

ESTUDIO Y SELECCION DE PARAMETROS CALIFICADORES DE SALAS DE CONCIERTOS

A. Giménez Pérez, Dr. Ingeniero Industrial
A. Marín Sanchís, Ingeniero Industrial
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE FISICA APLICADA
Apartado 22012 - 46071 (Valencia)

Resumen

En este trabajo se expone el estudio realizado sobre la evolución de criterios y la elección de parámetros para medir la calidad de Salas de Concierto.

Una parte importante de este trabajo lo constituye la revisión bibliográfica realizada, así como el cálculo de los parámetros seleccionados por medio de un programa de cálculo, implementado por ordenador, basado en la Acústica Geométrica (Método de Rayos Sonoros) y verificado experimentalmente en salas de diferente geometría y características acústicas. Asimismo se han establecido escalas de valoración de los distintos parámetros para diferentes estilos musicales.

Finalmente este cálculo se ha aplicado a la Sala de Conciertos "GROSER MUSIK-VEREINSSAAL" en Viena y a tres salas en Valencia.

Introducción

El principal problema para el estudio acústico en Salas de Conciertos es la variabilidad de la fuente sonora musical, dependiendo de las diferentes representaciones. Por ello, para que la calificación de la sala tenga carácter general, es necesario utilizar condiciones standard respecto a la fuente sonora elegida. En nuestro caso será FUENTE PUNTUAL ESFERICA OMNIDIRECCIONAL.

La primera fase de este estudio lo constituye la selección de parámetros calificadores. Si el análisis de criterios de evaluación se hace cronológicamente, comenzaríamos por Baine, para el que el único parámetro válido es el Tiempo de Reverberación, pero en la actualidad este parámetro es insuficiente para realizar la evaluación completa (1).

Las cualidades subjetivas que definen la audición musical, siguiendo los estudios realizados por tres grupos de investigadores de Dresden, Berlín y Gottingen e investigadores como Jordan y Beranek que trabajan en este campo, se establecen sobre tres criterios:

- Criterios energéticos para el cálculo de la calidad llamada TRANSPARENCIA.
- Criterios temporales que cuantificarán la calidad subjetiva llamada REVERBERACION.
- Criterios espaciales para el cálculo de parámetros que den la IMPRESION y SENSACION DE ESPACIO.

Con el estudio y análisis comparativo de los parámetros de cada criterio indicado, obtenemos los parámetros fundamentales adoptados para la calificación de Salas de Conciertos.

Selección de parámetros

a) Criterio Energético

El significado de las relaciones energéticas temporales para la audición musical está en la

percepción separada de tonos en el tiempo y de instrumento tocados simultáneamente.

Los parámetros seleccionados son Definición (D) y Claridad (C), siendo sus ecuaciones de cálculo:

$$D = \frac{E_{O,50}}{E_{O,\infty}}$$

$$C = 10 \log_{10} \frac{E_{O,80}}{E_{80,\infty}} \quad (\text{dB})$$

donde E representa la energía sonora, y los subíndices se refieren al tiempo medido en milisegundos.

Estos parámetros relacionan la energía temprana que llega al receptor en los primeros 50 milisegundos con la energía total, para la Definición y como logaritmo decimal de la fracción energética entre los primeros 80 milisegundos después de la llegada del sonido directo y la energía total a partir de los 80 milisegundos para la Claridad.

b) Criterio Temporal

El cálculo temporal de la respuesta de una sala conduce a determinar la reverberación.

Los parámetros adoptados para este criterio son el Tiempo de Reverberación (RT) y el Primer tiempo de Descenso (EDT).

El RT, definido por Sabine es el tiempo necesario para un descenso sonoro de 60 dB y el EDT es el tiempo necesario para descenso de 10 dB.

Hemos adoptado estos parámetros tras el análisis de trabajos realizados por investigadores como Jordan (1, 2, 3, 4, 5) y Schroeder (6, 7) que estudian diferentes parámetros a partir de la curva sonora, entre ellos RT y EDT, concluyendo que éstos son más subjetivos que otros "tiempos de reverberación" (RT_{5,-35}, RT_{0,-15}).

c) Criterio Espacial

La impresión de espacio es la sensación auditiva, que se tiene en un recinto cerrado, de estar junto a la fuente sonora.

La evaluación de la impresión espacial se realizará mediante los parámetros: Factor de Energía Lateral (L) y Grado de Correlación (K), calculándose mediante las siguientes expresiones:

$$L = \frac{E_{\text{lat}(5,80)}}{E_{\text{total}(0,80)}}$$

$$K = \frac{E_{\text{front}(0,100)}}{E_{\text{total}(0,100)}}$$

En base a las experiencias realizadas por Barron y Marshall (11) sobre la influencia de la dirección de las reflexiones en la impresión espacial, se considera como ENERGIA NO LATERAL aquella que incide frontalmente sobre el oyente dentro de un ángulo de $\pm 6^\circ$ respecto al eje perpendicular al eje de los oídos. Asimismo, los intervalos temporales de estos parámetros obedecen a las experiencias realizadas por diferentes investigadores (8, 9, 10, 11).

El parámetro L es un indicador de la calidad acústica de una sala por análisis de las reflexiones laterales tempranas y el parámetro K es una medida de la coherencia entre las señales que llegan a cada oído.

Cálculo de parámetros

El cálculo de los parámetros de calificación seleccionados se realiza mediante el modelo de cálculo propuesto, en el que se utiliza como se ha indicado, fuente sonora puntual esférica omnidireccional.

a) Criterio Energético

El cálculo de los parámetros energéticos se efectúa para cada punto de audiencia, es decir para cada zona en que se ha discretizado la superficie de audición en la sala, fijando el origen de tiempos con la llegada del primer rayo y a partir de ahí acumulando la energía en los intervalos de tiempo fijados para cada parámetro.

b) Criterio Temporal

La reverberación ha sido hasta hace unos años la característica fundamental para el diseño y calificación de salas como muestran los estudios iniciados por Sabine 12 para el tiempo de reverberación. Otros investigadores, como Eyring, Millington y Pujolle, propusieron diferentes expresiones para su cálculo que han sido criticadas por diferentes investigadores (6, 13, 14, 15, 16) que han indicado diferentes técnicas, procesos de medición y cálculo para evitar algunos errores cometidos al utilizar ecuaciones que consideran coeficientes medios de absorción sonora.

En nuestro caso, el cálculo de RT y a partir de él de EDT se realiza mediante el análisis directo de la curva sonora. Para ello, basándose en la Teoría Geométrica de Rayos Sonoros 17, se realiza la generación y seguimiento de éstos y el cálculo de la energía y su reparto temporal-espacial. Este cálculo se ha presentado en el 7 Congreso de la Federación de Sociedades Acústicas de Europa, FSE-87 (18).

c) Criterio Espacial

El cálculo de estos parámetros se realiza para cada punto de audiencia, tomando como origen de tiempos el instante de impacto del primer rayo y

acumulando la energía que llega en los intervalos de tiempo fijados y en el rango de ángulos que definen la energía frontal y lateral.

Escalas de Valoración

a) Criterios Energético

Los intervalos de variación para la Definición y sus valores óptimos, estudiados por diferentes investigadores (16, 19, 20, 21, 22, 23), ensayando en diferentes salas con variados motivos musicales, indican que su valor es independiente de la situación en la sala y del estilo musical.

Para la Claridad, parámetro estudiado por investigadores referenciados en (9, 24), se observó que los valores de C que garantizan una audición adecuada varían según la posición en la sala y el fragmento musical, pues este parámetro expresa la habilidad para separar sonidos instrumentales.

b) Criterio Temporal

Los valores óptimos de RT y EDT, dependientes ambos de la frecuencia y estilo musical, se han obtenido tomando como modelo de cuantificación el propuesto por Kuhl (26), Beranek (22) y estudios posteriores (23, 24, 25) que cuantifican diferentes parámetros, en base a la calificación de las salas de conciertos más representativas realizada por los autores mencionados.

c) Criterio Espacial

Sobre los parámetros seleccionados como calificadores de la impresión espacial, Gottlob, Siebrasse, Schroeder y Barron (8, 9, 11) realizan medidas en 25 Salas de Conciertos, concluyendo que, con independencia del estilo musical, los campos acústicos preferidos son aquellos que tienen gran parte de energía temprana con incidencia lateral, siendo ambos parámetros independientes del estilo musical y situación en la sala.

Como se observa, los parámetros seleccionados para la calificación de salas son dependientes de diferentes variables (frecuencia, estilo musical, situación en la sala). Por ello hemos establecido una escala individual para cada uno de ellos, que proporcionará su valor máximo para valores óptimos y puntuación inferior cuando éstos se alejen del óptimo. Sumando las puntuaciones parciales de todos los parámetros, se obtiene la puntuación global de la sala, con máximo de 11 puntos (criterio energético, 4 puntos; criterio temporal, 3 puntos y criterio espacial, 4 puntos), que autoriza a calificarla como EXCELENTE [9,11], BUENA [7,9], CRITICA [5,7] y DEFICIENTE [0,5].

Se ha asignado puntuación ligeramente inferior a los parámetros temporales pues, aunque el RT ha sido durante mucho tiempo el parámetro fundamental (3,22), en las tendencias actuales, las

cualidades más importantes son la Impresión Espacial (11, 27, 28, 29) y la Transparencia de Tonos (30, 31, 32, 33).

En las figuras 1, 2, 3, 4, y 5 se muestra de forma gráfica la puntuación de los diferentes coeficientes de valores C_D , C_C , C_{EDT} , C_{RT} , C_K , C_L , en los diferentes estilos musicales para los posibles valores de cada parámetro.

Aplicación

Mediante el programa de cálculo, se ha obtenido el valor de los parámetros de calificación indicados en la sala GROSSER MUSIK-VEREINSSAAL de Viena y en tres diferentes salas de Valencia, determinando a partir de los resultados de este análisis su calificación para la audición musical en diferentes estilos.

Este estudio para la sala Grosser ha dado resultados similares a los obtenidos por investigadores como Beranek 22 y Leipp 34, quedando éstos resumidos en el siguiente cuadro:

Estilo musical	Calificación
Música clásica	Excelente Ligeramente superior en asientos traseros
Música barroca	Buena
Música romántica	Excelente Ligeramente inferior en asientos traseros

Resultados experimentales

El modelo de cálculo propuesto (35) se ha verificado calculando los niveles sonoros a frecuencias medias-altas en varios puntos de las tres salas ensayadas. Estos valores se han comprobado con los niveles experimentales, obtenidos mediante fuente sonora patrón y, finalmente, se ha realizado el cálculo de los parámetros calificadores.

En las figuras siguientes, se muestra la actuación de los diferentes puntos de medida para el Salón de Actos del C.C.C.A. de Valencia (sala de geometría irregular cuyas dimensiones máximas: largo, ancho, alto son 25x11x7 metros), así como los resultados de los parámetros calificadores y la valoración de los mismos para música clásica, barroca y romántica, según las escalas propuestas.

Como puede observarse en la figura 6,

aparece la distribución de 22 puntos y, en la tabla de resultados, el número de puntos es 53. Los primeros corresponden en ambos casos a la situación en la sala de los puntos de medida y los 31 restantes están distribuidos en toda la zona de audición.

La calificación para esta sala, obtenida a partir de los resultados de los parámetros, (fig. 7), se

Estilo musical	Calificación
Música clásica	Crítica-Buena
Música barroca	Buena-Crítica Ligeramente superior en asientos traseros
Música romántica	Crítica

muestra en el siguiente cuadro; cabe indicar que estos resultados reflejan la opinión que tienen los músicos sobre ella.

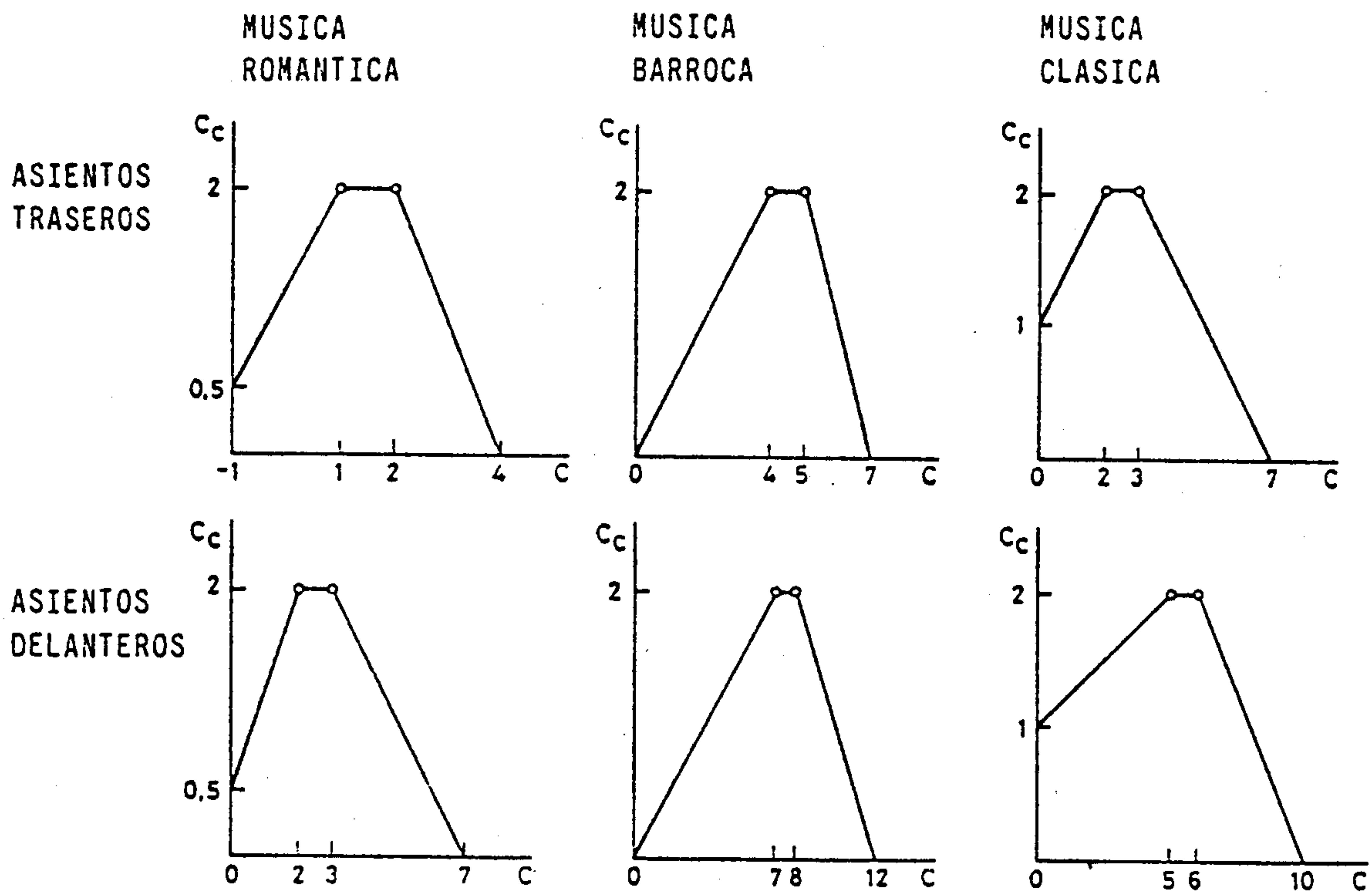
Conclusiones

Se ha aplicado una escala de valoración para Salas de Conciertos a partir de parámetros acústicos cuyo cálculo se realiza mediante la aplicación de un modelo, implementado por ordenador, basado en la acústica geométrica.

La bondad de los criterios establecidos y su cálculo se ha comprobado aplicándose a la sala GROSSER en Viena, de excelente calidad acústica. Asimismo, se ha aplicado este análisis y calificación a tres diferentes salas en Valencia, comprobándose experimentalmente los resultados. Esto permite determinar la adecuación o inadecuación de una sala para la audición musical, con la posible mejora de puntos o características acústicas. críticas.

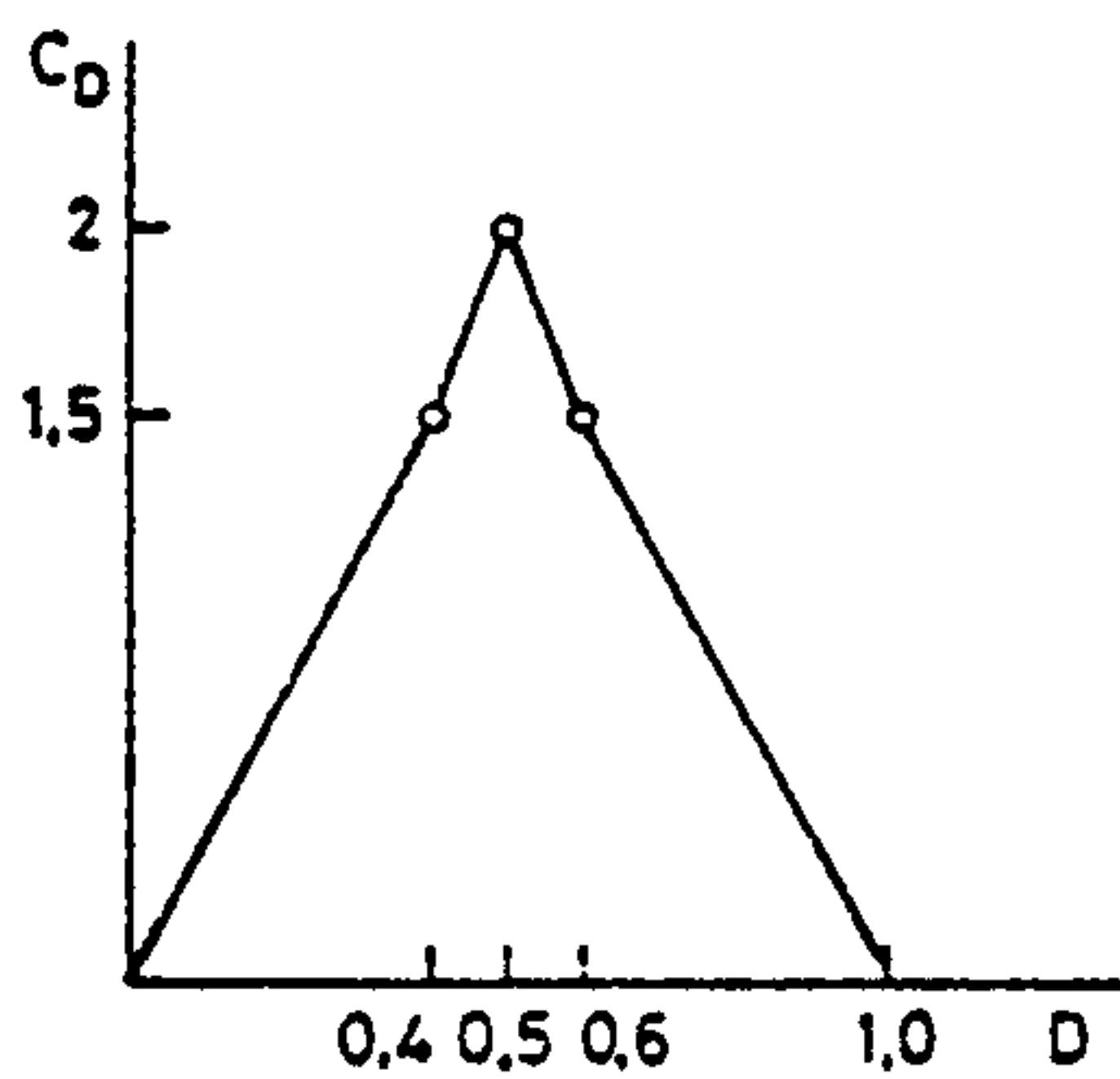
"CLARIDAD"

fig.1



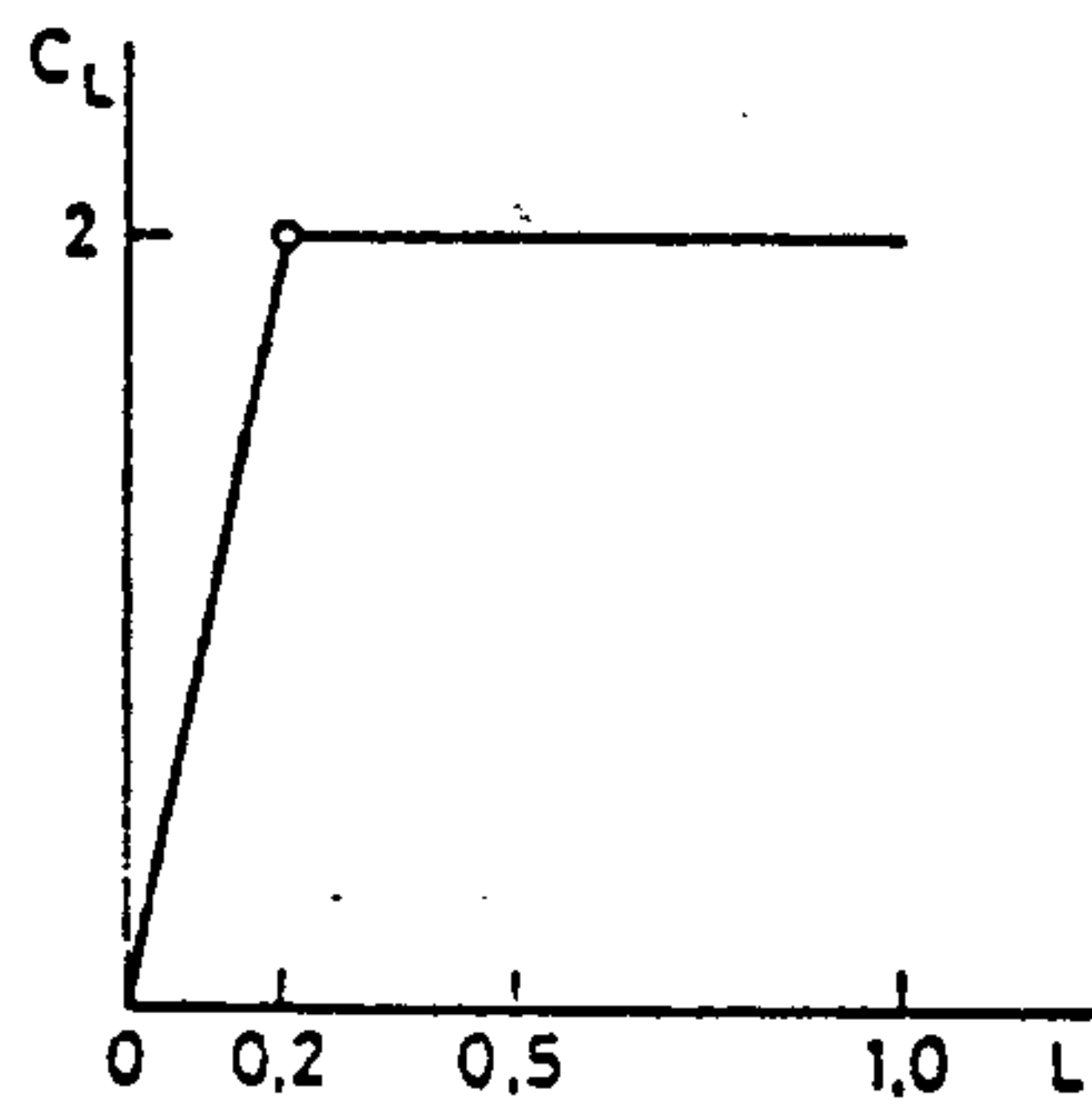
"DEFINICION"

fig.2



"FACTOR ENERG. LAT"

fig.3



"GRADO DE CORRELACION"

fig.4

