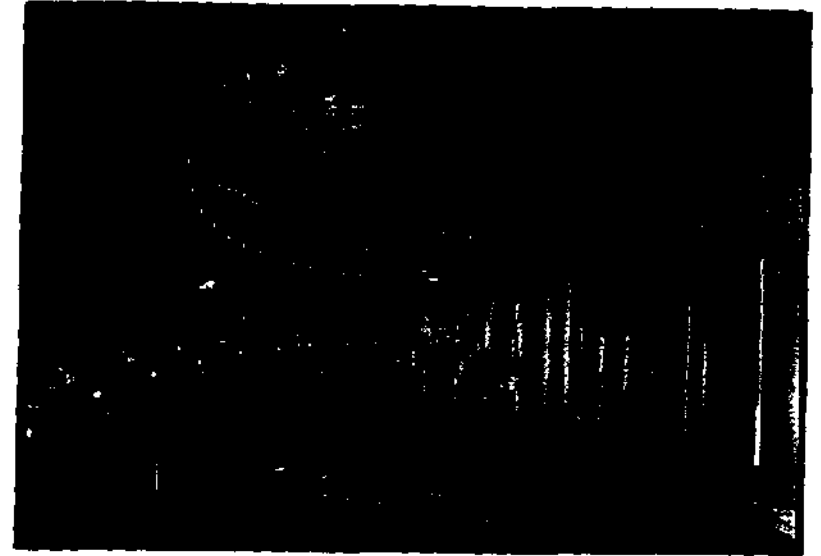


Fig. 40 Teatro Wortham, Houston, Texas.

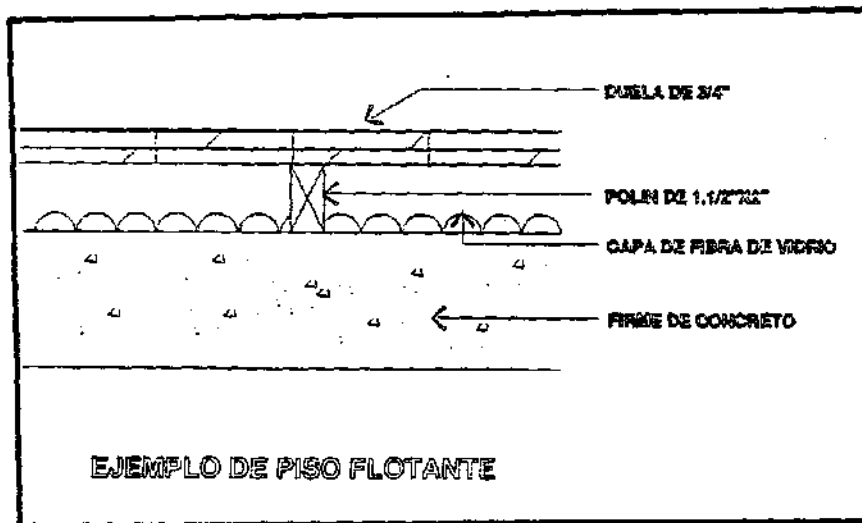
*Fuente: Egan, David, Architectural acoustics, McGraw-Hill, North Carolina, p. 155-159, 1988.



Fig. 41 Sala de Conciertos Nezahualcōyotl, Cd. de México.

AISLAMIENTO DEL RUIDO CON PISOS FLOTANTES:

La figura de abajo muestra la unión de la madera con el concreto. Para prevenir pisos "chillantes" en construcciones de madera, asegúrese que los clavos estén espaciados apropiadamente y que la madera esté sellada.



*Fuente: R. D. Berend et al. "Quieting: a practical guide to noise control", U. S. National Bureau of Standards, NBS handbook, 1976.

ASILAMIENTO DEL RUIDO EN LAS PUERTAS:

1. Use madera sólida ó fibra de relleno en puertas de lámina tipo refrigerador así como sellado magnético.
2. El sellado debe ajustarse a los movimientos térmicos y de la estructura, así como a otros factores que causan desalineamiento de puertas.
3. Se debe ajustar cuidadosamente para que al cerrar, la presión sea uniforme a todo lo largo del perímetro de la puerta; se puede usar un estetoscopio para detectar transmisión de sonido con la ayuda de una bocina en el lado opuesto de la puerta.
4. Use vestíbulos para encerrar el sonido, éstos estarán cubiertos en muros y cubierta por material absorbente.

*Fuente: Egan, David, Architectural acoustics, McGraw-Hill, North Carolina. p. 221, 1988.

EL SISTEMA ELECTRÓNICO DE SONIDO:

Elementos básicos:

El sistema de refuerzo de sonido se coloca cuando el sonido natural no es suficiente. Para buena inteligibilidad del habla, la señal directa de las bocinas a la audiencia debe ser satisfactoria y libre de distorsión. Debe ser mayor que el ruido de los espacios exteriores ó de los sistemas mecánicos. Los tipos básicos de estos sistemas son:

1. Central (un racimo de bocinas localizadas arriba del origen del sonido).
2. Distribuido (sucesión de bocinas localizadas arriba de la audiencia).
3. Integrado a los asientos (bocinas localizadas en los respaldos de los aientos).
4. Combinación de estos sistemas.

*Fuente: Egan, David, Architectural acoustics, McGraw-Hill. North Carolina, p. 356 y 357, 1988.

SISTEMA CENTRAL DE BOCINAS:

El sistema central se localiza generalmente de 6 a 12 m. arriba y ligeramente al frente del origen del sonido. El racimo puede estar cubierto ó expuesto; "este sistema provee más realismo porque la audiencia puede escuchar el sonido amplificado de la dirección del origen" (8). Ésto es porque el oído humano identifica mejor los sonido en un plano horizontal que en un plano vertical. Sin embargo el sonido amplificado de un sistema central debe ser direccional para concentrarlo a la audiencia, la cual absorbe sonido, no dirigirlo hacia el piso muro o cubiertas; de este forma, el sonido de refuerzo puede proveer alta inteligibilidad por el incremento de la energía de sonido directo que por sonido reverberante.



Fig. 44 Centro Internacional James L. Knight, Miami, Florida.

*Fuente: D. H. Kaye, "The sound amplification system for mechanics hall".
Technology and conservation, 1980.

SISTEMA DE BOCINAS DISTRIBUIDAS:

Este sistema consiste en una sucesión de bocinas usualmente localizadas en la cubierta. Cada bocina genera un nivel bajo de sonido amplificado a un área pequeña. Este sistema se usa cuando la altura del techo es inadecuada para un sistema central, cuando no toda la audiencia tiene línea visual con un racimo central, cuando el realismo del sonido direccional no es importante ó cuando la ubicación del origen varía.

El sistema distribuido trabaja mejor cuando el techo y/o el piso son absorbentes. Para uniformidad, el espacio entre bocinas debe calcularse por medio de la siguiente fórmula:

$1.4(H-4)$ para audiencia sentada.

Donde H es la altura de la sala en pies.

“Las bocinas usadas en este sistema son generalmente de 8” de diámetro ó mayores para mejor respuesta de bajos; “tweeters” ó bocinas para agudos de 3” de diámetro ó bocinas de 4” para un rango más amplio de frecuencias.”(9)

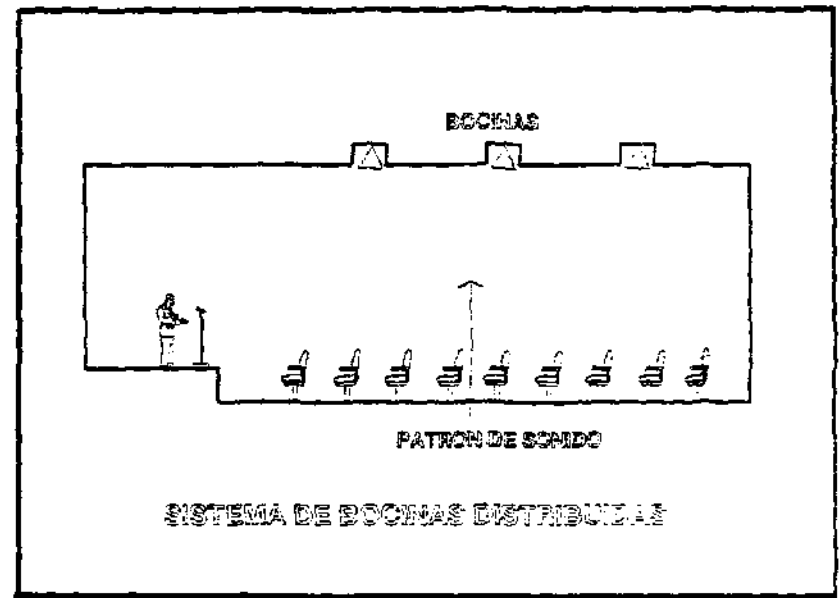


Fig. 45. Bocinas distribuidas.

*Fuente: Egan, David, Architectural acoustics, McGraw-Hill, North Carolina, p. 365, 1988.

ESPACIO ENTRE BOCINAS PARA SISTEMAS DISTRIBUIDOS:

La separación "S" para una dispersión uniforme se encuentra por las siguientes fórmulas:

$$S=1.4(H-4) \quad \text{para audiencia sentada.}$$

$$S=1.4(H-6) \quad \text{para audiencia parada.}$$

donde:

S=espacio entre bocinas (en pies)

H=altura de piso a techo (en pies)

COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REFUERZO DE SONIDO:

El tipo de sistema, la instalación y el costo relativo de los refuerzos de sonido se muestran a continuación:

SISTEMA	REALISMO DIRECCIONAL	VISIBILIDAD DE BOCINAS	COSTO RELATIVO
Racimo central	Excelente	Alto ó medio	Bajo
Sist. Distribuido	Pobre	Bajo	De bajo a moderado
En las columnas	Justo	Medio	Moderado a alto
Integrado a asientos	Pobre	Bajo	Alto

*Fuente: R, Sinclair, " The design of distributed sound systems from uniformity of coverage and other sound-field considerations", Journal of the audio engineering society, 1982.

CONCLUSIONES PARA LA EFECTIVIDAD DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS:

1. Un buen diseño del sistema debe aumentar la transmisión natural del sonido desde el origen a la audiencia.
2. Por la experiencia de conferenciantes, los espacios con más de 500 asientos requieren de un sistema de refuerzo, los espacios con 500 a 1000 asientos siempre necesitarán de un sistema de sonido dependiendo del uso del espacio; ya con más de 1000 asientos es probable que necesiten de un sistema de sonido pues no siempre será necesario.
3. El tipo de refuerzo preferido es siempre el sistema central que se localiza arriba del origen y provee alta inteligibilidad del sonido y también es el sistema más natural.
4. El otro tipo de refuerzo es el sistema distribuido, en donde un gran número de bocinas, cada una emitiendo nivel bajo de sonido para un área pequeña, son ubicados en la parte superior. Este sistema se debe usar en auditorios donde la altura de la cubierta es inadecuada para un sistema central, cuando la audiencia no tiene una línea visual a un racimo de este tipo ó cuando el origen cambia de lugar constantemente.
5. Localizar micrófonos fuera del patrón de las bocinas para evitar que el sonido se distorsione.



Fig. 46. Auditorio Nacional, Cd. De México.

*Fuente: Egan, David, Architectural acoustics, McGraw-Hill, North Carolina, p. 386, 1988.

Bibliografía citada del capítulo.

- (1). EGAN apud BARTEL en "Effect to absorber geometry on apparence absortion coefficients as measured in a reverberation chamber", 1981.
- (2). EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, 1988.
- (3). ibidem, p. 117.
- (4). L.L. Beranek, "Acoustics and architecture", Nueva York, p. 27, 1962.
- (5). EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p. 126, 1988.
- (6). id.
- (7). EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p.159, 1988.
- (8). EGAN apud KAYE en "The sound amplification system for mechanics hall", Technology and conservation, 1980.
- (9). EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p. 365, 1988.

PROYECTO ACUSTICO

PROYECTO ACUSTICO

PROYECTO ACUSTICO

PROYECTO ACUSTICO

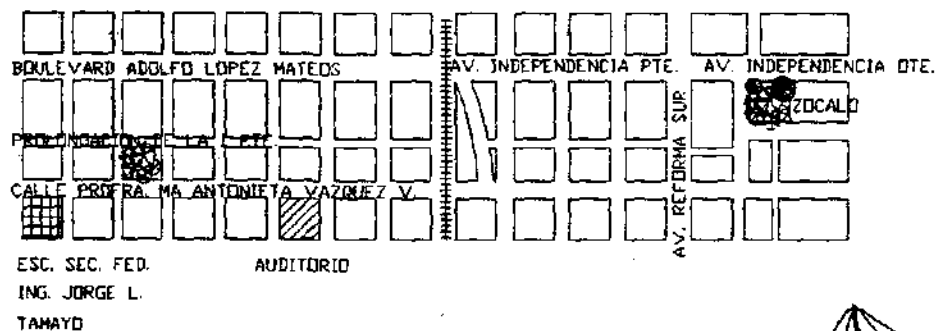
PROYECTO ACUSTICO

PROYECTO ACUSTICO

PROYECTO ACUSTICO

Localización del auditorio.

El auditorio "Profra. Ma. Antonieta Vázquez Vázquez" perteneciente a la Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo, se localiza en la ciudad de Tehuacán, estado de Puebla, sobre el Boulevard Ma. Antonieta Vázquez Vázquez, antes prolongación de la 3 poniente, fraccionamiento Arcadia, ubicado al sur-poniente de la ciudad.



LOCALIZACION

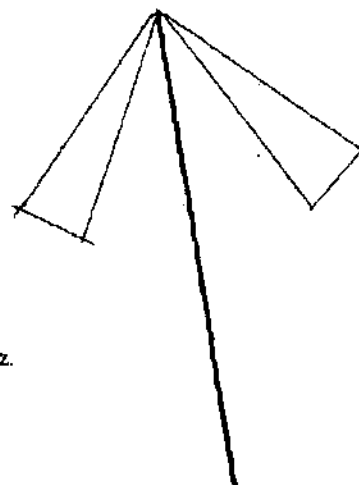


Fig. 47 Localización del Auditorio Ma. Antonieta Vázquez Vázquez.

Actividades dentro del auditorio.

Debido a las necesidades de la institución, así como a la concepción arquitectónica inicial, este auditorio está destinado a diferentes actividades, ya que se pensó en un recinto que permitiera albergar a la comunidad estudiantil de la institución y poder llevar a cabo eventos bajo techo, de las cuales se desprenden las siguientes :

Obras de teatro.

Conciertos de cámara.

Conciertos sinfónicos.

Eventos cívico/sociales.

**Eventos deportivos
(basquet bol y voli bol)**

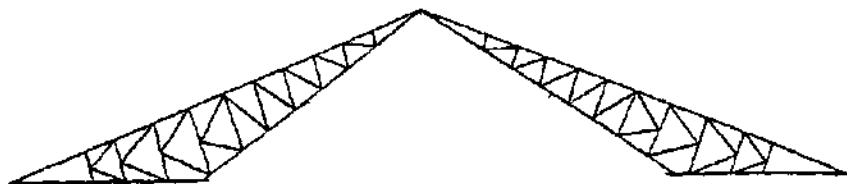
De las actividades arriba citadas no existe un plan de porcentajes de uso para cada una, debido a que la institución alquila el recinto para llevar a cabo actividades ajenas a la misma, lo que hace impredecible tales porcentajes.

Para el caso de un concierto con orquesta sinfónica, el estrado tiene una capacidad aproximada para albergar a 80 músicos.

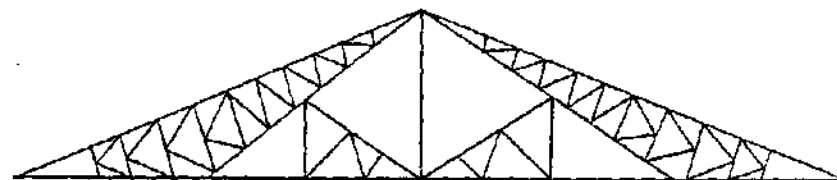
El estrado carece de caja de tramoya que permite adaptarlo espacialmente al evento que se vaya a realizar, ya que un concierto de solista o de cámara requiere de un espacio diferente al de un concierto sinfónico o una obra de teatro.

Estudio estructural de la cubierta.

La cubierta del auditorio es de tipo metálica con siete estructuras en su eje longitudinal las cuales, basándose en el cálculo eran de este tipo :



Pero finalmente por ser visualmente muy esbeltas, se “reforzaron” con algunos elementos al centro para quedar como se muestra :



Cada una de estas estructuras pesa aproximadamente 3 toneladas, pero para efectos del estudio acústico, se tendrá que hacer una revisión para la soporteria de iluminación, pasos de gato, plafones acústicos, etc.; la lámina para cubierta es de procedencia venezolana llamada CINDURI y tiene 7 m. de longitud, la cual consta de dos láminas muy delgadas de aluminio y una capa intermedia de asfalto, lo que reduce considerablemente el sonido provocado por la lluvia.

Fig. 48 Estructuras tipo del Auditorio (diseñada y estado actual).

Energía eléctrica.

La iluminación con que cuenta en este momento el auditorio es provisional y no es de tipo teatral la cual es exclusiva para destacar los eventos, sino solamente para hacerlo funcional.

Cuenta con 9 lámparas de 150 W=1,350 W
18 lámparas de 410 W=7,380 W

El inmueble no cuenta con planta de luz e incluso el tablero que en este momento está instalado es provisional y se encuentra junto a la puerta de emergencia izquierda.

Aire acondicionado.

Se tienen contempladas las instalaciones y ductería para el aire acondicionado, pero por el momento no existe, así que será tratado en una propuesta posterior tomando en cuenta la importancia de la inyección de aire silenciosa.

Cuarto de máquinas y cabinas.

Esta área se ubica frente al estrado, atrás de las gradas, la cual está destinada para el control de sonido e iluminación de los diferentes eventos a realizar. Tendrá un área aproximada de 30 m². Tanto para la consola de sonido como para los controles de iluminación, la cual se conectará visualmente con el estrado por medio de una ventana.

Area de butacas.

El área de espectadores está rodeada por muros de tabique rojo repellido con mortero de cemento-cal-arena y en la parte superior tiene la cubierta metálica ya antes mencionada; el piso es de firme de concreto sin pintura.

El área ocupada por el público en la cancha es de 585 m².

El área en la primera sección de gradas es de 338 m².

El área en la segunda sección de gradas es de 338 m².

Lo anterior da un total de 1,261 m². de área ocupada por el público.

Servicios anteriores o detrás del escenario.

Se tiene acceso a estos servicios tanto por el escenario como por el estacionamiento; éste último cuenta con una puerta más ancha con el fin de descargar con facilidad utilerias o instrumentos.

Los servicios con que cuenta el edificio son los siguientes:

Oficinas
Cuarto de ensayo
Vestidores
Bodega



Fig. 49 Exterior de los servicios anteriores al escenario.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ACÚSTICO.

Para definir la propuesta del auditorio es conveniente aclarar que el proyecto arquitectónico y supervisión fueron encargados al Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello, por lo que el estudio de acústica se basó en el edificio ya existente, así que se tuvo que adaptar al volumen, áreas, materiales y formas del mismo.

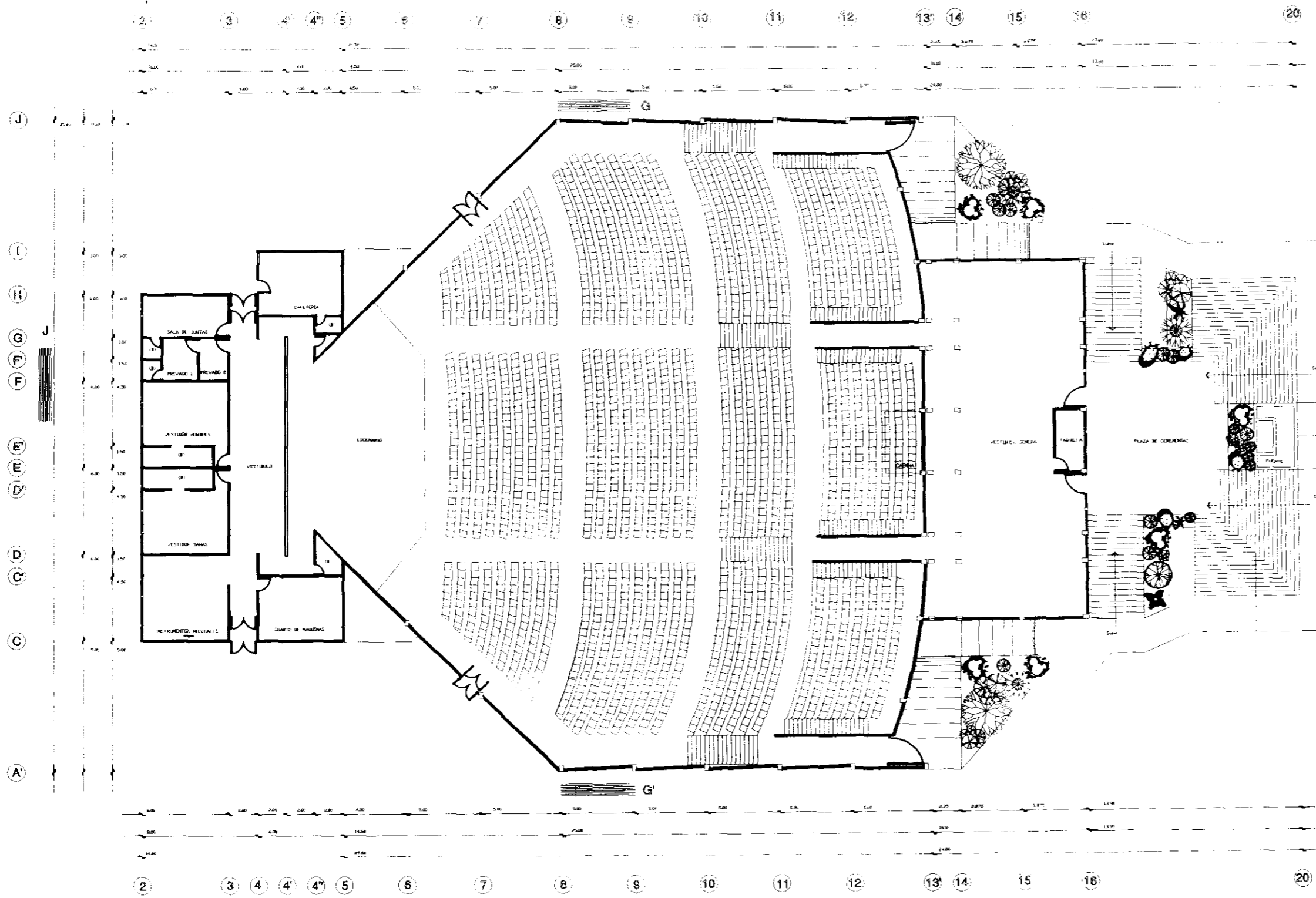
1. VOLUMEN DEL AUDITORIO.

Conocer el volumen interior del auditorio nos permite determinar el tiempo de reverberación óptimo según sea su uso, es decir, los tiempos de reverberación no son los mismos para un teatro, un salón de conferencias o una sala de conciertos, que han sido determinados por estudios de investigadores como: Sabine, Beranek ó Egan (consultar bibliografía), los cuales son aceptados por diferentes autores de la materia.

Así, tenemos que el auditorio tiene un volumen interior de 19,500 m³. para lo cual el siguiente cuadro muestra tiempos de reverberación de diferentes autores tomando en cuenta un promedio con respecto a su uso:

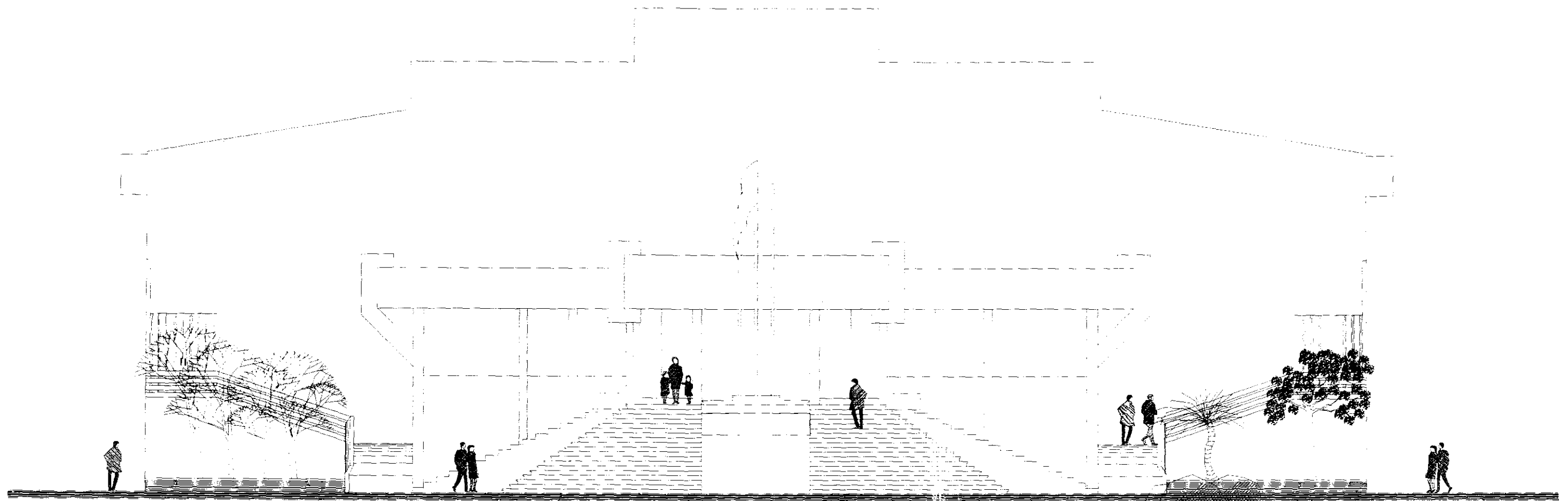
AUTOR	TIEMPO DE REVERBERACIÓN ÓPTIMO
KNUDSEN V. O.	1.6-1.8
MERRICK GAY	1.8
LYLE F. Y.	1.8

Por lo anterior podemos concluir que el tiempo de reverberación óptimo para el auditorio es de 1.6 a 1.8 segundos, recordando que en el estudio del mapa acústico con decibelímetro arrojó tiempos de 5 ó 6 segundos.

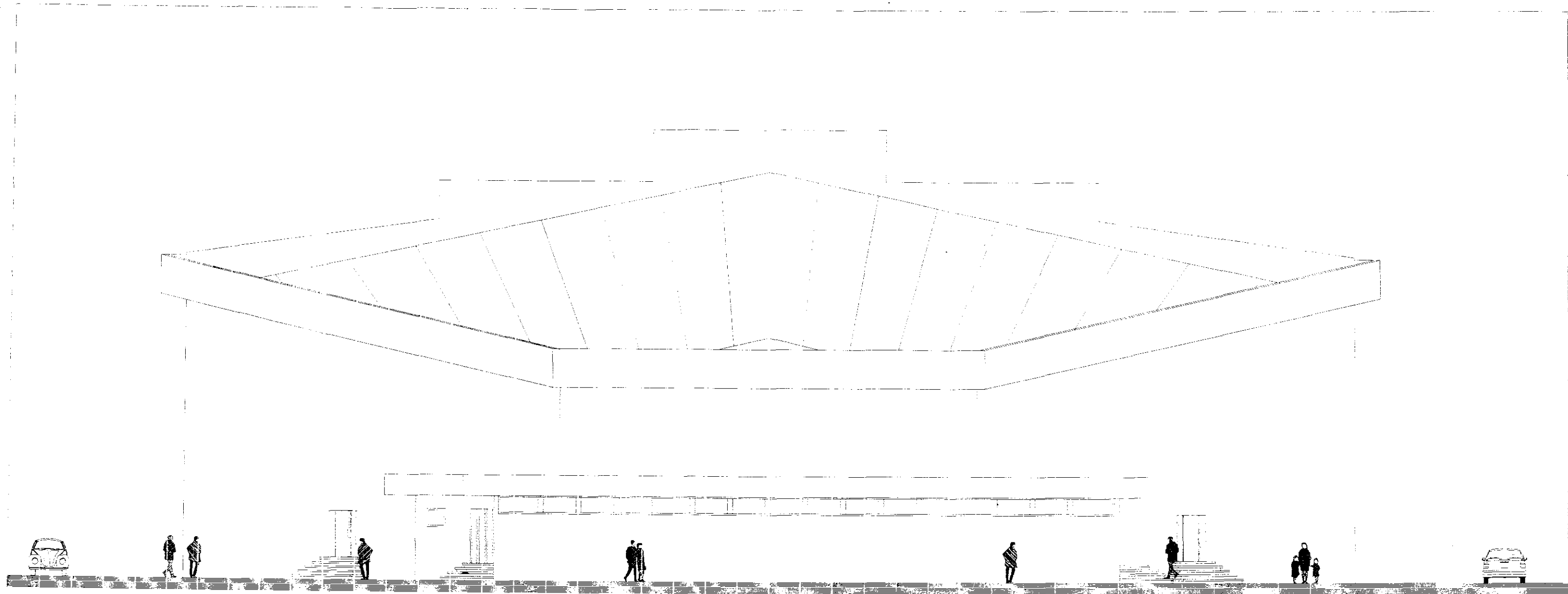


	PROYECTO	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO			
	PLANO DE	PLANTA ARQUITECTONICA			
	PROPIETARIO	Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo			
	UBICACION	BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN PUE.			
	PROYECTO ARQUITECTONICO	Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello	TITULO DE AUTORIA	Genaro I. Carrillo Guerrero	
				FECHA	Julio 97

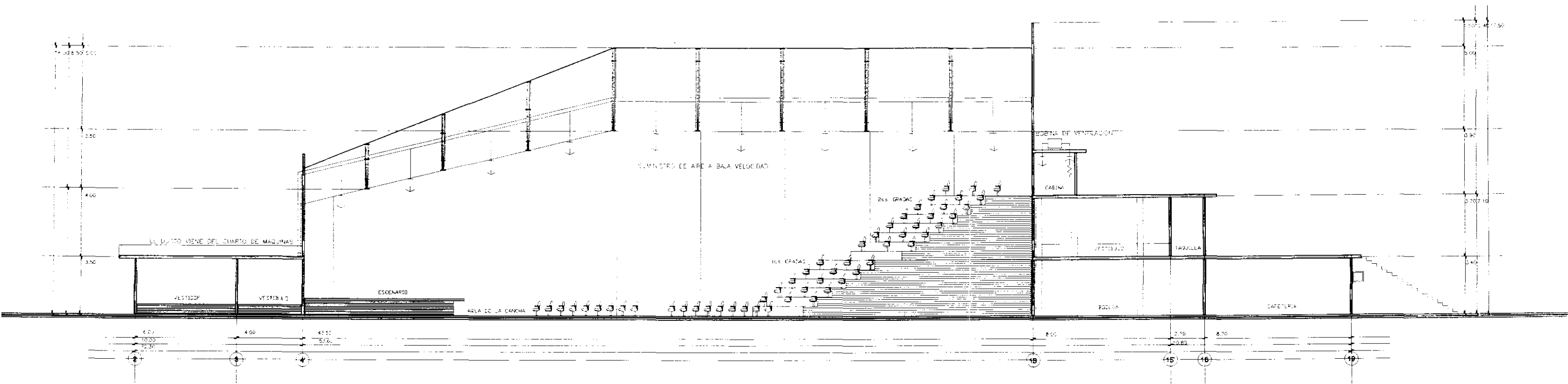
NOTA: PARA LA COLOCACION DE LOS MATERIALES ACUSTICOS EN LA CUBIERTA, ASI COMO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION TEATRAL, SE TIENEN QUE REVISAR LA ESTRUCTURA, QUE EN CASO DE SER NECESARIO SE REFORCE.



	PROYECTO:	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO	
	PLANO DEL:	ALICATA CENTRAL	
	PROPIETARIO:	Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo	
	UBICACION:	BOULEVARD MA. ANTONETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TETIQUAN PUE.	
PROYECTO ARQUITECTO:	Ing. Arq. Renato Altamirano Cueflo	TRABAJO DE ACUSTICA:	Jesaro I. Carrillo Guerrero
		FECHA:	Julio 97



	PROYECTO:	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO			
	PLANO DEL:	ALFARO POSTERIOR			
	PROPIETARIO:	Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo			
	UBICACION:	BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN PUE.			
PROYECTO ANTERIOR UNICO:	ING. ARQ. Renato Abarrinero Cuello	TRABAJO DE ACUSTICA:	Jenaro I. Carrillo Guerrero	FECHA:	Julio 97



SECCION J-J'

	PROYECTO: TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO
	PLANO DE: SECCIONES
	PROPIETARIO: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN PUE.
	PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello

TITULO DE ACUSTICA: Jenaro I. Carrillo Guerrero	FECHA: Julio 97
---	---------------------------

2. MOBILIARIO.

Se tienen contemplados para el auditorio, tanto en gradas como a nivel de la cancha, asientos de tipo C.A.P.F.C.E., los cuales ocupan un área efectiva de 500 m^2 . (sin contar el área de pasillos); por lo que retomando la lista de materiales y sus coeficientes de absorción de Merrick Gay Charles, tenemos que este tipo de sillas cuenta con un coeficiente de absorción de 0.014 por m^2 ., lo que significa que las unidades de absorción de los asientos es de 7 ($500 \times 0.014 = 7$).

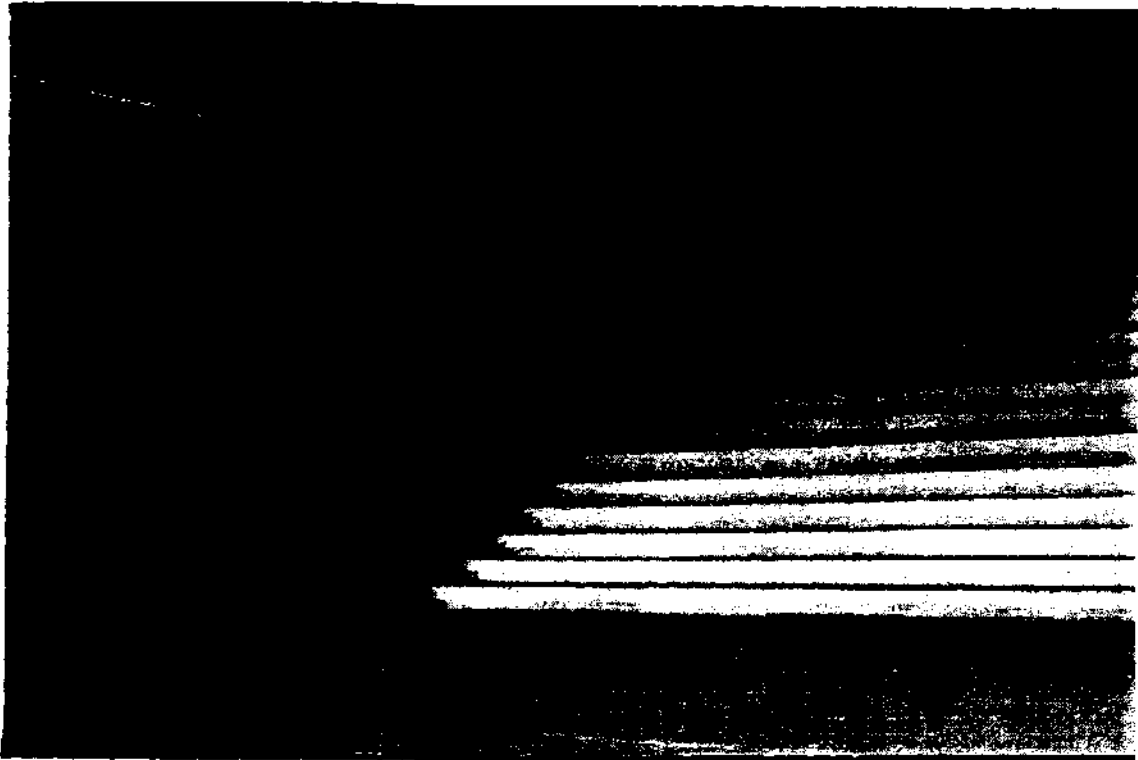


Fig. 50. Interior del auditorio (vista hacia las gradas).

PROYECTO DE AIRE ACONDICIONADO.

Dentro de un auditorio los espacios se clasifican en:

1. Críticos de sonido.
2. No críticos de sonido.

En donde los críticos de sonido se consideran: el escenario, los cuartos de control ó cabinas y las salas de ensayo.

Los espacios no críticos de sonido son: el vestíbulo, así como los espacios de circulación pública, los vestidores y las oficinas administrativas.

El escenario y el cuarto o cuartos de control deben tener de acuerdo a la tabla anterior un CR (criterio de ruido) de 20 que para una distancia de más de 100 pies desde la unidad de aire acondicionado a la última salida, el suministro y retiro de aire debe ser de 1000 pies/min. con una tolerancia de ± 25 pies/min.

Para los cuartos de ensayo se recomienda un CR 30, que significa un suministro de 1200 pies/min. y retiro de 1400 pies/min. para una distancia de 21 a 30 p. entre la unidad de aire acondicionado y las terminales.

Los espacios no críticos pueden tener sus criterios de ruido como sigue:

Vestíbulo, espacios de circulación pública y vestidores:

CR 30-35

Oficinas administrativas:

CR 35-40

Pautas de velocidad del aire para el para el control de ruido en un sistema de enfriamiento dentro de un auditorio.

Máxima velocidad del aire (en pies por minuto) del aparato de salida:

CRITERIO DE RUIDO.	ATRAVÉS DEL APAR. DE SALIDA	DESDE EL APAR. A 10 PIES	11 a 20 p	21 a 30 p	31 a 50 p	51 a 100 p
Sum. CR-15	250	300	350	425	600	800
Ret. CR-15	300	350	425	500	600	800
Sum. CR-20	300	350	425	550	800	1000
Ret. CR-20	350	425	500	650	800	1000
Sum. CR-25	350	425	550	700	1000	1200
Ret. CR-25	425	500	650	800	1000	1200
Sum. CR-30	425	500	700	800	1200	1500
Ret. CR-30	500	600	800	1000	1400	1800
Sum. CR-35	500	600	800	1000	1400	1800
Ret. CR-35	600	700	900	1150	1400	1800
Sum. CR-40	600	700	900	1250	1600	2000
Ret. CR-40	700	800	1000	1400	1600	2000

Nota: existe una tolerancia de +/- 25 pies por minuto en cada velocidad arriba mencionada.

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE AIRE ACONDICIONADO.

1. Los cuartos de máquinas en donde se colocarán las unidades de aire acondicionado, bombas, calentadores, etc. deben situarse lejos de los espacios críticos ya que de lo contrario será más compleja la intervención y construcción de sistemas que eviten la transmisión del sonido.
2. Resulta desfavorable ubicar abanicos en la cubierta de los espacios críticos de sonido, ya que seguramente se generará mucho ruido en el interior.
3. El proyectar "zonas de amortiguación" como corredores ó bodegas entre el cuarto de máquinas y los espacios críticos pueden ser una opción para la disminución de transmisión de ruido.
4. En el caso del auditorio Ma. Antonieta Vázquez Vázquez, la cubierta del escenario es ligera y como en su caso, se debe evitar extender la cubierta al cuarto de máquinas ya que la vibración provocada por el ruido viaja fácilmente através de la construcción ligera y se radiará dentro del espacio.
5. Las puertas del cuarto de máquinas deben conectarse con áreas no críticas del edificio donde posiblemente sea necesario colocar selladuras acústicas. De la misma manera, las tomas de aire fresco y descarga de aire de extracción no deberán conectarse a áreas críticas exteriores donde el ruido pueda entrar al edificio por medio de ventanas, puertas o ventilas.
6. Los muros y las losas del cuarto de máquinas deben mantenerse herméticos y colocar juntas donde el block o tabique se unan con el concreto.

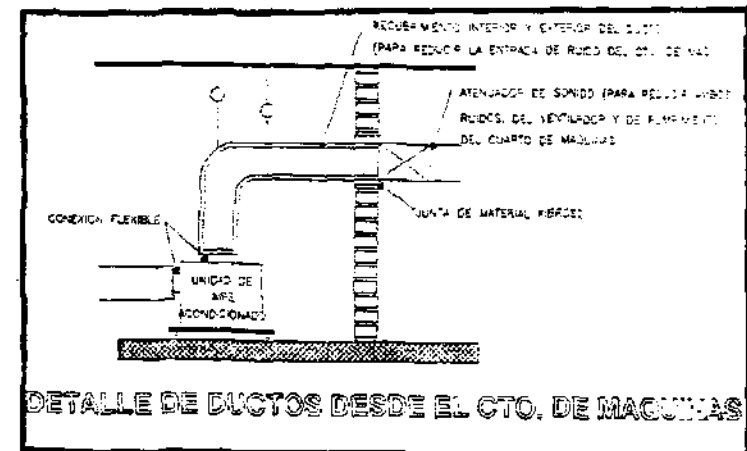
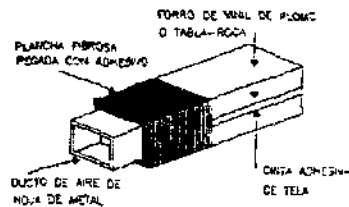


Fig. 51 Ductos y cuarto de máquinas.

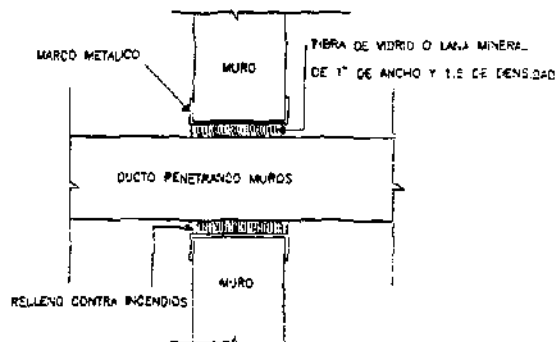
INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.

1. Los ductos de ventilación no deben entrar a espacios críticos de *sonido inmediatamente después de dejar el cuarto de máquinas y obviamente después de que el ruido del ducto ha sido atenuado, el ducto no deberá entrar a áreas de ruido.*

2. Si no es posible lo anterior, se puede mejorar usando ductos circulares con aislamiento de doble muro o bien, envolver los ductos rectangulares con materiales aislantes de sonido como se muestra en la figura siguiente:



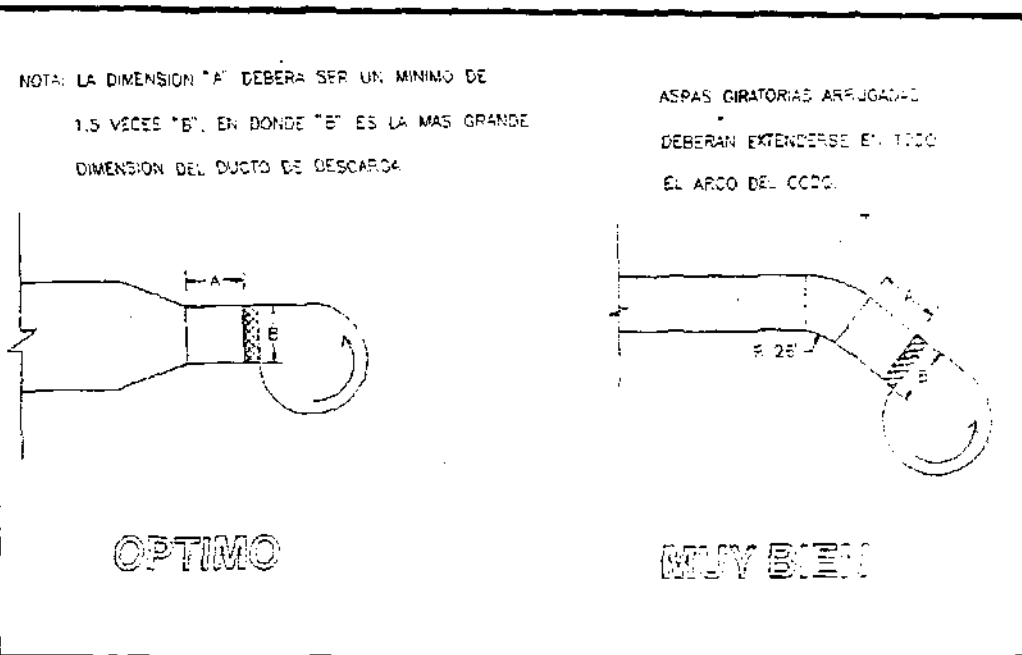
REVESTIMIENTO DE DUCTOS



TRATAMIENTO DE MUROS

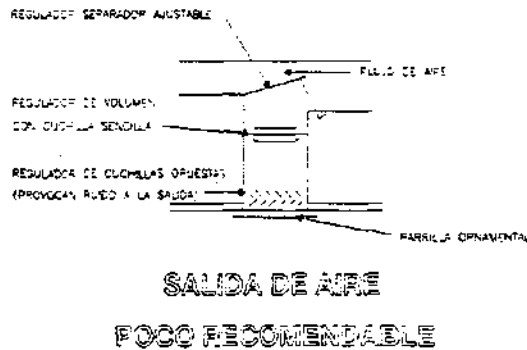
3. Todos los ductos de suministro, retorno, extracción y recirculación se deberán conectar a los ventiladores con mangas flexibles a una distancia de 4 plg. entre metal y metal.

4. VENTILADORES: Los ventiladores que se recomiendan para aplicaciones silenciosas son los centrifugales de fabricación clase 1 con cuchillas aerodinámicas inclinadas hacia atrás; es importante saber que un ventilador operando al 80% de eficiencia será 10 ó 12 dB más silencioso que cuando opera al 40%.



5. SILENCIADORES: Deberán ubicarse lejos de entradas y salidas de la terminal; no se colocarán en las salidas o entradas de los ventiladores o a dos anchos de ducto ó menos de cualquier doblez; se recomienda ubicar silenciadores inmediatamente después de que los ductos salgan del cuarto de máquinas.

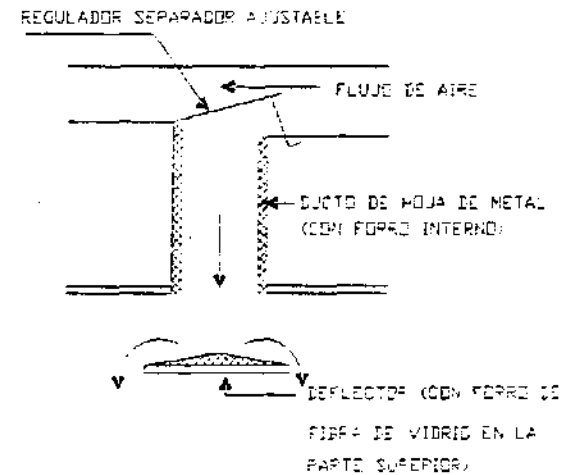
Los silenciadores rectangulares son disponibles en largos de 3, 5, 7 y 10 plg., las unidades redondas son disponibles con radios de uno ó dos largo-a-diámetro.



6. Los sistemas de suministro y retorno de aire a los espacios críticos de sonido deben ser de baja velocidad, ya que el aire turbulento es ruidoso y la turbulencia se incrementa considerablemente al aumentar la velocidad del flujo de aire.

Generalmente se recomienda que la velocidad en los ductos de tronco o generales sea de 1000 ppm. ó menos; en los ductos principales de espacios críticos de sonido 700 ppm. ó menos; y en los ductos llegando a difusores y rejillas 400 ppm. ó menos.

Debido a que las velocidades deseadas para un sistema silencioso (CR 15-20) son tan bajas que los difusores de aire no cumplirían su función, así que lo mejor es omitirlos y simplemente inyectar el aire desde grandes ductos en el plafond hacia el espacio crítico tal y como se indica en el detalle:



SALIDA DE AIRE RECOMENDABLE

* Fuente: "Pautas para el diseño conceptual del control de ruido y vibración mecánica" de Jaffe Holden Scarbrough Acoustics, inc., Norwalk, Ct, 1992.

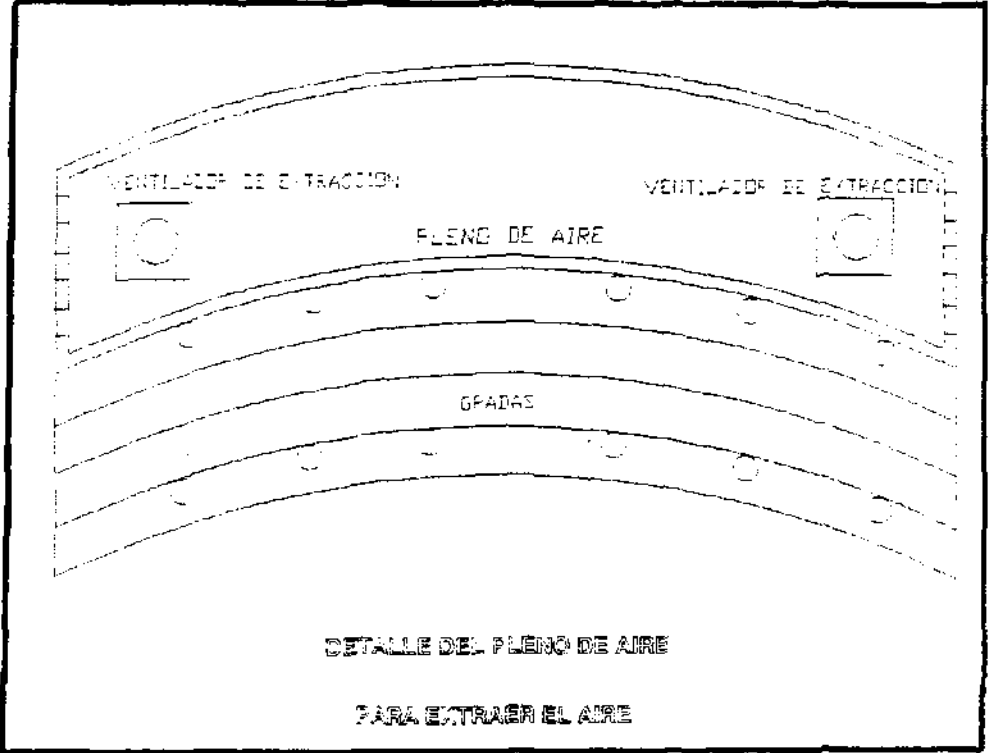


Fig. 54 Pleno de aire para extracción.

MATERIALES PROPUESTOS PARA EL PROYECTO ACÚSTICO DEL AUDITORIO:

controlar más el tiempo de reverberación, las cuales se colocan arriba de los plafones junto a las estructuras, que al estar corridas absorben más sonido y si se plegan se puede obtener mayor reverberación.

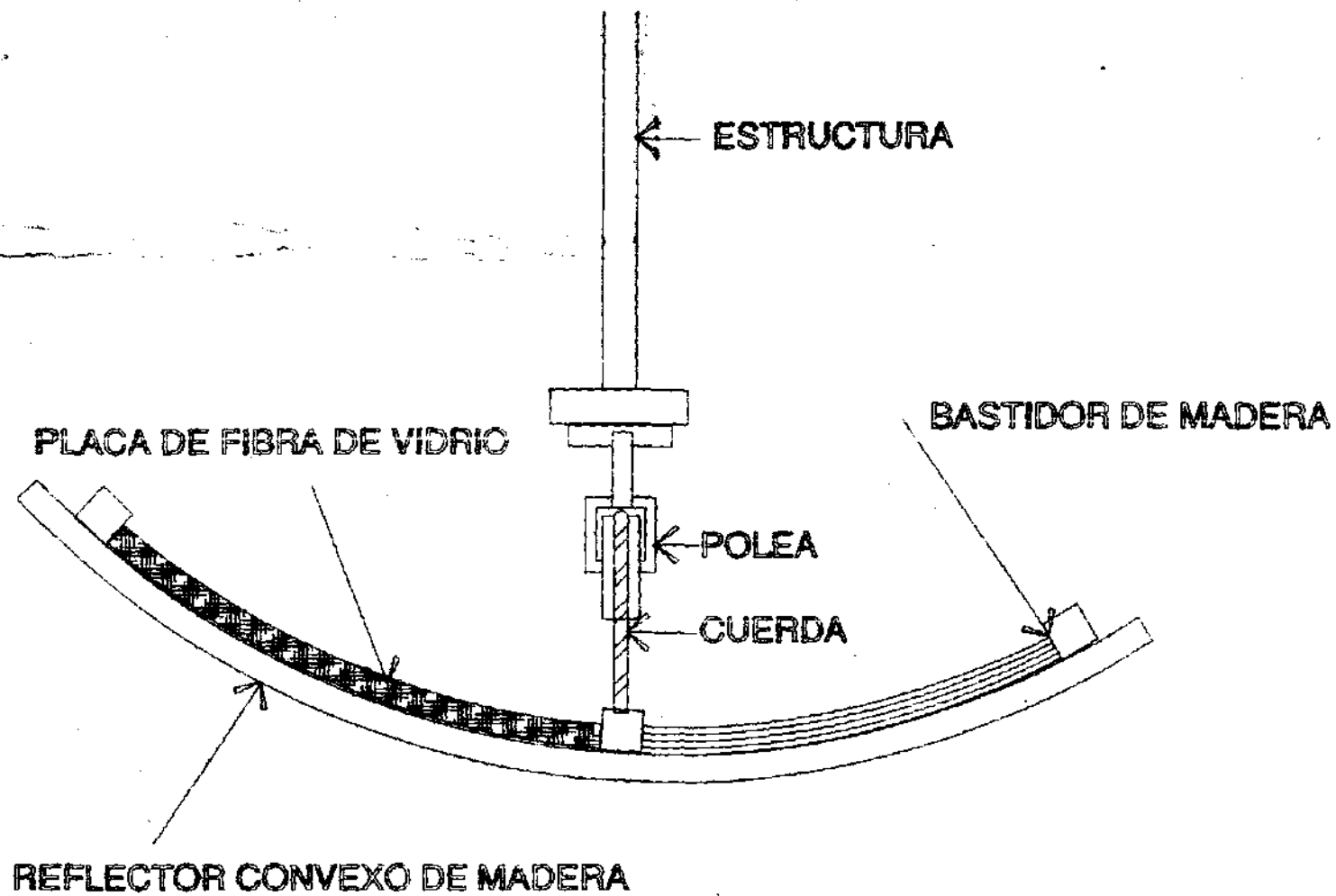
La cubierta:

El auditorio "Profra. Ma. Antonieta Vásquez Vásquez" está destinado a usos múltiples, es decir: a presentación de música *sinfónica, música de cámara, teatro, conferencias y eventos deportivos* entre otros; lo que significa que usar un sólo volumen interior para todos los eventos sería tener mucha reverberación en una obra de teatro ó por el contrario, poca reverberación para un concierto sinfónico, así que para poder adaptar a cada producción el mejor ambiente, se propone utilizar superficies convexas movibles en la parte superior.

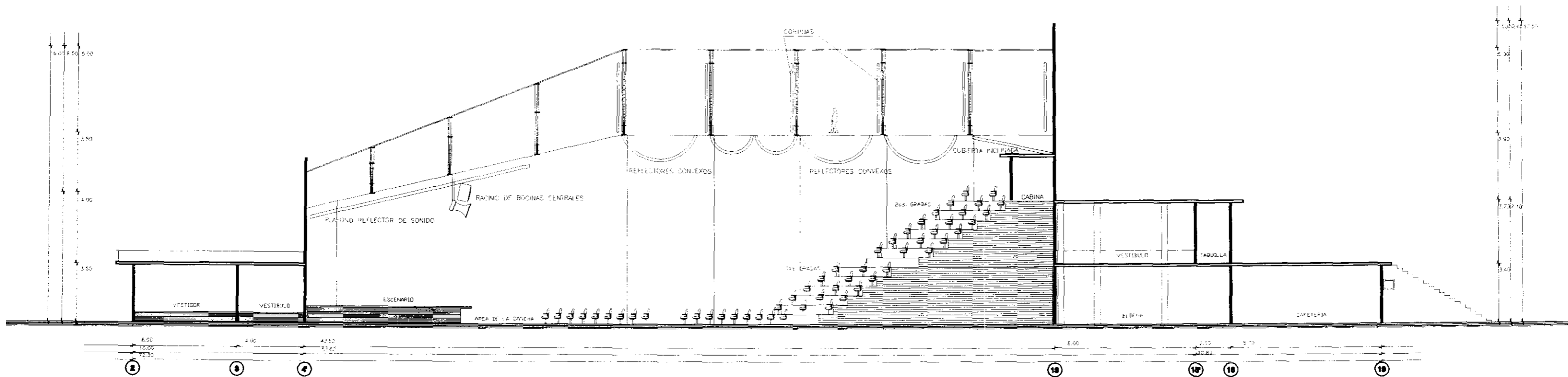
Se recomienda que estos elementos sean de madera ya que ésta es buena reflejante de sonido y la curvatura permite difundir el sonido a diferentes puntos no permitiendo que existan focos acústicos (concentración de rayos acústicos en un punto). Para obtener tiempos de reverberación óptimos en cada evento los plafones serán movibles manualmente con poleas y cuerdas con el fin de que los productores tengan libertad de colocarlos como mejor les convenga.

Además, estas placas convexas deben tener por la parte superior fibra de vidrio ó algodón laminado en un espesor de 12 cm. para que el sonido que rebote en la lámina superior se detenga ahí.

También se pueden usar cortinas corredizas con el fin de

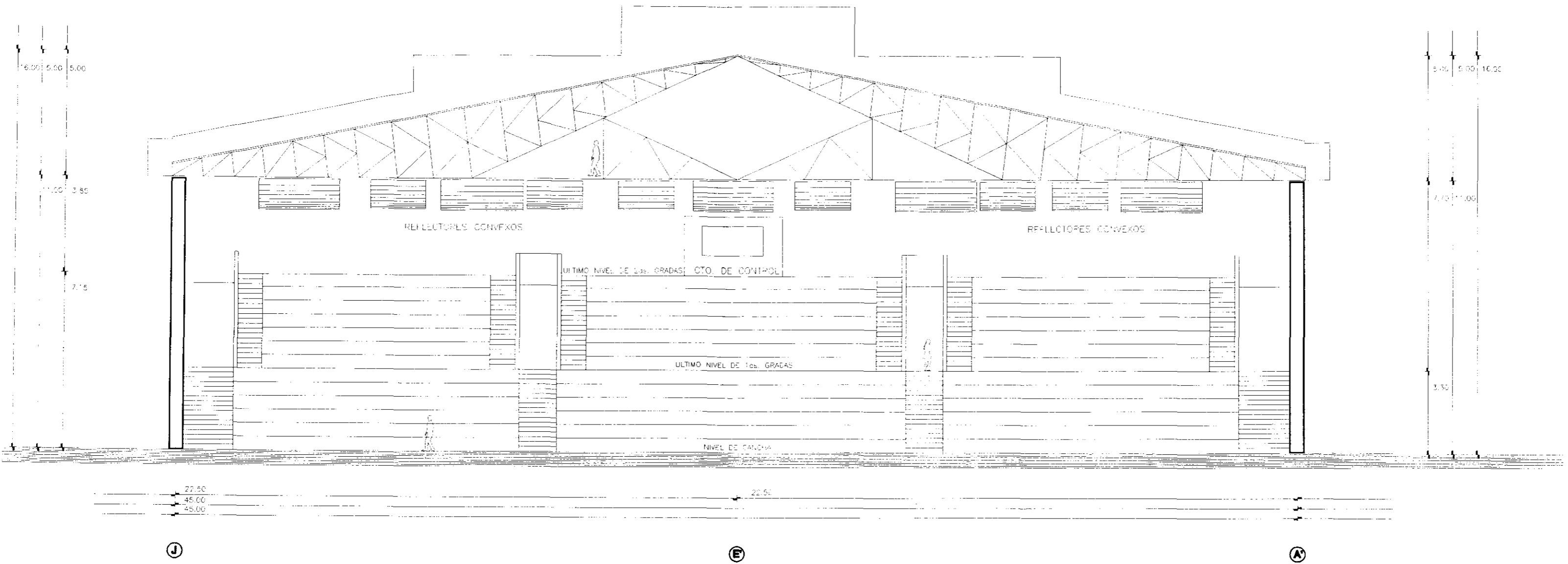


DETALLE DE DIFUSORES CONVEXOS.



SECCION J-J

	PROYECTO: TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO
	PLANO DE: SECCIONES
	PROPIETARIO: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARGADIA, TEHUACAN FUE.
	PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello TITULO DE ACUSTICA: Jena'o I. Carrillo Guerrero FECHA: julio 97



SECCION G-G'

	PROYECTO: TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO
	PLANO DE: SECCIONES
	PROPIETARIO: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN FUE.
	PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Fieneto Alzmirano Cuello TRABAJO DE ACUSTICA: Jenaro I. Carrillo Guerrero FECHA: julio 87

Muro posterior:

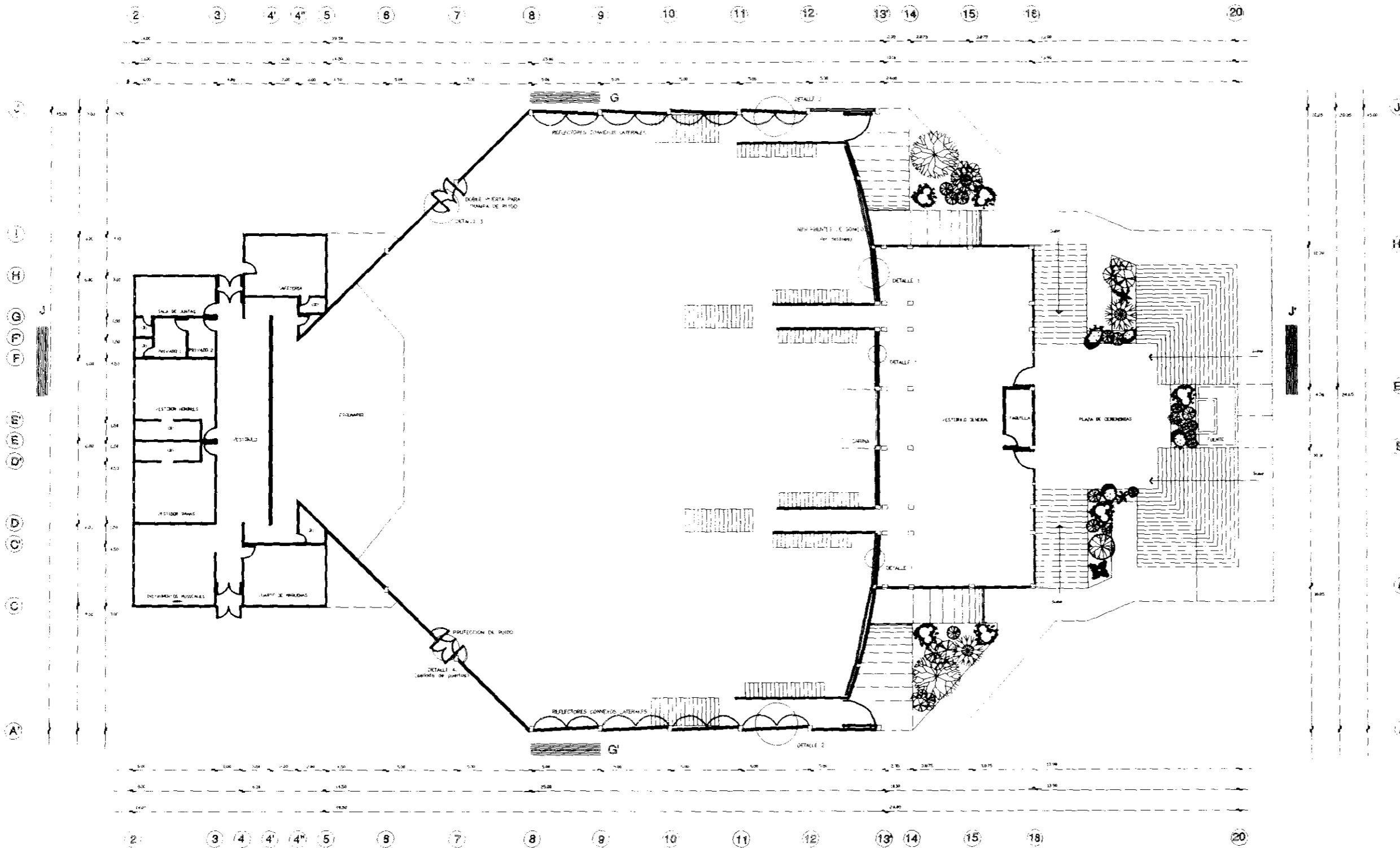
Para el muro posterior se propone intercalar superficies reflejantes de sonido con superficies absorbentes forradas con tela (ver detalle 1). Las superficies reflejantes constan de canales metálicos separados del muro con tiras de neopreno para evitar transmisión de vibraciones, estos canales metálicos sirven para fijar dos hojas de tabla-roca. Entre el muro y la tabla-roca queda un espacio de aire que debe rellenarse con material absorbente como placas de fibra de vidrio.

Las superficies absorbentes se fijan al muro directamente y constan de placas de fibra de vidrio forradas con tela. Las placas de estos materiales tendrán 1.20 m. De ancho.

Muros laterales:

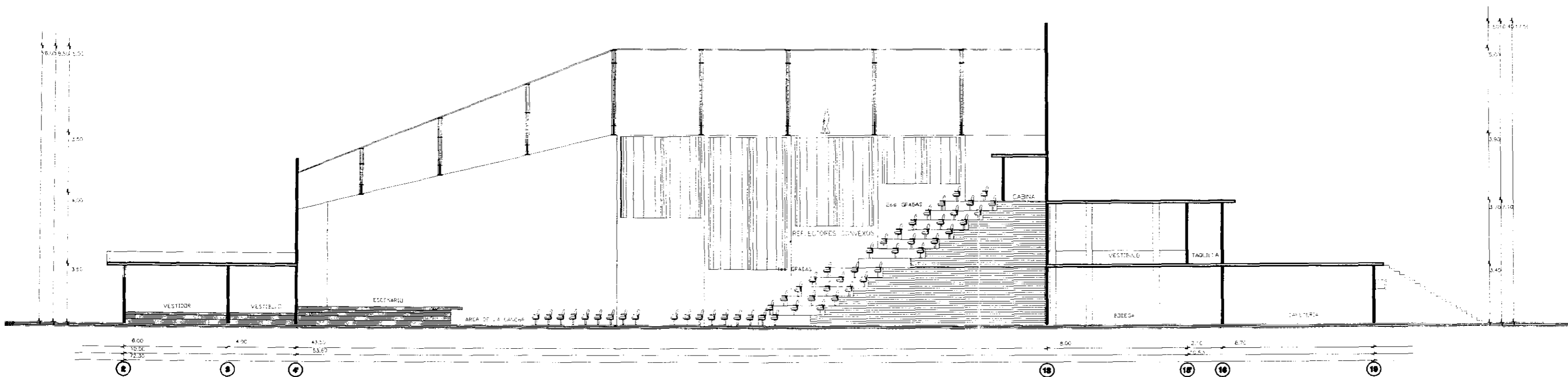
Para los muros laterales se recomiendan las mismas formas convexas como reflejantes y difusoras, pero con una variante que consiste en colocar una cortina pesada entre paneles convexas y el muro para así tener un buen absorbente de bajas frecuencias por la cámara que se forma entre ambos elementos.

Esta variante también permite hacer más versátil el uso del auditorio, ya que la cortina, al estar corrida absorbe mayor cantidad de sonido y por el contrario al estar plagada permite mayor reverberación, así, ésto hace que el auditorio se adapte a cada evento por realizar.



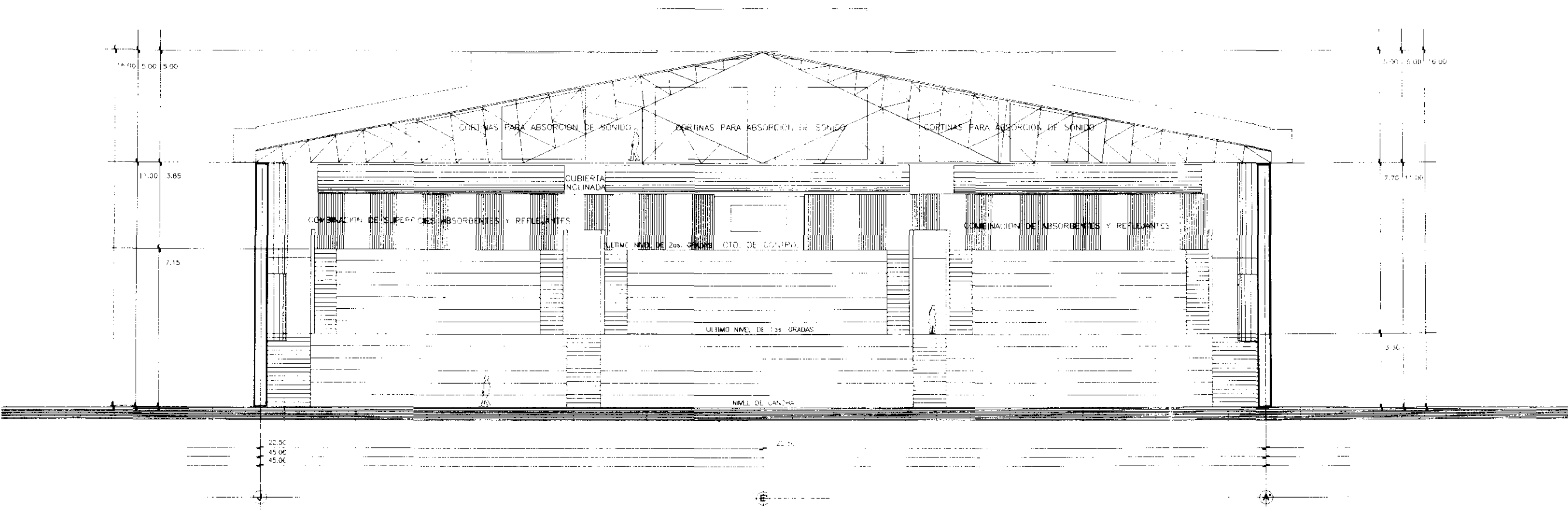
	PROYECTO	
	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO	
	PLANO DE: PLANTA ARQUITECTONICA	
	PROYECTADO POR: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo	
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARGADIA, TETIJAUCAN PUE.	
PROYECTO RESPONSABLE:	PROYECTO ASISTENTE:	FECHA:
Ing. Arc. Renato Altamirano Cuello	Jenaro I. Carrillo Quintero	Julio 97

NOTA: PARA LA COLOCACION DE LOS MATERIALES ACUSTICOS EN LA LIBERTAD, ASI COMO DE LAS SOLUCIONES DE ILUMINACION TEATRAL, SE DEBERA GUIAR POR LA ESTRUCTURA QUE EN CASO DE SER NECESARIO, SE REFORZARA.



SECCION J-J'

	PROYECTO: TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO	
	PLANO DE: SECCIONES	
	PROPIETARIO: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo	
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN FUE.	
PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello	TESIS DE ACUSTICA: Jenaro I. Carrillo Guerrero	FECHA: Julio 67



SECCION G-G'

	PROYECTO: TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUNTORIO	
	PLANO DE: SECCIONES	
	PROPIETARIO: Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo	
	UBICACION: BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN PUE.	
PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Renato Altamirano Cuello	TECNOLOGIA DE ACUSTICA: Jenaro I. Carrillo Guerrero	FECHA: Julio 97

NOTA: PARA LA INSTALACION DE LOS MATERIALES ACUSTICOS EN LA CUBIERTA, ASI COMO LOS SISTEMAS DE ILUMINACION TEATRAL, SE REVISARA LA ESTRUCTURAL QUE EN CASO DE SER NECESARIO, SE REFORZARA

FORRO DE TELA

MURO DE TABIQUE

TIRA DE NEOPRENO

CANAL METALICO

PLACA DE FIBRA DE VIDRIO

HOJAS DOBLES DE TABLA-RCCA

PLANTA

MURO DE TABIQUE

TIRA DE NEOPRENO

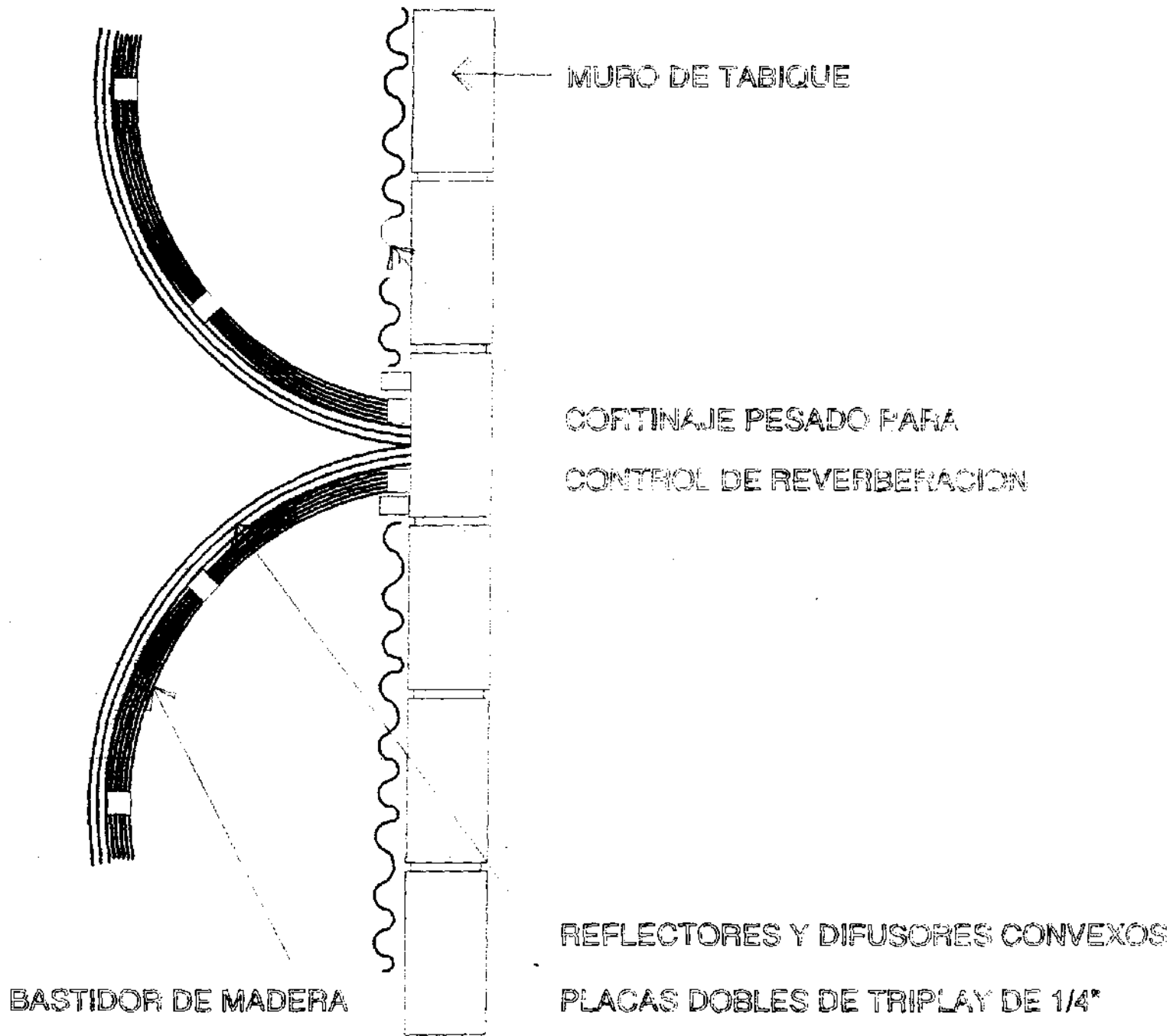
CANAL METALICO

PLACA DE FIBRA DE VIDRIO

HOJAS DOBLES DE TABLA-RCCA

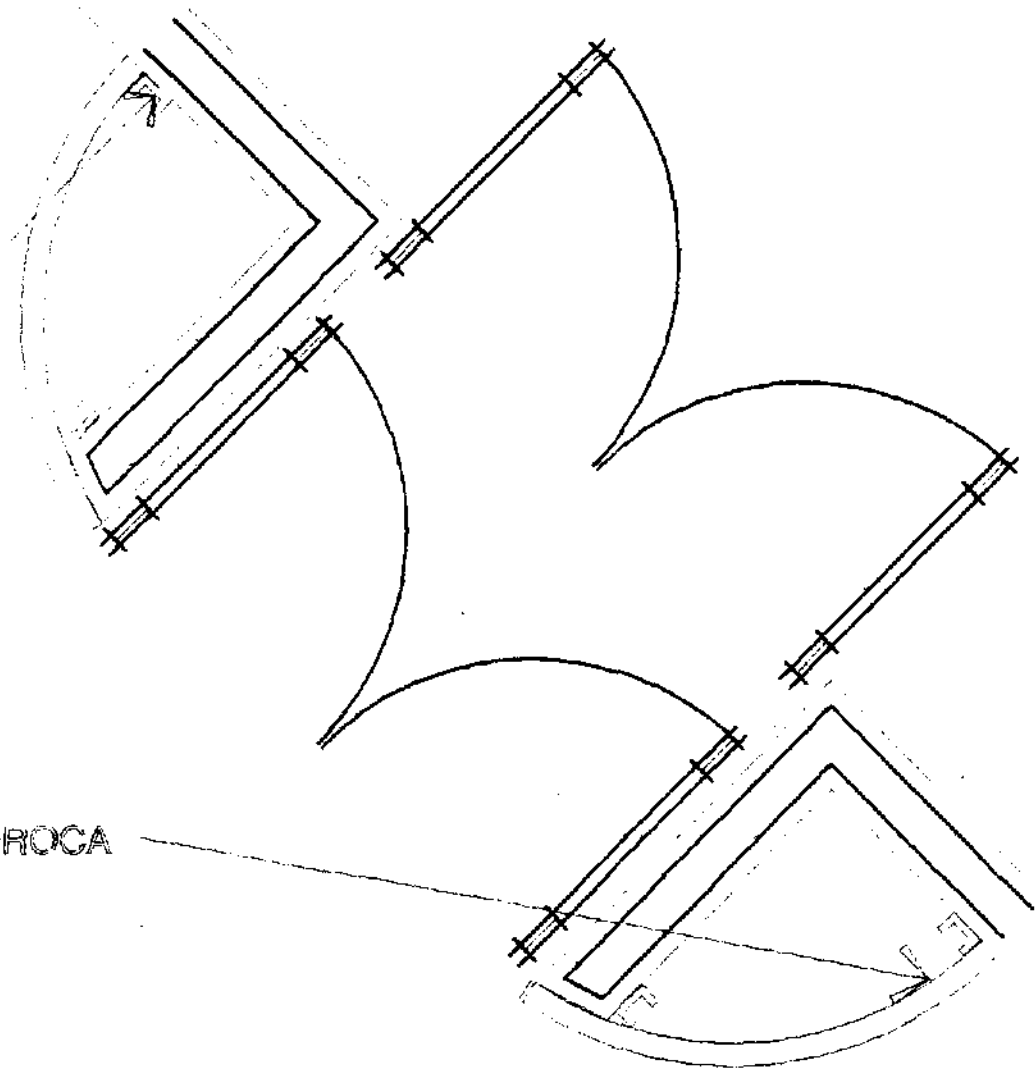
SECCION

DETALLE 1.



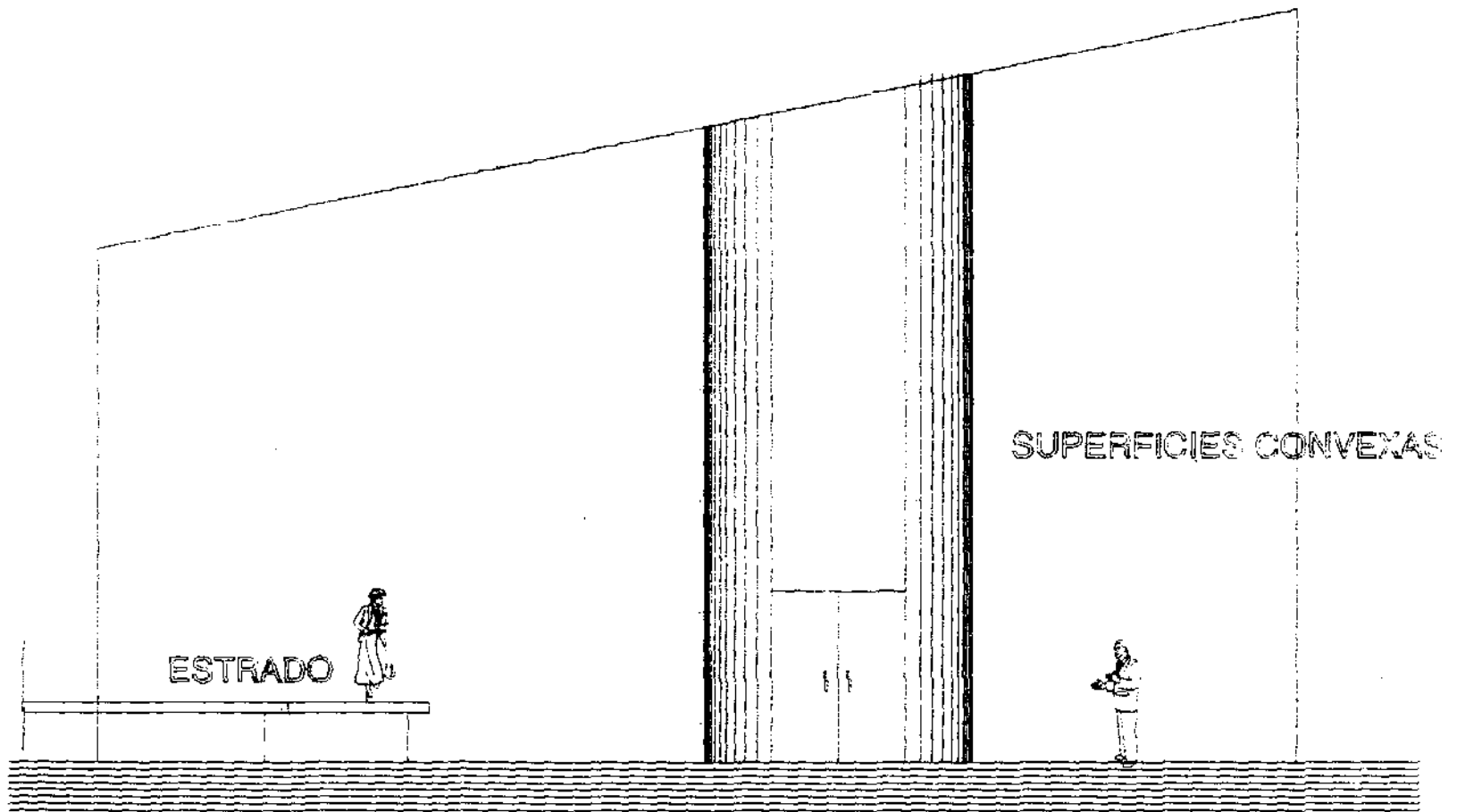
DETALLE 2.

CANAL METALICO



MURETES CURVOS DE TABLA-ROCA

DETALLE 3.

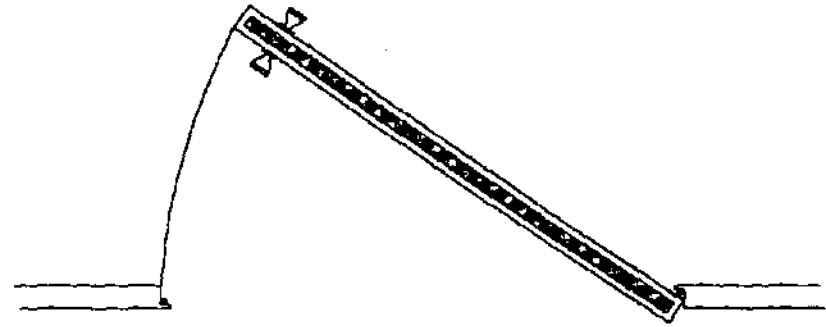


ESTRADO

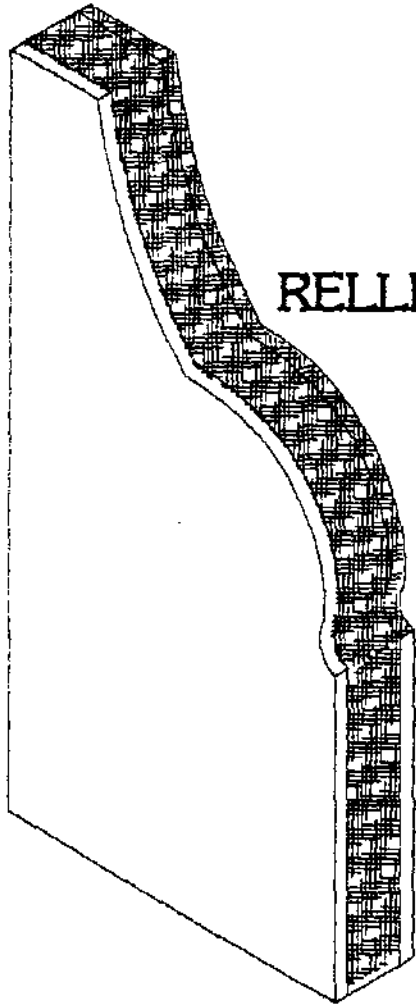
SUPERFICIES CONVEXAS

SALIDA DE EMERGENCIA

DETALLE DE MUROS INCLINADOS



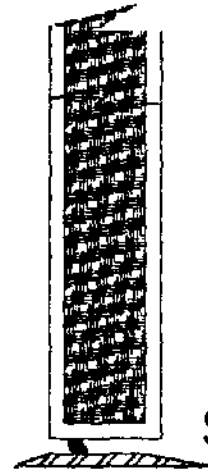
SELLOS DE LAS PUERTAS
CON TIRAS DE NEOPRENO



RELLENO DE FIBRA DE VIDRIO

PUERTA METALICA
CON RELLENO DE FIBRA DE VIDRIO

PUERTA METALICA

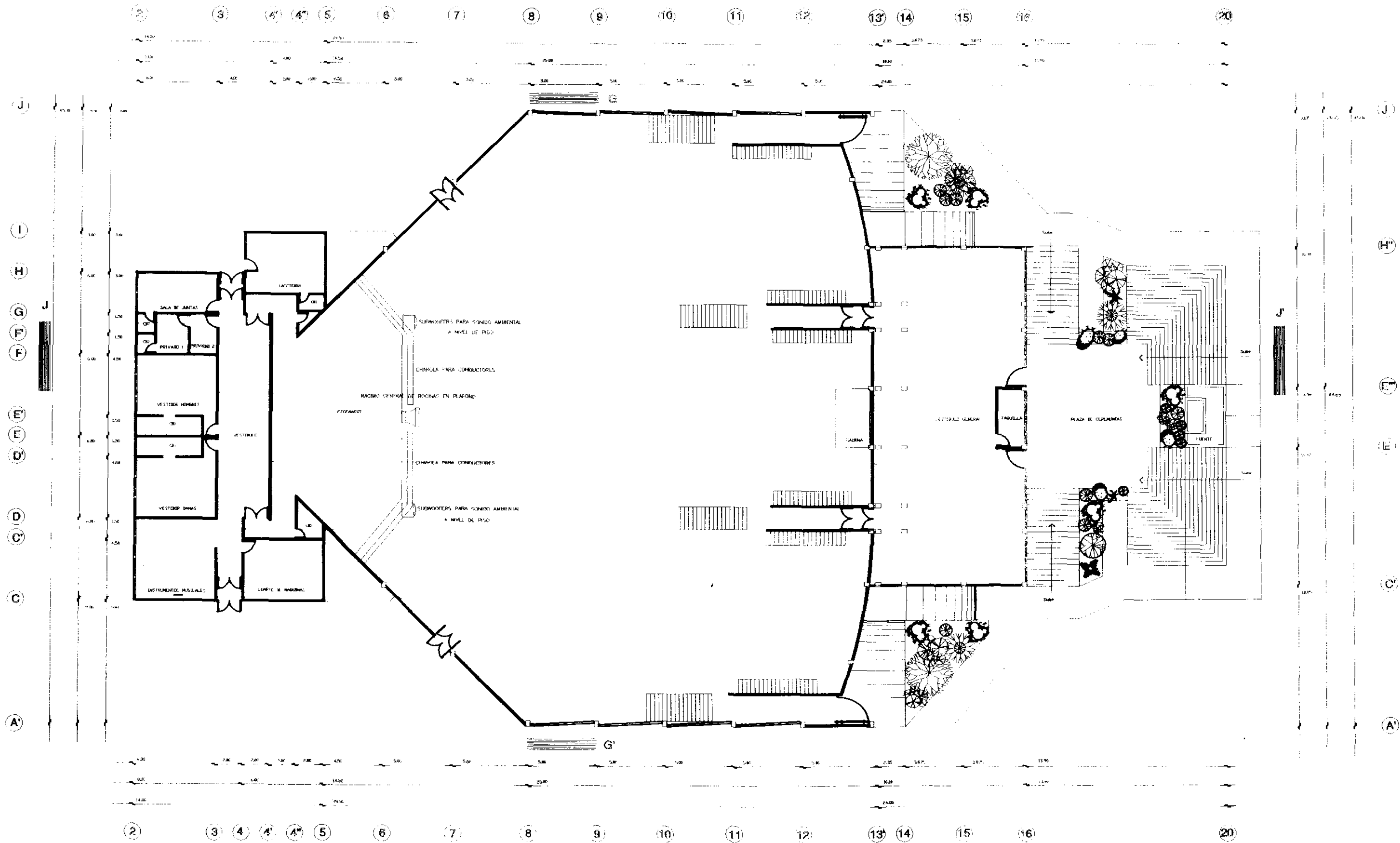


SELLO DE NEOPRENO

Recomendación del tipo de sistema de refuerzo acústico:

Tomando en cuenta que la capacidad del auditorio es mayor a 2000 espectadores, dependiendo de los eventos a realizar sí se requerirá de un sistema de refuerzo de sonido que permita tener un nivel de sonido aceptable, por lo que aprovechando la altura de piso a techo del auditorio, así como la línea visual de los espectadores, se recomienda un sistema de bocinas central ubicado arriba y ligeramente adelante del escenario para dar más realismo al percibir el sonido desde la posición del origen ó emisor.

Para que este sistema aporte calidad de sonido debe contar tanto con “woffers” para bajas frecuencias y “tweeters” para las altas, éstos deben estar dirigidos a la audiencia y no hacia los reflectores de la cubierta ó de los muros.



	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO		
	PLANO DE PLANTA ARQUITECTONICA		
	Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge I. Tamayo		
	BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRACC. ARCADIA, TEHUACAN PUE.		
	PROYECTO ARQUITECTONICO: Ing. Arq. Renato Altamirano Cusillo	FECHA DE ACUERDO: Enero I. Cantilo Guerrero	FECHA: Julio 97

NOTA: PARA LA COLOCACION DE LOS MATERIALES ACUSTICOS EN LA CUBIERTA, ASI COMO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION TEATRAL, SE TENDRA QUE REVISAR LA ESTRUCTURA, QUE EN CASO DE SER NECESARIO, SE REFORZARA.

Especificaciones del sistema de Audio.

1.- Suministro de voltaje:

Será necesario un transformador de aislamiento de compresión de sonido con alto aislamiento, insertado entre todos los demás servicios al edificio y los receptáculos del sistema de audio. Se recomiendan las siguientes líneas:

- Whinton Industries, Inc. – serie one power
- Power distributions, Inc. – serie PowerMaxXP
- Shape Magmetronics, Inc. – serie ZLT

2.- Diámetros de los conductores del sistema:

- Alimentadores del suministro al panel en el lado de la carga del transformador de aislamiento: Máximo 1% de la caída de voltaje.
- Use un conductor de tierra mínimo de calibre 4/0.
- Los conductores del ramal serán del número 10AWG con tierra del número 8.

3.- El voltaje en el equipo estará dentro de los 115 y 125 volts.

4.- Los conductores de energía limpia (todos aquellos que conduzcan energía acústica) se colocaran en ductos separados de los circuitos de iluminación los cuales son circuitos no limpios.

5.- Los conductores de tierra del ramal hacen tierra únicamente en el panel de distribución.

6.- Se especificaran los paneles de distribución con interruptores de circuito de 20 amp. El número aproximado de interruptores de circuito es de 24.

Estos interruptores deben permitir un retraso de tiempo para acomodar las corrientes que pudieran de otra forma causar interrupción molesta., para los cual se recomienda el Square D serie QU-HM 20 amp. Que también se le conoce como interruptor de circuito de alta interrupción magnética.

7.- Grupos de cableo:

El cableado de sistemas de sonido se divide de acuerdo a sus niveles nominales de voltaje (ver la siguiente tabla).

Grupo A: Micrófonos y cableo sensible (0 a 10 milivolts.)

Grupo B: Cableado al nivel de línea (100 milivolts. A 10 volts.)

Grupo C: Cableado de bocinas y control (10 a 70 volts.)

Grupo D: Circuitos de teléfono, video, control y digitales.

NOTA: Estos grupos de cableo nunca deberán ser intermezclados dentro de una misma corrida de conductores.

Fuente: "Pautas para el diseño conceptual del control de ruido y vibración mecánica", de Jaffe H. Holden Scarborough, Inc., Norwalk, Ct., 1992.

Sistema de iluminación teatral:

Se recomiendan cañones de iluminación sujetos a la cubierta y dirigidos hacia el escenario desde el frente y en los extremos. Así como algunos cañones para cubrir el área de la cancha, los cuales estarán colocados en la penúltima estructura de la cubierta.

Para poder controlar los sistemas de iluminación y de acústica, se puede recurrir al uso de "pasos de gato", que son pasillos de metal con pasamanos colocados en la parte de la cubierta, que permiten llegar a los cañones de iluminación y poder cambiarlos de posición, así como para hacer reparaciones del equipo.

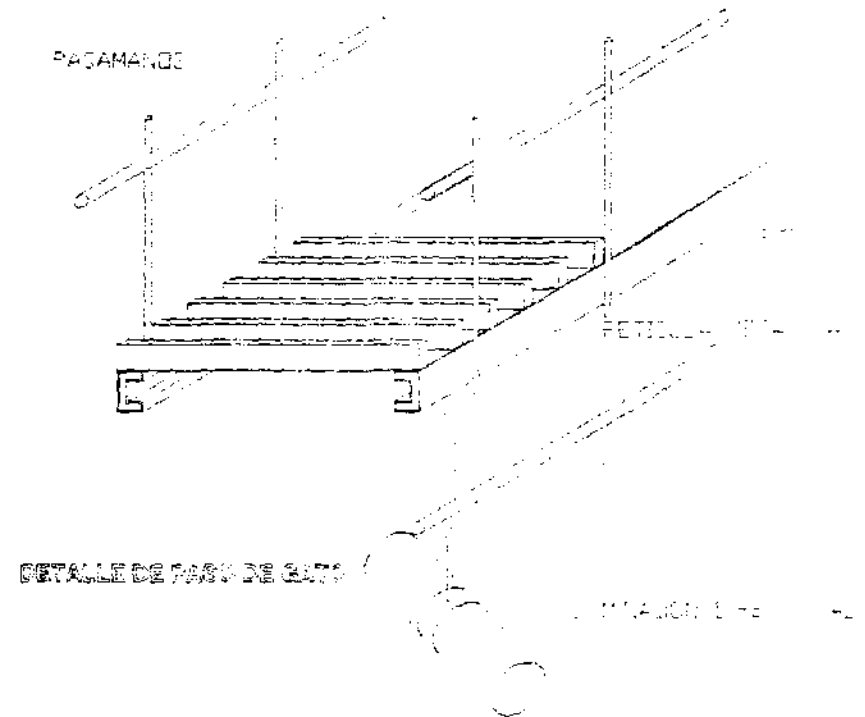
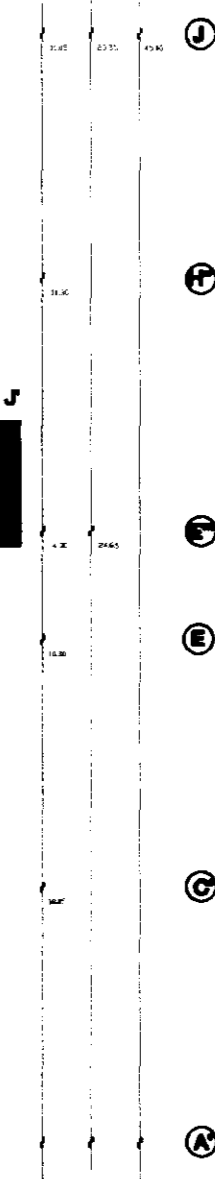
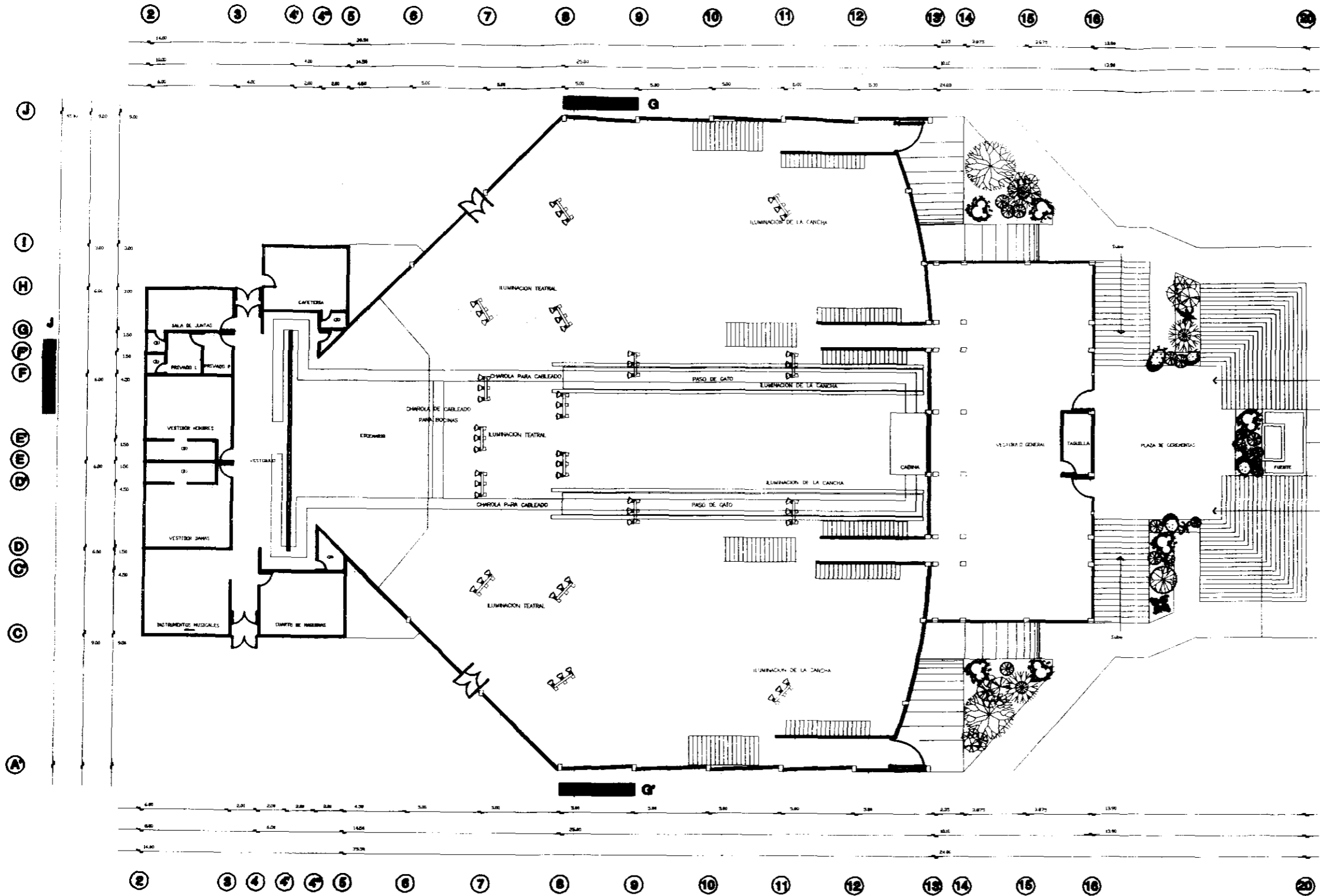


Fig. 55 Detalle de "paso de gato".



	TRATAMIENTO ACUSTICO DEL AUDITORIO		
	PLANTA ARQUITECTONICA		
	Esc. Sec. Fed. Ing. Jorge L. Tamayo		
	BOULEVARD MA. ANTONIETA VAZQUEZ V. CALLE OSTENDE FRAOC, ARCADIA, TEHUACAN PUE.		
	Ing. Arq. Benito Altamirano Casillo	Ing. Acustico: Jenaro I. Carrillo Guerrero	Fecha: Julio 87

NOTA: PARA LA COLOCACION DE LOS MATERIALES ACUSTICOS EN LA CUBIERTA, ASI COMO DE LOS SISTEMAS DE LUMINACION TEATRAL, SE TENDRA QUE REVISAR LA ESTRUCTURA, QUE EN CASO DE SER NECESARIO, SE REVISARAN.

CONCLUSIONES:

Al estudiar la acústica de los espacios que habitamos, llegamos a la conclusión de que al saber qué frecuencias provocan más dificultades para ese espacio determinado, podemos definir qué solución y qué materiales utilizar.

Así, partiendo de la hipótesis: "Los materiales rugosos son buenos absorbentes acústicos, pero funcionan mejor con un pleno de aire", funcionan muy bien especialmente para bajas frecuencias debido a que su longitud de onda es mayor que las de altas frecuencias, por lo cual el espacio de aire absorbe bien el sonido.

Además, la irregularidad de un acabado poroso provoca un desgaste térmico de la onda sonora, lo cual disminuye notoriamente su energía.

Es un hecho que tanto el volumen y la forma interior de un auditorio influye en gran medida sobre las condiciones acústicas del recinto, ya que cada evento requiere de condiciones y necesidades diversas entre sí; no podemos pensar en usar el mismo volumen que requiere un conferenciante al que requiere un concierto de órgano tubular.

Finalmente, lo correcto es aislar completamente los auditorios de los ruidos externos, si no fuera posible lo anterior, se debe procurar que las fuentes exteriores no excedan de 50 dB, ya que al entrar el ruido al auditorio se disminuirá su intensidad y no afectará el evento del interior considerando un ambiente acústico de 75 dB en adelante.

1. **Absorbente:** Material poroso con capacidad de atenuar el sonido que incide sobre éste.
2. **Acústica:** Parte de la física que se encarga del estudio del sonido y de los fenómenos de su producción y propagación.
3. **Amplitud de onda:** Es el máximo desplazamiento de un objeto en vibración con respecto a su posición de reposo.
4. **Armónicos:** Forman parte de la mayoría de los sonidos y sus frecuencias son múltiplos de la frecuencia básica de un sonido.
5. **Coefficiente de absorción:** Indica la porción de la energía de sonido incidente que un material absorbe.
6. **Decibel:** Es la unidad de medida de la intensidad ó energía de sonido.
7. **Decibelímetro:** Aparato que mide la intensidad del sonido (dB).
8. **Eco:** Es la reincidencia de un sonido en un lugar determinado que dá la impresión de volver a escucharlo pero cada vez con menor intensidad.
9. **Emisor:** Es la fuente de sonido.
10. **Frecuencia:** Es el número de vibraciones que genera un cuerpo durante un segundo, la unidad de medida es el Hertz (Hz).
11. **Hertz:** Es la unidad de medida de la frecuencia de un sonido y es la cantidad de vibraciones o ciclos por segundo.
12. **Intensidad:** Es la cantidad de energía acústica y su unidad de medida es el decibelio (dB).
13. **Longitud de onda:** Distancia entre dos crestas ó valles.
14. **Membrana basilar:** Forma parte del oído interno y es la que permite distinguir los sonidos graves ó agudos.

15. **Membrana timpánica:** Conforman el oído medio y es de forma más ó menos cónica en dirección al canal auditivo.
16. **Onda sonora:** Es el medio de propagación de un sonido.
17. **Piso flotante:** Es aquel que se aísla completamente de la estructura para evitar las vibraciones de la misma y de sonidos externos.
18. **Reflector acústico:** Su superficie dura y su relativa gran longitud permiten desviar los rayos sonoros que en éste inciden.
19. **Reverberación:** Es la tendencia del sonido a permanecer aún cuando la fuente ha dejado de emitirlo.
20. **Sonido:** Es una sensación en el oído producida por una vibración de un cuerpo.
21. **Timbre:** Es la característica del sonido que permite distinguir a cada emisor y está formado por los armónicos.

ACÚSTICA DE LOS MATERIALES EN UN AUDITORIO				
Medición de sonido con decibelímetro.				
Jenaro Carrillo Guerrero.				
Estación	Frecuencia	Intensidad (dB)	T. Reverb. (S.)	Procedencia de > cant. de sonido.
Cancha				
1	2048	95	1.1	Emisor
2	"	92	1.05	Emisor
3	"	96	0.99	1er. muro izq.
4	"	96	0.93	Muro oblicuo der. sobre estrado
5	"	93	1.33	Parte posterior
6	"	91	1.08	Muro oblicuo a 90 del mismo
7	"	91	0.93	Gradas centrales
8	"	96	1.2	Emisor
9	"	94	1.15	1er. muro izq.
10	"	95	0.82	Gradas lat. izq.
11	"	96	1.05	Muro oblicuo der.
12	"	94	1.02	2o. muro izquierdo
13	"	90	0.97	Muro oblicuo der.
14	"	91	1.11	2o. muro izq.
15	"	97	1.03	Muro oblicuo der.
16	"	95	1.07	Parte posterior
17	"	92	1.29	2o. muro oblicuo
18	"	96	1.3	Frente
19	"	91	1.05	2o. muro derecho
20	"	90	1.05	Muro oblicuo der.

1	1024	98	1.88	3er. muro izq.
2	"	92	1.17	Parte posterior con muro oblicuo
3	"	99	1.53	Emisor
4	"	97	1.52	Frente
5	"	97	1.58	1er. muro deracho
6	"	97	1.28	En direc. al estrado paralelo a m. obli.
7	"	94	1.86	Muro oblicuo izq.
8	"	102	1.55	1er. muro izq.
9	"	102	1.52	Muro oblicuo der.
10	"	96	1.55	Gradas lat. izq.
11	"	100	1.7	1er. muro izq.
12	"	96	1.32	1er. muro der.
13	"	97	1.44	A 90 de muro oblicuo der.
14	"	98	1.28	1er. muro izq.
15	"	102	1.53	4o. muro izq.
16	"	96	1.88	Muro oblicuo der.
17	"	96	1.58	Frente
18	"	95	1.96	Emisor
19	"	95	1.84	Frente
20	"	96	1.35	Muro oblicuo der.

Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cantidad de dB.
1	512	100	2.35	Frente
2	"	102	2.17	2o. muro izq.
3	"	100	2.05	Frente
4	"	102	2.03	Frente
5	"	98	2.08	Frente
6	"	99	2.07	Parte posterior
7	"	96	1.96	En línea recta al muro ob. der.
8	"	98	2.1	Emisor
9	"	95	2.47	Muro ob. izq.
10	"	99	2.43	1er. muro izq.
11	"	99	1.84	Gradas lat. izq.
12	"	97	2.08	Muro ob. con estrado der. (unión)
13	"	94	2.15	Estrado
14	"	100	2.15	Emisor
15	"	102	2.42	3er. muro der.
16	"	101	2.15	Muro ob. izq.
17	"	98	2.09	2as. gradas centro
18	"	98	2.84	Frente
19	"	98	2.4	2o. muro izq. y 2o. muro der.
20	"	98	2.08	Muro ob. der.

1	256	102	2.55	Acceso derecho
2	"	106	2.67	Frente
3	"	104	1.98	Frente
4	"	103	2.3	Muro oblicuo
5	"	101	2.36	Parte posterior
6	"	101	2.55	Muro oblicuo der.
7	"	98	2.48	Emisor
8	"	104	2.4	Emisor
9	"	105	2.6	Parte posterior
10	"	102	2.55	Gradas laterales der.
11	"	105	2.1	Emisor
12	"	102	2.3	3er. muro der.
13	"	98	2.35	Origen
14	"	103	2.97	Recta lateral izq.
15	"	101	2.57	Emisor
16	"	106	2.67	Muro oblicuo der.
17	"	104	2.84	Emisor
18	"	102	2.66	Frente
19	"	98	2.78	Emisor
20	"	100	2.36	Muro oblicuo der.

Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de sonido
1	128	107	2.61	Emisor
2	"	106	2.93	Emisor
3	"	107	2.37	Parte posterior
4	"	103	2.92	Emisor
5	"	102	2.55	2o. muro izq.
6	"	101	2.8	Estrado y muro oblicuo der.
7	"	104	3.15	Muro oblicuo
8	"	106	2.7	Parte posterior
9	"	107	3.07	Frente
10	"	103	3.05	Frente
11	"	98	2.86	Gradas lat. izq.
12	"	101	2.6	Muro oblicuo der. y parte posterior
13	"	101	2.84	Parte posterior
14	"	103	3	Emisor
15	"	105	3.24	Parte posterior
16	"	105	2.98	Emisor
17	"	104	3.15	Frente
18	"	104	2.5	3er. muro der.
19	"	100	2.95	Emisor
20	"	101	3.05	Gradas lat. der.

1	64	103	2.05	Frente
2	"	103	2.3	Frente
3	"	105	2.35	1er. muro izq.
4	"	104	2.4	Emisor
5	"	98	2.25	Emisor
6	"	105	2.55	Emisor
7	"	100	2.58	Muro oblicuo der.
8	"	104	2.35	Parte posterior
9	"	104	2.24	Frente
10	"	101	2.55	Frente
11	"	93	2.45	1er. muro izq.
12	"	100	2.46	Muro oblicuo der. y 1er. muro der.
13	"	101	2.66	Parte posterior
14	"	101	2.48	En recta lat. izq.
15	"	104	2.96	Parte posterior
16	"	102	2.5	Emisor
17	"	101	2.84	Emisor
18	"	102	2.24	Gradas lat. izq.
19	"	103	2.58	2o. muro der.
20	"	101	2.1	Gradas lat. der.

1as. gradas lado izq.

1	2048	91	1.04	3er. muro izq.
2	"	94	0.94	4o. muro izq. y origen
3	"	95	0.9	1er. muro izq.
4	"	92	0.96	centro y adelante de 2as. gradas
5	"	82	1	muro oblicuo der.
6	"	91	1.07	3er. muro der.
7	"	92	1.2	Emisor y 3er. muro izq.
8	"	93	1.5	Centro de parte posterior
9	"	93	1.13	3er. muro izq.
1	1024	98	1.45	Emisor
2	"	100	1.46	Emisor
3	"	96	1.4	3er. muro izq.
4	"	94	1.86	Emisor y muro oblicuo izq.
5	"	95	1.67	Emisor y 1er. muro izq.
6	"	91	1.23	Emisor
7	"	91	1.85	3er. muro izq.
8	"	98	1.8	3er. muro izq.
9	"	92	1.5	Centro de la parte posterior
1	512	102	1.83	Emisor
2	"	98	1.98	Muro oblicuo izq.
3	"	102	2.23	3er. muro izq.
4	"	102	2.03	Parte posterior
5	"	97	2.11	Emisor
6	"	98	2.05	Emisor
7	"	100	1.9	Inicio acceso izq.
8	"	99	2.14	Parte posterior
9	"	102	2.1	Muro oblicuo der.

1	256	103	1.98	3er. muro izq.
2	"	102	2.25	De emisor al 1er. muro izq.
3	"	104	2.7	Emisor y muro oblicuo izq.
4	"	98	2.52	3er. muro izq.
5	"	103	2.47	Parte posterior
6	"	103	2.68	Parte posterior
7	"	98	2.6	2o. muro izq.
8	"	100	2.4	2o. y 3er. muro izq.
9	"	101	2.56	Muro oblicuo izq.
1	128	100	2.7	Emisor
2	"	100	2.77	2o. muro der.
3	"	104	2.7	Emisor
4	"	101	2.84	Muro oblicuo izq.
5	"	101	2.8	Emisor
6	"	98	3.05	3er. muro der.
7	"	100	3	Todas direcciones
8	"	100	2.96	Emisor
9	"	103	2.95	Emisor
1	64	100	2.35	Emisor
2	"	96	2.48	Emisor
3	"	101	2.6	Emisor
4	"	98	2.3	Emisor
5	"	101	2.38	3er. muro izq.
6	"	98	2.63	Emisor
7	"	100	2.65	Parte posterior
8	"	96	2.4	Emisor
9	"	100	2.48	Parte posterior

1as. gradas centro

Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de dB.
10	2048	95	1	1er. muro izq.
11	"	94	1.1	Acceso izq.
12	"	93	1.2	Frente
13	"	96	1.18	4o. muro der.
14	"	91	1.23	Salida de emergencia der.
15	"	94	1	Muro oblicuo der.
16	"	94	1.15	Acceso izq.
17	"	96	1	Parte posterior
18	"	93	1.3	Acceso der.

10	1024	98	1.4	Muro oblicuo izq.
11	"	94	1.92	3er. muro izq.
12	"	98	1.88	Muro oblicuo der.
13	"	95	1.56	Origen
14	"	94	1.35	Frente
15	"	94	1.55	Acceso der.
16	"	98	1.25	3er. muro izq.
17	"	98	1.46	Parte posterior
18	"	98	1.81	2o. muro der.

10	512	105	2.08	Parte posterior
11	"	101	2.3	2o. muro izq.
12	"	102	2.1	De frente a muro ob. izq.
13	"	101	1.92	Muro oblicuo der.
14	"	100	2.17	Frente
15	"	100	2.23	4o. muro izq.
16	"	100	1.8	Centro de 2as. gradas
17	"	100	2.25	2o. muro der.
18	"	95	2	Origen

10	256	108	2.7	1er. muro der.
11	"	106	2.5	Parte posterior
12	"	102	2.5	3er. muro izq.
13	"	100	2.6	Muro oblicuo der.
14	"	98	2.3	4o. muro der.
15	"	100	3	3er. muro izq.
16	"	103	2.4	Muro oblicuo izq.
17	"	101	2.8	2o. muro izq.
18	"	98	2.49	Emisor
10	128	106	2.91	Desde parte post. a 3er. muro izq.
11	"	102	3.2	Emisor
12	"	100	3.27	Emisor
13	"	104	2.75	Emisor
14	"	98	2.72	Acceso izq.
15	"	102	3.11	Muro oblicuo der.
16	"	103	2.77	Muro oblicuo der.
17	"	98	2.85	Muro oblicuo der.
18	"	103	3	Todas direcciones
10	64	100	2.74	Del 4o. muro izq. a emisor
11	"	98	2.85	Todas direcciones
12	"	97	2.85	Todas direcciones
13	"	99	2.3	De atrás a 2o. muro izq.
14	"	100	2.15	Desde 1er. muro der. a p. posterior
15	"	98	2.48	Frente
16	"	98	2.38	De emisor a 3er. muro der.
17	"	97	2.81	Todas direcciones
18	"	101	2.46	De muro oblicuo izq. a der.

1as. gradas lado derecho

Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de dB.
19	2048	92	1.05	Emisor
20	"	92	1.15	4o. muro der.
21	"	91	1.22	Frente
22	"	92	1.45	Parte posterior
23	"	92	1.3	Frente
24	"	90	1.06	3er. y 4o. muros izq.
25	"	92	1.2	Muro oblicuo izq.
26	"	90	1.47	2o. muro der.
27	"	91	1.38	3er. muro der.

19	1024	97	1.35	4o. muro der.
20	"	92	1.46	Estrado
21	"	92	1.28	Emisor
22	"	97	1.25	Muro oblicuo izq.
23	"	95	1.76	4o. muro izq.
24	"	92	1.82	2o. muro der.
25	"	94	1.65	Emisor
26	"	94	1.65	Todas direcciones
27	"	91	1.76	Frente

19	512	98	2	Emisor
20	"	98	2.05	De 2o. muro der. a parte posterior
21	"	101	1.8	2o. muro izq.
22	"	101	2.08	4o. muro der.
23	"	97	1.85	Parte posterior
24	"	101	2.58	4o. muro izq.
25	"	97	2.5	2o. y 3er. muro der.
26	"	98	1.99	Frente
27	"	97	2.15	Emisor

18	256	99	2.42	De emisor a muro oblicuo der.
20	"	97	2.5	2o. muro der.
21	"	99	3.1	Muro oblicuo izq. y 2o. muro der.
22	"	100	2.4	Emisor
23	"	100	2.3	Parte posterior
24	"	101	2.7	2o. muro der.
25	"	102	2.45	3er. muro der.
26	"	98	2.45	De 4o. muro a parte posterior
27	"	102	2.7	3er. muro der.
<hr/>				
19	128	104	3	Parte posterior
20	"	99	2.98	1er. muro der.
21	"	99	3.13	Emisor
22	"	101	2.83	Parte posterior
23	"	102	2.55	Muro oblicuo der.
24	"	102	2.77	3er. muro der.
25	"	98	3.1	3er. muro der.
26	"	102	2.65	Emisor
27	"	106	2.77	4o. muro der.
<hr/>				
18	64	101	2.8	4o. muro der.
19	"	97	2.21	Frente
21	"	95	2.75	De 4o. muro izq. a emisor
22	"	98	2.52	De emisor a parte posterior (lado der.)
23	"	102	2.45	Frente
24	"	98	2.37	3er. muro der.
25	"	95	2.6	3er. muro der.
26	"	93	2.3	De muro oblicuo der. a 3er. muro der.
27	"	102	2.45	4o. muro der.

2as. Gradas izquierda				
Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de dB.
1	2048	92	1.1	Parte posterior
2	•	90	1.5	1er. muro izq.
3	•	91	1.3	Esquina posterior izq.
4	•	93	1.38	Muro oblicuo der.
5	•	95	1.15	1er. muro der.
6	•	90	1.33	Parte posterior
7	•	92	1	4o. muro izq.
8	•	94	1.2	Inicio escaleras izq.
9	•	91	1.1	Acceso izq. (inicio)

1	1024	92	1.49	Parte posterior
2	•	92	1.85	Emisor
3	•	93	1.58	Esquina posterior izq.
4	•	93	1.2	3er. muro der.
5	•	93	1.38	En recta lateral der.
6	•	95	1.44	Columna central izq. (1.50 del centro)
7	•	92	1.39	Salida de emergencia izq.
8	•	96	1.36	Aprox. a 4.25 m. de salida de emer. izq.
9	•	88	1.6	1er. muro izq.

1	512	97	1.7	2o. muro der.
2	*	97	2.2	Esquina posterior der.
3	*	99	2.03	Parte posterior
4	*	96	2.1	3er. muro izq.
5	*	98	1.68	De 3er. muro izq. a emisor
6	*	96	2.19	3er. muro izq.
7	*	95	1.58	3er. muro der.
8	*	97	2	4o. muro izq.
9	*	98	2.1	2o. muro der.
1	256	101	2.15	Todas direcciones
2	*	98	1.6	De 4o. muro izq. a parte posterior
3	*	102	2.05	Todas direcciones
4	*	98	2.4	4o. muro izq.
5	*	101	2.39	A 4.00 m. de salida de emerg. izq.
6	*	105	2.8	A 4.00 m. de salida de emerg. izq.
7	*	98	2.48	De emisor a recta lateral der.
8	*	99	2.4	De muro oblicuo der. a emisor
9	*	98	2.15	4o. muro izq.

1	128	104	2.73	Todas direcciones
2	*	104	2.7	4o. muro izq.
3	*	102	2.64	De p.post. a 4o. muro izq.
4	*	100	2.7	4o. muro izq.
5	*	100	2.95	Parte posterior
6	*	101	2.66	A 4.00 m. de salida de emerg. izq.
7	*	102	2.9	Todas direcciones
8	*	104	3.12	Todas direcciones
9	*	98	3.05	Todas direcciones
1	64	102	2.68	Todas direcciones
2	*	101	2.52	3er. muro izq.
3	*	100	2.32	De 4o. muro izq. a muro oblicuo der.
4	*	97	2.17	4o. muro izq.
5	*	98	1.4	Todas direcciones
6	*	98	1.45	De 3er. muro izq. a muro oblicuo der.
7	*	100	2.64	De emisor a 2o. muro der.
8	*	100	2.62	Todas direcciones
9	*	96	2.5	Todas direcciones

2as. gradas centro.				
Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cantidad de dB.
10	2048	93	1.45	Acceso izq.
11	"	91	1.42	Emisor
12	"	93	1.05	4o. muro izq. y 2o. muro der.
13	"	95	1.31	Parte posterior y 3er. muro izq.
14	"	92	1.55	Parte posterior
15	"	94	1.4	1er. muro izq.
16	"	92	1.17	Centro atrás y 4o. muro izq.
17	"	91	1.32	Recta lateral izq.
18	"	92	1.32	Parte posterior acceso izq.
10	1024	93	1.5	Muro oblicuo der.
11	"	96	1.56	4o. muro der.
12	"	94	1.52	3eros. muros izq. y der.
13	"	95	1.46	Parte posterior
14	"	97	2.2	Muro oblicuo der.
15	"	93	1.48	Parte posterior
16	"	97	1.66	Muro oblicuo izq.
17	"	94	1.89	Parte post. acceso der.
18	"	96	1.75	Parte post. acceso izq.
10	512	98	1.82	Frente
11	"	98	2.1	Parte posterior
12	"	98	2.02	Emisor
13	"	97	1.85	Parte posterior
14	"	92	2.35	Muro oblicuo der.
15	"	99	1.98	Frente
16	"	92	2.4	Emisor
17	"	97	2.36	2o. muro der.
18	"	94	1.97	Frente

10	256	99	3.35	De 3er. muro izq. a muro oblicuo izq.
11	"	101	2.2	4o. muro der.
12	"	101	2.34	De emisor a 1er. muro der.
13	"	101	2.8	Muro oblicuo der.
14	"	98	3.02	De acceso izq. a emisor
15	"	95	2.57	Parte posterior
16	"	99	2.97	Muro oblicuo izq.
17	"	97	2.7	En recta lateral der.
18	"	98	2.2	Emisor
10	128	102	2.83	De 4o. muro der. a 1er. muro izq.
11	"	104	2.91	De emisor a muro oblicuo der.
12	"	96	2.73	De muro oblicuo izq. al der.
13	"	100	2.86	De 1er. muro izq. a 4o. muro der.
14	"	96	3.2	Frente
15	"	100	3.17	Parte posterior
16	"	97	3.15	Inicio acceso izq.
17	"	101	2.99	Parte posterior
18	"	104	2.7	Todas direcciones
10	64	99	2.81	Parte posterior
11	"	99	2.6	De emisor a 3er. muro der.
12	"	97	2.51	De emisor a 3er. muro der.
13	"	96	2.71	Emisor y estrado
14	"	98	3.05	De emisor a muro oblicuo der.
15	"	98	2.62	Parte posterior
16	"	94	2.94	De emisor a muro oblicuo der.
17	"	98	2.74	Parte posterior
18	"	99	2.58	Recta lateral izq.

2as. Gradass derecha				
Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de dB.
19	2048	82	1.15	3er. muro der.
20	"	81	1.03	A 1.50 m. de salida de emerg. der.
21	"	86	1.27	4o. muro der.
22	"	90	1.05	3er. muro der.
23	"	91	1.22	Centro auditorio (parte posterior)
24	"	90	1.46	3er. muro izq.
25	"	90	0.9	3er. muro der.
26	"	91	0.98	Esquina trasera der.
27	"	88	1.15	Esquina trasera der.
1024				
19	1024	94	1.27	Frente
20	"	95	1.42	3er. muro izq.
21	"	95	1.6	1er. muro izq.
22	"	91	1.6	Esquina trasera der.
23	"	92	1.55	1er. muro der.
24	"	86	1.3	Esquina trasera der.
25	"	82	1.45	Salida emerg. der.
26	"	94	1.7	Parte posterior acceso der.
27	"	96	1.45	3er. muro der.
512				
19	512	96	1.4	Acceso der.
20	"	96	2.2	Parte posterior
21	"	96	2.39	Acceso der.
22	"	84	1.76	Frente
23	"	96	2.14	De emisor al frente
24	"	84	1.85	De muro oblicuo der. a 3er. muro der.
25	"	83	1.7	Frente
26	"	85	1.88	1er. muro der.
27	"	84	1.73	Esquina trasera der.

19	256	98	2.4	De muro oblicuo izq. a 4o. muro der.
20	"	102	2.83	4o. muro der.
21	"	97	2.43	De 1er. muro izq. a frente
22	"	96	2.48	De muro oblicuo izq. a der.
23	"	98	2.85	De emisor a 2o. muro der.
24	"	97	2.8	Emisor
25	"	96	2.5	Muro oblicuo der.
26	"	98	2.2	De atrás a emisor
27	"	100	2.52	De 4o. muro izq. a emisor

19	128	101	2.47	De 3er. muro izq. a 3er. muro der.
20	"	97	2.95	De muro oblicuo izq. a frente
21	"	105	2.85	De 1er. muro izq. a frente
22	"	98	2.75	De 2o. muro izq. a 2o. muro der.
23	"	104	2.58	Todas direcciones
24	"	104	2.52	Todas direcciones
25	"	100	2.55	Del frente al 4o. muro der.
26	"	100	2.55	Todas direcciones
27	"	98	2.68	Parte posterior

19	64	100	2.25	Del frente al 3er. muro der.
20	"	95	2.7	Parte posterior
21	"	102	2.85	Frente
22	"	98	2.48	Todas direcciones
23	"	101	2.25	4o. muro der.
24	"	103	2.25	Todas direcciones
25	"	97	2.28	De emisor a 3er. muro der.
26	"	98	2.35	Emisor y frente
27	"	96	2	De emisor a 4o. muro der.

Estrado				
Estación	Frecuencia	Intensidad	T. Reverb.	Procedencia de > cant. de dB.
1	2048	90	1.38	Frente
2	"	90	0.87	Muro oblicuo der.
3	"	91	1.1	Origen
4	"	87	1.15	Origen
5	"	87	1.05	1er muro der.
6	"	88	1.08	Origen
7	"	87	1.02	Muro oblicuo der.
8	"	91	1.22	Frente
9	"	82	1.06	2a. muro izq.
<hr/>				
1	1024	91	1.34	En línea con muro oblicuo izq.
2	"	94	1.48	A los lados del muro posterior
3	"	92	1.33	En línea al muro oblicuo der.
4	"	94	1.68	En línea al muro oblicuo der.
5	"	96	1.48	Frente
6	"	97	1.15	Los 2 primeros muros derechos
7	"	95	1.38	Los dos primeros muros derechos
8	"	96	1.52	Muro posterior
9	"	97	1.42	Muro oblicuo der.
<hr/>				
1	512	96	2.4	Frente
2	"	96	1.75	Frente
3	"	97	1.9	Frente
4	"	96	1.79	Parte posterior
5	"	96	1.7	Frente
6	"	98	1.83	1er. muro der.
7	"	100	2.05	Muro oblicuo izq.
8	"	98	2.12	1er. muro izq.
9	"	99	2.5	Frente y muro oblicuo der.

1	256	97	2.88	En línea recta der.
2	"	98	2.5	Emisor
3	"	98	1.92	Parte posterior
4	"	98	2.18	Emisor y parte posterior
5	"	98	2.52	Frnte y parte posterior
6	"	97	2.02	1er. muro der.
7	"	99	2.17	Frnte
8	"	98	2.95	Frnte
9	"	99	2.52	Emisor y frnte
1	128	98	2.95	1er. muro der.
2	"	97	2.55	Muro oblicuo der.
3	"	98	2.36	Emisor
4	"	99	2.76	Parte posterior
5	"	98	3.32	Parte posterior
6	"	101	2.9	Parte posterior
7	"	98	2.58	Muro oblicuo der.
8	"	100	2.84	Frnte y muro oblicuo der.
9	"	99	2.92	2o. muro der.
1	64	94	2.56	Emisor
2	"	95	2.08	Parte posterior y 2o. muro der.
3	"	95	1.85	En línea recta con muro oblicuo der.
4	"	90	2.57	Parte posterior
5	"	94	2.62	Frnte
6	"	99	2.71	Emisor y frnte
7	"	94	2.44	Emisor
8	"	98	2.44	Muro oblicuo izq.
9	"	97	2.35	Emisor y parte posterior

Ensayos			
Estación	Frecuencia	T. Reverb.	Intensidad
45	Voz humana	1.71	92
45	Banda de g.	1.81	108
47	Voz	1.63	90
47	Banda	1.97	106
48	Voz	1.76	90
49	Voz	1.81	90
50	Voz	1.66	85
51	Voz	1.53	86
54	Banda	1.96	109
55	"	1.85	108
56	"	1.91	108
57	"	2.19	107
58	"	1.84	107
59	"	2	109
60	"	2.03	107
61	"	1.84	106
62	"	1.7	107

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.

- (1). Emisor, croquis propio. 2
(2). Berloz dirigido (caricatura de s. XIX), DORE, Gustavo, "Arte, música e ideas", p. 303. 3

CAPÍTULO 2.

- (3). Ondas sonoras, timbal y baqueta, BERANEK, Leo L., "Acoustical measurements", p. 246. 7
(4). Instrumentos de viento y percusión, lámina de instrumentos, RAF editores. 8
(5). Placa metálica, BRINTON, Henry, "El sonido", p. 6. 9
(6). Diapasones, BERANEK, Leo L., "Acoustical measurements", p. 266. 10
(7). El oído, GUYTON C., Arthur, "Fisiología médica". 10
(8). Membrana basilar, idem, p. 598. 11
(9). Ondas sonoras en el oído, idem, p. 598. 11
(10). idem. 11
(11). Intervalos significativos de frecuencia, YERGES F., Lyle, enciclopedia de la construcción, 1995. 12
(12). Intensidades, Manual Styropor, p. 602. 13
(13). Efecto de la intensidad, Manual Styropor, p. 603. 13

CAPÍTULO 3.

- (14). Sección longitudinal del Auditorio Nacional de la ciudad de México, edificios para el entretenimiento, océano/atrium. 16
(15). Comportamiento del sonido por percusión, Manual Styropor. 17
(16). Puerta y ventana, croquis propio. 18
(17). Capilaridad de un absorbente, YERGES F., Lyle, "Acústica", p. 922. 21
(18). Reverberación y volumen, MERRICK Gay, Charles, "Acoustic", p. 648. 24
(19). Tiempo de reverberación, KNUDSEN, V. O., "Acústica", p. 157. 24

CAPÍTULO 4.

- (20). Croquis del mapa acústico, croquis propio. 29
(21). Tabla de mediciones del mapa acústico, propio. 30
(22). Croquis del auditorio, croquis propio. 31
(23). Idem. 32
(24). Idem. 33
(25). Interior del auditorio (estrado). 34
(26). Interior del auditorio (gradas). 35

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 5.

(27). Sala de conciertos y centro para las Artes Evangeline Atwood, Anchorage, Alaska.	38
(28). Ejemplo de absorción, EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, p. 42.	39
(29). Comparación de materiales y su capacidad de absorción, Idem (28).	41
(30). Centro de las Artes Ira y Nancy Koger, Universidad del Sur de Carolina, Columbia, Sur de Carolina.	42
(31). Reflector cóncavo, dibujo propio.	42
(32). Reflector en placa, idem.	43
(33). Centro para la ejecución de las Artes, Anchorage, Alaska.	43
(34). Pabellón "J. Ralph Corbett", Cincinnati, Ohio.	44
(35). Gráfica de percepción del sonido, dibujo propio.	45
(36). Muros posteriores, idem.	46
(37). Formas de auditorios, idem.	47
(38). Volúmenes de auditorios según su uso, EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina.	50
(39). Centro Cultural, UNAM, ciudad de México.	51
(40). Teatro Wortham, Houston, Texas.	52
(41). Sala de conciertos Nezahualcóyotl, ciudad de México.	53
(42). Tabla-roca, EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina.	54
(43). Piso flotante, dibujo propio.	55
(44). Centro Internacional James L. Knight, Miami, Florida.	57
(45). Bocinas distribuidas, dibujo propio.	58
(46). Auditorio Nacional, ciudad de México.	61
PROYECTO ACÚSTICO.	
(47). Localización del Auditorio.	64
(48). Estructuras tipo del auditorio, dibujo propio.	66
(49). Exterior de los servicios anteriores.	68
(50). Interior del auditorio.	70
(51). Ductos y cto. de máquinas, dibujo propio.	73
(52). Tratamiento de ductos, idem.	74
(53). Salidas de aire, idem.	75
(54). Pleno de aire, idem.	76
(55). Detalle de "paso de gato", idem.	81

(1). Planta del Auditorio

(2). Fachada Frontal

(3). Fachada Posterior

(4). Planta y Secciones con instalación de aire acondicionado

(5). Planta y Secciones con difusores acústicos en la cubierta

(6). Planta y secciones con paneles en muros

(7). Detalle 1, Materiales del muro posterior

(8). Detalle 2, Paneles convexos en muros

(9). Detalle 3, Puertas dobles

(10). Detalle de Muros inclinados

(11). Detalle de sellos de puertas

(12). Plano del sistema de refuerzo acústico

(13). Plano de iluminación teatral

INDICE DE PLANOS

69-p

69-p

69-p

76-p

77-p

78-p

79

80

81

82

83

84-p

86-p

UFAEP

BIBLIOTECA CENTRAL
TESIS
USO ÚNICAMENTE EN SALA

INDICE DE PLANOS

INDICE DE PLANOS

INDICE DE PLANOS

INDICE DE PLANOS

FUENTES BIBLIOGRAFICAS



BIBLIOTECA CENTRAL
TEHS
USO ÚNICAMENTE EN SALA

1. CATTOI B., "Apuntes de acústica y escalas exóticas", edit. Ricordi, Buenos Aires.

2. Styropor, "Manual de uso Styropor", edición propia, 1978.

3. YERGES, Lyle F., "Acústica", Enciclopedia de la construcción océano/atrium, 1995.

4. BRINTON, Henry, "El sonido", Salamanca, España.

5. GUZMÁN L., Justino, "Acústica Básica", Facultad de Ciencias de la UNAM., 1994.

6. EGAN, David, "Architectural acoustics", McGraw-Hill, North Carolina, 1988.

7. BARTEL, "Effect to-absorber geometry on apparence absortion coefficients as measured in a reverberation chamber", 1981.

8. BERANEK, L. L., "Acoustics and Architecture", Nueva York, 1962.

9. KAYE, "The sound amplification system for mechanics hall", Technology and conservation, 1980.

10. MERRICK Gay, Charles, "Acústica", de. G GELI, Barcelona, España, 1982.

11. KNUDSEN V. O., "Le projet acoustique en Architecture", de. Dunod, París, Francia, 1957.

12. INGERSLEV, Fritz, "Acoustic in modern building practice", Londres, 1952.

13. "Bureau of standards", información obtenida de Internet.

14. Plafones Armstrong, "Manual de colocación", Armstrong World Industries inc.

15. JAFFE Holden Scarbrought, "Catálogo de trabajos", Norwalk, Ct.