

LA ACUSTICA INTERNA EN LAS SALAS DE ESPECTACULOS

Por JUAN BOSSUT, Ing. E. C. P.

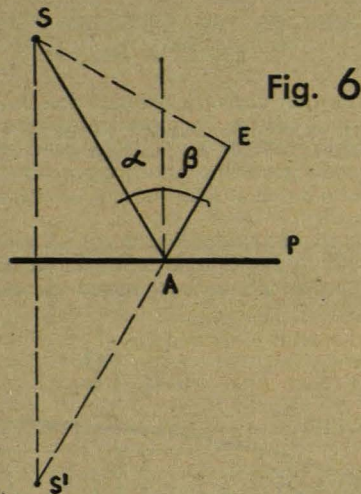
(Continuación)

CAPITULO IV

LOS PROBLEMAS GEOMETRICO-ACUSTICOS

REFLEXION DEL SONIDO EN UNA SUPERFICIE PLANA UNICA

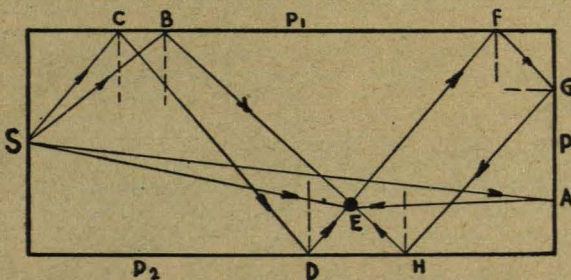
El sonido se refleja de la misma manera que la luz; es decir, que si consideramos una fuente sonora S y una pared plana P , el ángulo de reflexión β es igual al ángulo de incidencia α .



Un espectador E recibirá el sonido: en primer lugar, directamente, según el trayecto SE , y luego, por reflexión sobre la pared P , según el trayecto SAE (fig. 6). Todo ocurre como si hubiese en realidad dos fuentes sonoras, en primer lugar S , y en segundo lugar S' , imagen de S en el espejo P .

Un locutor o un altavoz que reproduce la palabra humana, pronuncia aproximadamente 300 sílabas por minuto, o sea $1/5$ de segundo por sílaba. Cada sílaba está separada de la siguiente por un intervalo de tiempo de $1/20$ de segundo.

Fig. 7



El sonido recorre en el aire unos 340 metros por segundo, o sea 17 metros en $1/20$ de segundo. Por consiguiente, si la diferencia entre los trayectos SE y SAE es superior a 17 metros, el espectador no oír claramente las palabras, puesto que si la palabra pronunciada es, por ejemplo a-cús-ti-ca, al mismo tiempo que percibe directamente la sílaba "ti", percibirá todavía, por reflexión de los sonidos sobre la pared P , la sílaba "cus", e incluso la sílaba "a".

En la práctica, a causa de la persistencia de las sensaciones auditivas sobre el oído, es necesario reducir, no a 17 metros, sino a 12 el máximo tolerable entre los recorridos directos y los reflejados.

En cualquier sala de cine, por pequeña que sea, para los espectadores situados a más de seis metros de la pared de fondo, es evidente que la diferencia entre el rayo sonoro directo y el reflejado será superior a 12 metros. Para eliminar los inconvenientes consecutivos, es necesario eliminar el rayo reflejado, o reducir considerablemente su intensidad, por medio de materiales fuertemente absorbentes.

Es necesario revestir de materiales de coeficiente de absorción muy grande la pared de fondo de cualquier sala de cine.

REFLEXIONES SOBRE SUPERFICIES PLANAS MÚLTIPLES

Supongamos, para simplificar, que la sala sea paralelepípedica, y, para simplificar más todavía, consideremos solamente

lo que ocurre en una sección horizontal. Un espectador E recibirá el sonido de las varias maneras siguientes:

Directamente, según el trayecto SE .

—Por reflexión sobre la pared de fondo, según el trayecto SAE .

—Por reflexión sobre la pared lateral P_1 , según el trayecto SBE .

—Por reflexión doble sobre P_1 y P_2 , según el trayecto $SCDE$.

—Por reflexión cuádruple, según el trayecto $SCDFGHE$, etc.

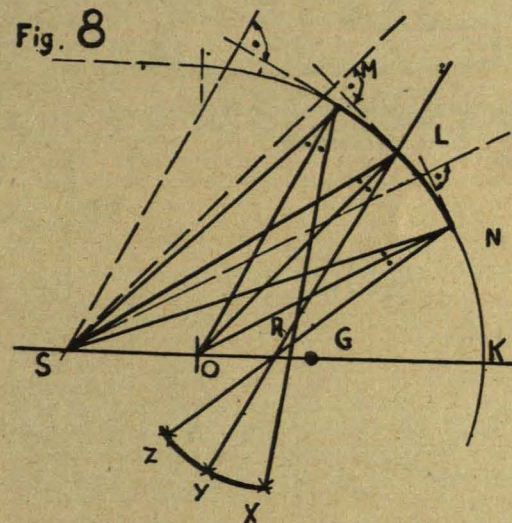
La consecuencia de ello es que el auditor E recibirá una impresión auditiva confusa; y si las paredes P_1 y P_2 son largas, y si la pared de fondo no es bastante absorbente, llegará dicha confusión a tal extremo que el auditor no entenderá nada de las palabras emitidas por S .

Además, existen otros fenómenos que complican todavía más el problema de las reflexiones sobre superficies planas múltiples; sin entrar en más detalles, diremos que cualquier ángulo formado por dos superficies planas que se unen, que cualquier línea de unión de dos superficies revestidas de distinta forma, actúan a su vez como fuentes sonoras cuando reciben ondas sonoras. En esto, la acústica geométrica difiere totalmente de la óptica geométrica.

REFLEXIONES SOBRE SUPERFICIES CURVAS

1º Superficies cóncavas

Consideremos un corte plano de una superficie cilíndrica, sea un arco de círculo reflector MN , de centro O . La fuente sonora es S . Consideremos los rayos extremos SM y SN , así como un rayo intermedio SL . El rayo SM se refleja según SX , de tal forma que el ángulo de reflexión OMX sea igual al ángulo incidente SMO . De la misma forma, SL se refleja según LY , y SN según NZ .



Se ve claramente que todos los rayos sonoros vienen a concentrarse en una región casi puntual, R , que es la imagen de S en el espejo MN . En la región R hay acumulación de sonido.

Si un espectador se encuentra en una región de acumulación de sonido, él oír directamente los sonidos emitidos por la fuente sonora S , y además oír los reflejados por MN igual o más fuertes que los directos. Y si la diferencia de recorrido entre el rayo directo y el reflejado es superior a 12 metros, dicho espectador no distinguirá entre sí las sílabas consecutivas, y no comprenderá las palabras.

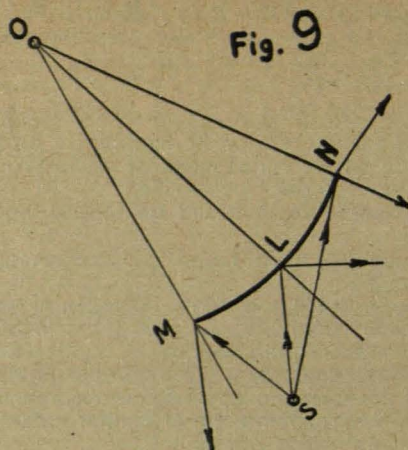
Por consiguiente, en cualquier sala, las superficies cóncavas son de evitar.

2º Superficies convexas

Repitiendo lo que acabamos de hacer con las superficies convexas, se ve claramente por la figura 9 que las superficies convexas no concentran el sonido, sino que lo difunden. Esta cualidad puede ser aprovechada en las salas revistiendo de motivos decorativos, en forma general de grandes superficies convexas, las partes de las paredes donde llegan sonidos que no es interesante absorber, sino difundir en toda la sala.

DIMENSIONES Y FORMA DE LAS SALAS DE CINE

En las salas de cine no existe, generalmente, problema de



dimensiones máximas a causa de la cantidad de energía sonora a mantener en ella. Los aparatos de reproducción de los sonidos son capaces de mantener en las más grandes salas una intensidad adecuada de la sensación auditiva, y se podrían hacer salas de cine para 10.000 y 15.000 espectadores. Se construyen actualmente aparatos para la reproducción del sonido capaces de mantener una sensación auditiva de 70 decibeles en las más grandes salas. Entonces, para estu-

diar una sala de cine, no habrá limitación práctica a sus dimensiones.

No obstante, es preciso tener en cuenta que cuanto mayor es una sala más peligro hay de que se produzcan ecos, interferencias, acumulaciones de sonido y que sea transgredida la ley de los 12 metros. Cuanto mayor sea la sala, más cuidado se debe tener al establecer el proyecto de la misma. Esto no quiere decir que una sala pequeña puede hacerse de cualquier manera. El ejemplo de una sala pequeña inaugurada en Madrid en 1944 nos demuestra lo contrario.

En cuanto a la forma de las salas, es cierto que en la práctica la forma más usual es la rectangular. Nos limitaremos a reproducir en las figuras 10 a 16 una serie de secciones de salas, unas aconsejables, otras a evitar. Recordemos una vez más que las superficies cóncavas y los techos en forma de bóveda son de evitar absolutamente.

REPARTICION DE LAS SUPERFICIES ABSORBENTES EN UNA SALA

Hemos visto en un capítulo anterior que se puede y se debe determinar por el cálculo la superficie de material absorbente que es necesario colocar en la sala para que el tiempo de reverberación sea correcto. Ahora bien, no conviene distribuir dicha superficie de cualquier forma en las paredes y en el techo de la sala.

En primer lugar, en todos los casos es menester revestir la pared de fondo de materiales fuertemente absorbentes.

Pero dicha pared no es casi nunca de bastante superficie

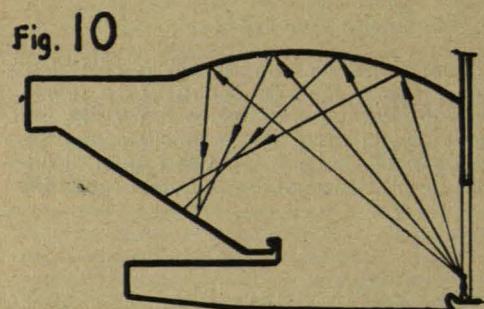


Fig. 10. Sección de una sala con techo de cúpula. Se nota una mala distribución del sonido y una concentración perniciososa.

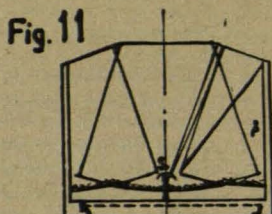


Fig. 11. Estudio de un techo. Ambas formas dan una buena repartición del sonido, evitándose las concentraciones.

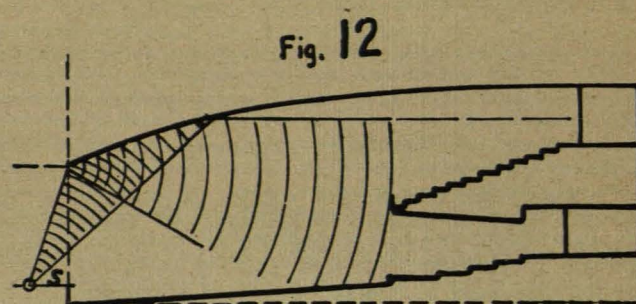


Fig. 12. Sección de P. SABINE. Techo ligeramente parabólico y techo debajo del palco ligeramente inclinado hacia el fondo.

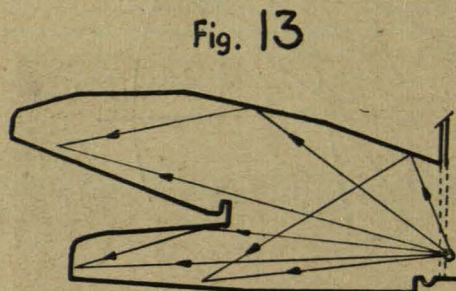


Fig. 13. Una buena sección para un cine. Buena distribución del sonido.

Fig. 13

Fig. 15

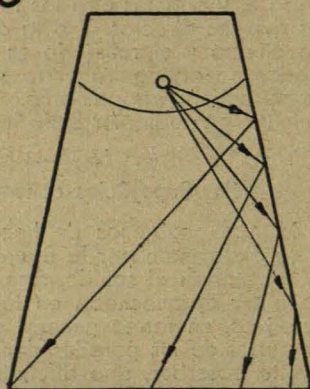


Fig. 15. Sala trapezoidal. Zona de audición directa amplia, buen aprovechamiento del efecto direccional del altavoz.

Fig. 14

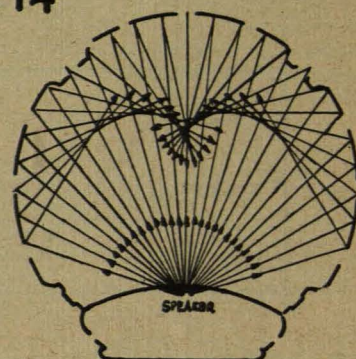


Fig. 14. Plano circular. Hay formación de eco y zonas de concentración y otras de rarefacción del sonido.

Fig. 16

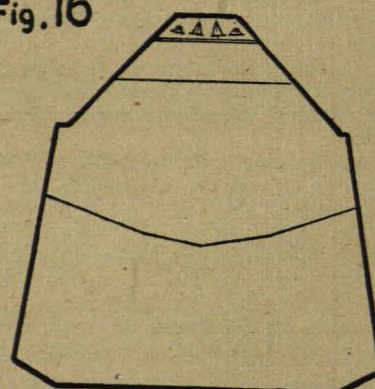


Fig. 16. Sala en forma de trapecio tronqueado. Buena forma que evita las interferencias y una mala distribución del sonido.

disponible para que en ella sean colocados todos los metros cuadrados de materiales absorbentes necesarios. Entonces se deberán revestir las paredes laterales. Si dividimos en 10 partes iguales la longitud de la sala, y si damos el número 1 a la parte más cercana a la pantalla, el 2 a la siguiente, etc., y el 10 a la última, las partes donde es más indicado colocar el revestimiento absorbente son los números 3, 8 y 9. Lo demuestra un estudio geométrico-acústico apropiado, que sería demasiado largo para ser expuesto aquí.

Naturalmente, si aun no es bastante con recubrir dichas partes para alcanzar la superficie necesaria, se colocará el resto en las partes números 4 y 6, ó bien 5 y 7.

Por regla general, es mejor distribuir la superficie de material absorbente en forma de paneles, alternando una superficie absorbente con otra no absorbente. Esta manera de proceder permite además armonizar el acondicionamiento con la decoración.

También por razones combinadas de acústica y de decoración, sin hablar del carácter práctico del asunto, conviene que los paneles de materiales absorbentes comiencen a una altura de 1,60 a 2 metros sobre el nivel del suelo, y terminen a una distancia de 0,50 a 1 metro del techo.

Por lo que se refiere al techo, si la altura de éste sobre el nivel del suelo no es superior a 10 metros, no es menester recubrirlo de materiales absorbentes, salvo el caso en que no se ha podido colocar en las paredes toda la superficie necesaria. Si la altura del techo es superior a 10 metros, puede ser necesario revestirlo parcialmente con un material absorbente. En este caso, el sitio más a propósito para colocar dicho revestimiento es generalmente hacia el medio de la sala; sólo un estudio profundizado de la cuestión permite determinarlo en cada caso.

CAPITULO V

LOS APARATOS ELECTRO-ACUSTICOS

Hemos visto al principio del presente estudio que las condiciones geométrico-acústicas de las salas tienen una relación estrecha con las condiciones de los aparatos electro-acústicos.

Salte del cuadro del presente artículo el hablar detalladamente de dichos aparatos. Indicaremos únicamente que la potencia óptima del altavoz se puede calcular por la fórmula de AGNIER:

$$P = \frac{V}{T} \times 10 \frac{N-70}{10},$$

donde **P** es la potencia del altavoz expresada en microvatios.

V es el volumen de la sala en metros cúbicos.

T es el tiempo de reverberación de la sala.

N es el nivel sonoro que se quiere obtener en la sala, en decibeles.

RUIDOS DE FONDO

El nivel sonoro adecuado en una sala depende a su vez del nivel de los ruidos de fondo, los cuales son siempre perjudiciales, y deben eliminarse en el límite de lo posible. Dichos ruidos son de dos clases:

a) Los originados en la misma sala, que tienen varias causas:
—El mismo aparato sonoro; conviene siempre que la cabina de proyección sea bien construída y debidamente aislada.

—El susurro de los espectadores, cuya eliminación es únicamente una cuestión de disciplina del público.

—El roce de los pies de los espectadores sobre el suelo, que puede ser considerablemente atenuado revistiendo este último de una alfombra o de una estera.

b) Los originados fuera de la sala, particularmente intensos en los cines que se hallan en las calles de mucho tránsito. Su eliminación se consigue con un aislamiento acústico adecuado, que debe comenzar por los cimientos del edificio. Dichos problemas se salen del marco del presente estudio.

Cuanto más elevado es el nivel de los ruidos de fondo, más elevada debe ser la potencia sonora del altavoz. El ideal es que los ruidos de fondo sean muy pequeños y que se dé al altavoz una potencia que sea lo justo para que un oído humano normal pueda entender perfectamente las palabras sin ningún esfuerzo.

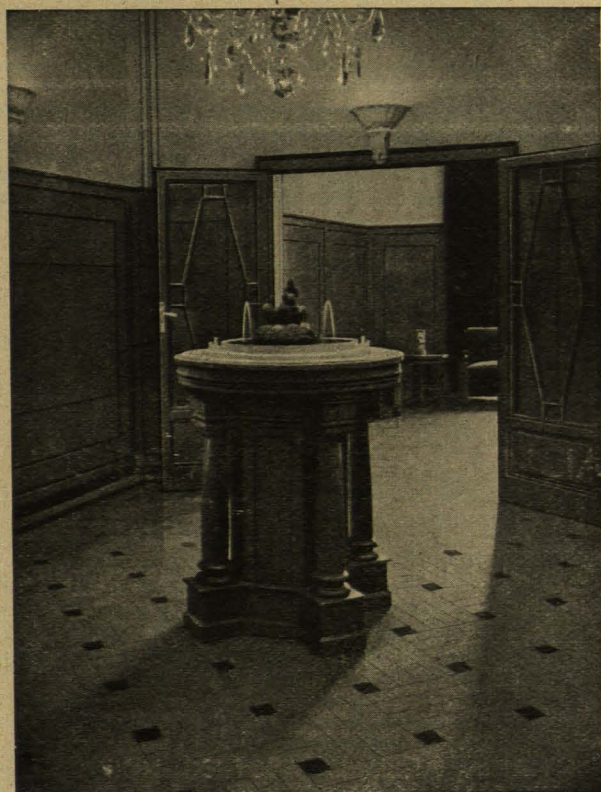
CONCLUSION

Hemos estudiado en sus grandes líneas la acústica interna de una sala de cine. Quedaría mucho por decir. No pretendemos haber dado todos los elementos suficientes y necesarios para emprender el estudio completo de la sala. No obstante, creemos haber dicho lo suficiente para que se pueda tener una buena orientación sobre un problema al cual, desgraciadamente, no se presta siempre la atención debida.

Hemos tenido que limitarnos al caso de una sala de cine; pero repetimos que de la misma manera se estudian todos los locales donde interviene la emisión de sonidos y su recepción por oídos humanos. De todos esos locales, no debería construirse uno, ni dejarse uno ya construído, sin que sea estudiado y debidamente acondicionado. Me refiero a las salas de conferencias, a las aulas, a las salas de reunión, a las iglesias. Creemos que en dichos locales la acústica es tan importante y debe ser estudiada con el mismo cuidado que el alumbrado, la ventilación, la calefacción y la decoración.

EMPANELADOS MURALES Y PAVIMENTOS DE CORCHO ARMSTRONG

ADAPTABILIDAD Y VALOR DECORATIVO EXCEPCIONALES, UNIDOS A LAS MAS ALTAS CUALIDADES DE DURACION Y CONFORT



MANUFACTURAS DE CORCHO ARMSTRONG, S. A.
PALAMOS (GERONA)