

Evaluación de parámetros de calidad sonora en interior de locales de restauración

REFERENCIA PACS: 43.55.-Hy Subjective effects in room acoustics, speech in rooms, 43.55.-Ka Computer simulation of acoustics in enclosures, modeling, 43.58.Ta Computers and computer programs in acoustics

José Romero(1), Francisco Segura(1), Jaume Segura(2),
Salva Cerdá(1), Enrique A. Navarro(2)

- 1 Universitat Politècnica de València, romerof@fis.upv.es; salcerjo@mat.upv.es
- 2 IRTIC - Universitat de València, jsegura@uv.es; eanc@uv.es

Abstract

Restaurant rooms are very concurred environments in summer. The acoustical conditions in these rooms have influence in the perception of the customers, in the nuisance or pleasantness of the environment (according to the Zwicker formulae), but these parameters are not the only ones, because there are other descriptors influencing as the background noise and the soundscape (sound environment) generated in each room.

In these work, we have assessed different parameters of sound quality (loudness, sharpness, fluctuation and tonality). Moreover, the acoustical conditions of the room, to determine the effects of the noise climate on the customers in each one of the restaurants in the Grao of Gandia (Valencia)

Resumen

Los locales de restauración, en general, son entornos muy concurridos durante el verano. Las condiciones acústicas de éstos influyen en gran medida en la percepción de los clientes, sobre la molestia o agrado del entorno (de acuerdo con las fórmulas de Zwicker), pero estos parámetros no son los únicos, ya que influyen otros descriptores como el ruido de fondo y el propio ambiente sonoro que se genera en cada local.

En este trabajo hemos evaluado diferentes parámetros de calidad sonora (*loudness*, *sharpness*, *roughness*, fluctuación y tonalidad), además de las condiciones acústicas del local, para determinar los efectos sobre los clientes del ambiente en cada uno de los restaurantes estudiados en el Grao de Gandía (Valencia).

1. INTRODUCCIÓN

Desde el Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación se exige el cumplimiento de unos parámetros acústicos determinados, ofreciéndose además varias soluciones arquitectónicas para que el proceso de diseñado asegure el correcto cumplimiento de las exigencias.

Esta legislación obliga, asimismo, a que todos los locales dedicados a actividades públicas, como pueden ser locales de restauración, hospitales, o salas destinadas a uso público, cumplan además unas exigencias referentes al acondicionamiento acústico para que las personas que vayan a pasar sus horas de ocio disfruten de un confort acústico acorde a ellas. Cabe destacar la importancia de la incursión de estas medidas, puesto que los locales dedicados a actividades relacionadas con el ocio son numerosos en España, -el sector terciario o de servicios presenta un gran desarrollo- y por ello se ha intentado lograr que sean conformes a su función dentro de la sociedad.

En este sector destacan sobremanera los locales destinados a la restauración. En España existen más de 320.000 bares y restaurantes -el número más elevado dentro de la Comunidad Europea-, y hasta ahora estos lugares sólo eran aislados acústicamente para evitar que el ruido que generan molestara a los locales contiguos y viceversa. En la actualidad se pretende que todo local de estas características que sea de nueva construcción esté acondicionado acústicamente de forma que las personas que se encuentren en su interior puedan disfrutar de unas garantías de calidad acústica. Analizando el Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación se observa cierto vacío a la hora de proponer soluciones arquitectónicas para acondicionar este tipo de locales, quedando sólo expuestos los resultados que se pretenden conseguir y una serie de opciones de diseño para conseguirlo que no quedan detalladas de manera satisfactoria. Este vacío existente se hace extensible también a aquellos locales que no estando obligados a cumplir con las exigencias por estar contruidos desde antes de la entrada en vigor de la legislación, pretendan adecuarse a las nuevas exigencias o directamente quieran mejorar el acondicionamiento acústico existente.

La determinación de las características objetivas de la sala y del estudio psicoacústico del ambiente sonoro en el local durante, por ejemplo una cena en un día normal, van a permitir analizar y extraer conclusiones respecto al ambiente sonoro generado en este tipo de locales.

2. PROBLEMÁTICA DE LAS SALAS DE RESTAURACIÓN

Las salas de restauración presentan, por lo general, una serie de problemas acústicos que atendiendo a diferentes consideraciones como son el tipo de ruido o las propias características del local.

3.1.- Problemática general de los locales de restauración

En general, y sin entrar en las particularidades arquitectónicas de la sala, los locales destinados al ejercicio de la restauración suelen poseer en mayor o menor medida los tres tipos de ruidos existentes:

- Ruido de impactos: debido a la gran actividad interna que existe en este tipo de recintos, se ocasiona un alto ruido de impactos producido por arrastres de sillas, pisadas, golpes en la barra, caída de objetos...etc.
- Ruido aéreo: ocasionado por las conversaciones entre los comensales, que será el que primará sobre el resto de ruidos –a excepción de la música ambiente o la televisión, en el caso de que existieran-.
- Vibraciones: la utilización de elementos necesarios para garantizar el mínimo exigible en confort e higiene dentro de la sala como son los extractores de humos, las cámaras frigoríficas, el aire acondicionado, etc., provocan ruido en forma de vibraciones que se propagarán indistintamente por los elementos estructurales del edificio.

Por otra parte, es necesario diferenciar los distintos tipos de salas de restauración existentes y cuales son las fuentes sonoras que ocasionan los problemas derivados del exceso de ruido:

- Bares o tabernas: Los problemas de ruido interno en este tipo de recintos se deben fundamentalmente al arrastre de sillas, barriles y a impactos sobre la barra. Se requiere un acondicionamiento acústico de gran exigencia para frenar los ruidos producidos por las vibraciones de motores y el ruido estructural que producen las instalaciones.
- Cervecerías, pizzerías y bares con horario nocturno: La diferencia de estos locales con los anteriores es que al aumentar el horario de noche, el ruido de fondo subyacente disminuye haciéndose más patente la actividad del local. Igualmente se deberá tratar de acondicionar específicamente el local para paliar las vibraciones de motores y el ruido estructural que producen las instalaciones.
- Restaurantes: En estos locales es necesario acondicionar el recinto destinado a comedor para conseguir un confort acústico conforme con la exigencia de poder conversar razonablemente durante una comida, sin necesidad de elevar la voz y sin oír conversaciones vecinas, provocado por un exceso de reverberación.

En condiciones normales, la parte del local destinada a los comensales en los locales de restauración nos encontramos con que la mayoría de las mesas están ocupadas, y en ellas hay diversas conversaciones. Estas conversaciones generan en suma un ambiente ruidoso y molesto, obligando a los participantes a elevar continuamente el tono de voz para superar el ruido de fondo de las demás conversaciones, entrando así en un círculo vicioso que sólo verá su fin en el momento que la sala empiece a vaciarse. Este es un problema común no deseado que se presenta cuando el recinto no posee un acondicionamiento acústico satisfactorio.

El proceso que da origen al problema del ruido aéreo es que las ondas sonoras generadas por los comensales son emitidas dentro del local, de modo que los cerramientos actúan para que las ondas sonoras se propaguen indistintamente de la siguiente forma: la conversación, que no es más que una de las formas que adopta el sonido, viaja no solo hacia su destinatario, que formaría el llamado campo sonoro directo, sino que también se propaga en las demás direcciones, afectando a las otras mesas, convirtiéndose los demás comensales en oyentes indirectos. Este camino que recorren las ondas sonoras, también llega hasta el techo y las paredes, generando múltiples fuentes sonoras dando así lugar al llamado campo sonoro reverberante. Disminuir este campo sonoro reverberante aparece como la primera y principal solución buscada.

Existen otras fuentes de ruido que, si bien no son tan molestas, pueden llegar a complicar aún más el problema ya existente. Entre ellas tenemos dos tipos más de ruido comentados anteriormente: el ruido de impacto y el ruido de vibraciones. En el caso del local que nos ocupa, ya tiene realizada en su base arquitectónica un aislamiento acústico, de manera que el ruido proveniente del exterior podemos obviarlo por ser despreciable y estar ya tratado. Además, cabe destacar que los problemas del interior del local han intentado ser tratados con anterioridad y por ello se ha acondicionado la sala conforme se ha creído conveniente –la utilización de un techo acústico y la colocación estratégica de cortinas acústicas y telas cubrecristales para evitar que el sonido se refleje en éstos-, mejorando problemas de ruidos por vibraciones y de impactos y por contra sólo resultando fallido para el ruido aéreo generado por las conversaciones. Además se han analizado los distintos elementos constructivos existentes en el local, haciendo especial hincapié en revisar lugares críticos dentro de la sala en los que la utilización de determinadas instalaciones sea frecuente, como las cocinas y los cuartos de aseo. Tras esta revisión se descarta que estas instalaciones produzcan ruidos que se pudieran transmitir a través de conducciones de renovación de aire o por vía estructural debido a que las instalaciones citadas están correctamente aisladas del comedor, de manera que no intervienen acústicamente sobre éste. Por ello, únicamente se deberá mejorar el acondicionamiento acústico del espacio destinado al comedor.

3. METODOLOGÍA

En este trabajo se va a realizar un análisis de la situación de dos salas de restauración, mediante la medida y simulación de cada uno de los locales para el estudio de las condiciones acústicas actuales de los locales. A continuación se ha estudiado el ambiente sonoro en cada uno de los lugares mediante el estudio de los parámetros psicoacústicos de calidad sonora a partir de diferentes grabaciones.

3.1 LOCALES

3.1.1.- Pizzeria

Características de la sala

Las características acústicas de la sala vienen directamente relacionadas con el uso que se le da como local de restauración, cuyo uso principal es la palabra. El local correspondiente a la parte del comedor tiene unas dimensiones de $3,60 \times 18,80 \times 2,60 \text{ m}^3$, con un volumen total real de unos 176 m^3 y en él se encuentran dispuestas 33 mesas con 66 sillas.

En este espacio, la superficie útil para el uso de los clientes queda reducida a unos 69 m². Se han considerado diversas puertas (con una superficie de 3,328 m²) y ventanucos de la cocina (un total de 8 agujeros en la pared entre el comedor y la cocina con una superficie de 0,132m² cada uno) como elementos vacíos. A estos elementos se les ha asignado un coeficiente de absorción máximo, para simular el vacío que representan.

3.1.2.- Restaurante de cocina mediterránea

Características de la sala

El comedor de este local tiene como uso principal la palabra. Los datos geométricos de esta sala. El local correspondiente a la parte del comedor tiene unas dimensiones de 8,01*13,44*4,08 m³, con un volumen total real de unos 350m³ y una superficie útil para el uso de los clientes de unos 120 m². En él se encuentran dispuestas 20 mesas con unas 70 sillas. En la simulación se han hecho agrupaciones de mesas por bloques de manera que simulan, simplificando la geometría del local.

En este caso, dada la variedad de materiales que coexisten en las paredes se ha realizado un promedio por bandas de frecuencia a partir de los valores considerados de la librería de materiales de CATT Acoustics v8.



Figura 1: Detalle del equipo utilizado para realizar las mediciones en la pizzería

3.2 MODELOS PSICO-ACÚSTICOS

Los modelos psicoacústicos tratan de enlazar los parámetros psicoacústicos con las sensaciones sonoras percibidas. Normalmente, la sensación sonora corresponde al nivel de molestia o agrado de un sonido. Podemos considerar la calidad sonora como la inversa de la función de la molestia. Desde esta perspectiva física, la molestia depende de factores como el nivel, la frecuencia y duración. Psicológicamente, está relacionada a la interferencia de la atención, el momento del día o la activación emocional producida.

Los diferentes estudios realizados en este sentido sobre el agrado o molestia son relativamente recientes. Diversos autores han desarrollado modelos psico-acústicos. Entre ellos, el autor más relevante es Eberhard Zwicker, quien propuso dos modelos. A continuación se describirán los modelos formulados por Zwicker.

3.2.1 Modelo de agrado

Este modelo está orientado a comparar un par de sonidos y saber cual es más agradable para el receptor (de acuerdo con el modelo). Por ello, se establece una relación entre el nivel de agrado y el loudness (N), roughness (R), sharpness (S) y tonalidad (T). La expresión que los relaciona es:

$$P = e^{-0.7 \cdot R} \cdot e^{-1.08 \cdot S} \cdot (1.24 - e^{-243 \cdot T}) \cdot e^{-((0.023 \cdot N)^2)}$$

donde, P es el agrado, R: roughness, S: sharpness, T: tonality, N: loudness.

3.2.2 Modelo de molestia

A partir de los valores psico-acústicos de loudness (N), sharpness (S), fluctuation strength (F) and roughness (R) se puede obtener el nivel de molestia. Los valores de molestia producidos en nuestras medidas se calculan mediante la siguiente expresión:

$$Molestia = N \cdot (1 + \sqrt{w_S^2 + w_{FR}^2})$$

donde,

$$w_S = (S - 1.75) \cdot 0.25 \cdot \log(N + 10), w_{FR} = \frac{2,18}{N^{0,4}} \cdot (0,4 \cdot F + 0,6 \cdot R)$$

siendo N=loudness, S=sharpness, F=fluctuacion, R=roughness

4. RESULTADOS

4.1.- Pizzeria

Medidas

Se han realizado 8 medidas en la pizzería. Para la realización de las medidas de los parámetros de la sala se ha utilizado la tarjeta MLSSA para la adquisición de las señales y el software de procesado Cool Edit 2.1 con el plug-in AURORA 4.3, desarrollado por A. Farina.

Freq. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A	Lin
SNR [dB]	9,691	20,153	25,708	29,339	32,980	30,538	29,500	25,570	30,452
strenGth [dB]	1,177	13,592	18,594	20,091	23,127	21,236	17,844	20,284	20,484
C50 [dB]	13,355	9,169	6,623	7,620	8,083	5,579	6,963	7,153	7,050
C80 [dB]	13,688	15,104	11,429	11,854	12,643	10,290	12,086	11,852	11,704
D50 [%]	92,326	89,144	82,102	85,231	86,425	78,314	83,244	83,839	83,511
Ts [ms]	17,253	28,123	33,640	29,158	26,028	34,083	33,214	28,512	28,729
EDT [s]	0,242	0,357	0,437	0,423	0,396	0,528	0,408	0,437	0,441
Tuser [s]	0,304	0,534	0,413	0,438	0,480	0,509	0,400	0,456	0,468
T20 [s]	0,371	0,470	0,401	0,450	0,512	0,518	0,430	0,486	0,494
T30 [s]	0,364	0,720	0,412	0,448	0,493	0,516	0,449	0,500	0,490

Tabla con los parámetros de medida en la posición 5 con ambiente ruidoso

Simulación

Los valores de absorción sonora implementados, mediante el software CATT Acoustics v8, han sido extraídos de su propia librería de materiales, de modo que para calibrar el modelo y conseguir que presente una respuesta acústica equivalente al real. Para ello, se han ido variando levemente los valores de absorción sonora de los distintos elementos que forman parte de la sala hasta que cumpliera los criterios de calibración establecidos. La fuente ha sido ubicada en el modelo en el punto (X, Y, Z) = (1.5, 13, 1.5)

En primer lugar se muestra la gráfica del coeficiente de absorción total existente en la sala.

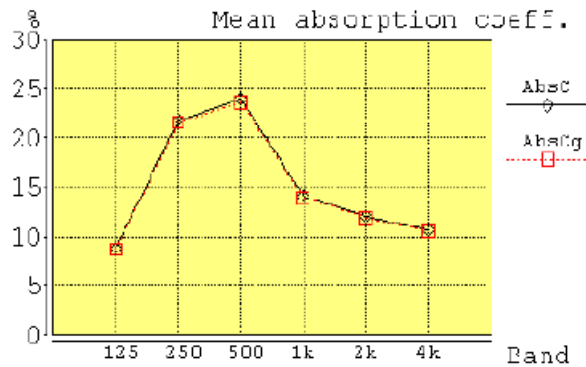


Figura 2: Coeficiente de absorción medio resultante de la sala

La calibración del modelo ha permitido que la tolerancia entre los valores medidos y simulados se encuentre por debajo del 10% para los valores de T30.

f(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
T30 medido	0,885	0,359	0,351	0,575	0,663	0,684
T30 simulado	0,88	0,37	0,36	0,53	0,65	0,65
DIF (%)	0,565	3,122	2,477	7,826	1,961	4,971

Tabla de absorción medio resultante de la sala

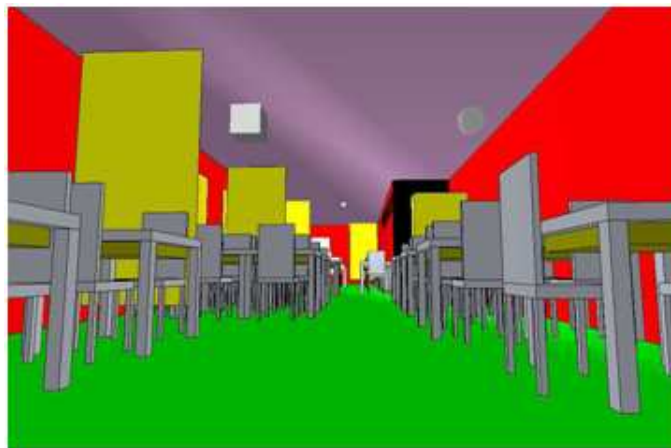


Figura 3: Detalle del modelo 3D utilizado para la simulación en la pizzería

4.2.- Restaurante de cocina mediterránea

Medidas

Se ha realizado 5 medidas en el local de cocina mediterránea.

Freq. [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A	Lin
SNR [dB]	11,891	24,430	29,238	22,796	23,010	21,732	16,501	13,992	24,835
strenGth [dB]	4,212	2,703	5,995	6,247	6,723	7,359	9,213	14,715	5,818
C50 [dB]	6,789	5,870	11,727	10,404	12,508	12,177	14,391	20,415	10,157
C80 [dB]	72,836	67,084	79,969	80,943	82,763	84,815	89,303	96,580	79,480
D50 [%]	72,346	64,211	79,857	80,718	82,150	84,021	89,265	96,478	79,064
Ts [ms]	59,226	56,014	44,248	36,527	35,596	31,796	24,512	15,706	39,070
EDT [s]	0,678	0,976	0,398	0,427	0,373	0,351	0,312	0,153	0,443
Tuser [s]	0,758	0,792	0,385	0,514	0,389	0,413	0,393	0,236	0,596
T20 [s]	0,590	0,645	0,531	0,464	0,427	0,410	0,380	0,299	0,576
T30 [s]	0,574	0,605	0,594	0,442	0,438	0,401	0,377	0,303	0,548

Tabla con los parámetros de medida en la posición 1 con ambiente ruidoso

Simulación

Los valores de absorción sonora implementados, mediante el software CATT Acoustics v8, han sido extraídos de su propia librería de materiales. Igualmente como en el caso anterior se han establecido unos criterios de calibrado del modelo en referencia a las medidas y se ha ajustado para tener un error relativo menor del 10%, lo cual permite tener un JND adecuado para el parámetro T30 (uno de los más sensibles a variaciones). De esta manera, se ha podido calibrar el modelo y conseguir que presente una respuesta acústica equivalente al real. La fuente ha sido ubicada en el punto (X, Y, Z) = (5, 2.3, 1.5) del modelo. La figura 4 muestra la gráfica del coeficiente de absorción total promedio existente en la sala.

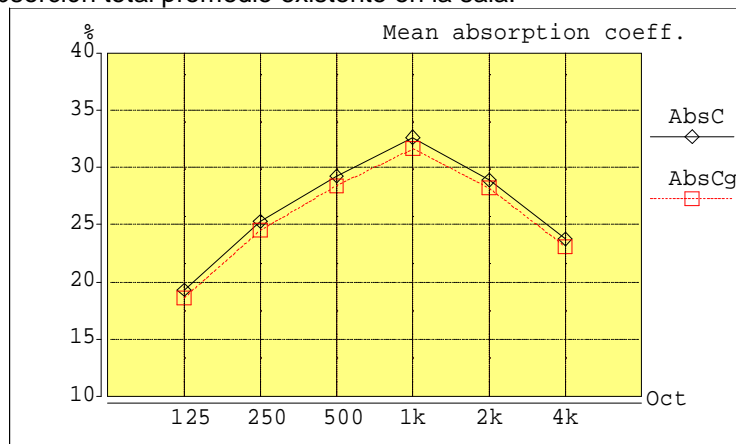


Figura 4: Coeficiente de absorción medio resultante de la sala

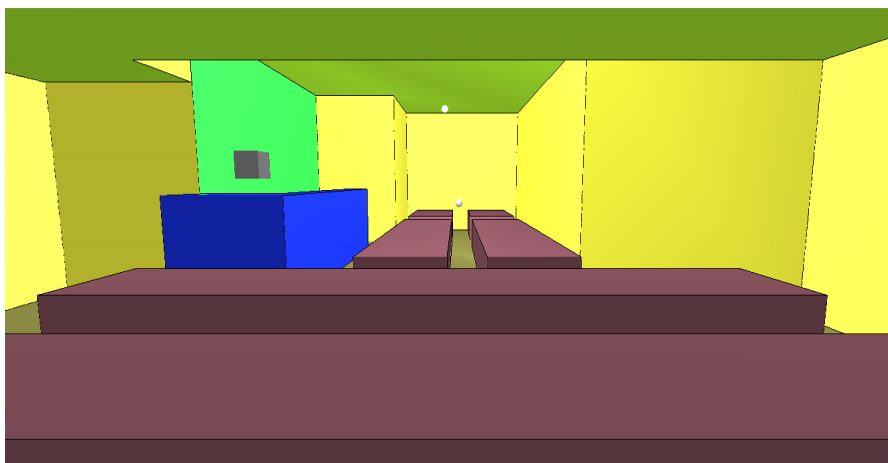


Figura 5: Detalle del modelo 3D utilizado para la simulación en el restaurante de cocina mediterránea

4.3.- Cálculos psicoacústicos

A partir de las fórmulas expuestas en el apartado 3.2 se han analizado, mediante el paquete ARTEMIS, diferentes parámetros psicoacústicos en dominio del tiempo, de manera que ha sido posible realizar una gradación por percentiles de cada uno de los parámetros calculados (*loudness*, *roughness*, *sharpness*, *tonalidad*, y fluctuación). A partir de estos percentiles ha sido posible comparar el agrado y la molestia en ambos locales.

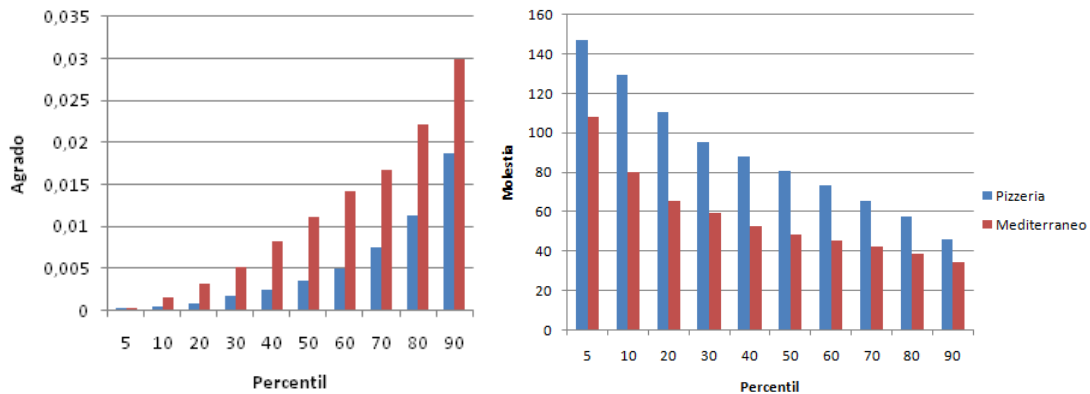


Figura 6: Comparación de percentiles temporales para los modelos de agrado-molestia

El estudio estadístico de los diferentes parámetros en cada uno de los percentiles temporales y su aplicación a los modelos de agrado-molestia de Zwicker, ha dado como resultado los gráficos de la figura 6. En ellos se observa como durante casi todo el tiempo registrado, el ambiente sonoro en el local de cocina mediterránea es más agradable que en la pizzería.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos estudiado las condiciones acústicas de dos locales de restauración mediante la medida. Además se ha realizado un modelo de simulación acústica para cada uno de los locales y este modelo ha sido calibrado con las medidas. Los locales son adecuados para el uso de la palabra, pero sus condiciones pueden ser mejorables.

Al aplicar los modelos de molestia-agrado a la grabación del ambiente sonoro en cada uno de los locales, observamos que en el caso del local de cocina mediterránea el ambiente es más sonoro agradable. Esto es debido a que las condiciones acústicas en este local permiten a los clientes una mejor comunicación y un mayor control de la intensidad de emisión sonora.

En este trabajo se ha comprobado que es posible establecer criterios de calidad para locales públicos de restauración, de manera que pueden servir para la evaluación de estos establecimientos, además de los criterios culinarios que son establecidos por los críticos.

6. BIBLIOGRAFIA

- Dragana Sumarac-Pavlovic, Miomir Mijic, Husnija Kurtovic; "A simple impulse sound source for measurements in room acoustics" *Applied Acoustics* 69 (2008) 378–383
- CATT-Acoustics v8. User's Manual: Room Acoustic Prediction and Desktop Auralization. CATT, Göthenburg (Sweden), 2002.
- MLSSA, Maximun-Length Sequence System Analyzer, Reference Manual, version 10W. DRA laboratories.
- A. Farina, F. Righini, "Software implementation of an MLS analyser, with tools for convolution, auralisation and inverse filtering", *Proc. of the 103rd AES Convention*, New York, 26-29 September 1997.
- R. Murray; *The Soundscape*. Destiny books, 1993
- E. Zwicker and H. Fastl; *Psycho-acoustics: Facts and Models*. Springer, 2nd updated edition, 1999.
- Barry Blesser and Linda-Ruth Salter. *Spaces speak, are you listening?. Experiencing aural architecture*. MIT Pres. 2006.
- J. Blauer. *Communication Acoustics*. Springer 2005.