

ANÁLISIS DEL CONFORT ACÚSTICO EN DIFERENTES AMBIENTES

PACS: 43.50.Rq

Martín B., M^a Ángeles¹, Tarrero F., Ana Isabel¹, Anta P., Alfonso, Enríquez J., Diego
1 E.I. Industriales, Universidad de Valladolid,
Francisco Mendizábal
44014 Valladolid.
E-mail: maruchi@eii.uva.es; anatarro@eii.uva.es

ABSTRACT

Today's society claims for comfort conditions in all different living environments and acoustic comfort is contributing significantly to general comfort. In this paper we analyze which parameters are more suitable to adequately assess the acoustic environment. As a starting point office noise index, IRO, has been used. This index has been measured in different environments (classrooms, offices, waiting rooms, ...), and simultaneously a brief survey has been made to the people who where in those spaces. The results have been used to assess the perceived subjective annoyance and to find a correlation between the proposed measured index and perceived annoyance.

Keywords: acoustic comfort, noise annoyance, office noise index

RESUMEN

La sociedad actual clama por condiciones de confort en todos los ambientes habitables y el confort acústico contribuye sensiblemente al confort general. En esta comunicación se analiza qué parámetros son más adecuados para evaluar adecuadamente el ambiente acústico. Como punto de partida se ha utilizado el índice de ruido en oficinas, IRO. Dicho índice se ha medido en distintos ambientes (aulas, oficinas, salas de espera, ...), y simultáneamente se ha realizado una breve encuesta a las personas presentes con el fin de evaluar la molestia subjetiva percibida y buscar una correlación entre las medidas del índice propuesto y la molestia percibida.

PALABRAS CLAVE: confort acústico, molestia del ruido, índice de ruido en oficinas

1 INTRODUCCIÓN

El confort acústico se ha estudiado en distintos ambientes de trabajo, principalmente en oficinas. Este es uno de los ambientes más importantes, sobre todo porque en la actualidad en nuestro país los trabajadores en oficinas superan en número a los de fabricación. Los niveles sonoros en una oficina no son estables, sino que, como consecuencia de la actividad, presentan gran variedad con el tiempo. Aunque los niveles sonoros están por debajo de los máximos que marca el RD 286 [1], que fija la dosis de ruido máxima en el puesto de trabajo, el nivel al que están sometidos, y sobre todo sus variaciones, producen molestia y pérdida de

concentración, que se traduce en mayor agotamiento mental durante la jornada laboral, aumentando el estrés y disminuyendo el rendimiento.

En la bibliografía científica aparecen numerosos artículos [2-6] que estudian el ruido en oficinas. En un trabajo publicado recientemente [7] se estudia, en oficinas diáfanas, hasta qué punto el rendimiento intelectual se ve afectado por la conversación de fondo, dependiendo de la inteligibilidad de ésta, observándose que depende del tipo de tarea que se realice. También el confort acústico se ha estudiado en otros ambientes, como se pone de manifiesto en [8] donde se analizan cinco calles comerciales subterráneas típicas en China, con medidas y encuestas, la influencia de características espaciales y ambientales en la percepción subjetiva del confort acústico y del nivel de ruido, y concluyen que tanto el nivel sonoro como el confort acústico son mejores en entornos tipo plazas que en entornos tipo calle; además hay una correlación “significativa” entre los factores ambientales (temperatura del aire, humedad o luminosidad) tanto con el nivel sonoro como con el confort acústico.

En esta comunicación nos proponemos evaluar el confort acústico en varios ambientes, continuando con el trabajo iniciado en [9] con el fin de mejorar el diseño del Supervisor de Ambiente Sonoro SAS2000 que es un dispositivo creado para medir el confort acústico, basado en el Índice de Ruido en Oficinas (IRO) propuesto por la NTC 503 del Ministerio de Trabajo español [10], con el fin de fomentar la concienciación en materia de ruido.

2 EVALUACIÓN DEL CONFOR ACÚSTICO. ÍNDICES IRO E IRO_{SAS}

Para evaluar la molestia percibida por una persona en un ambiente de ruido, es necesario crear una escala que relacione la respuesta subjetiva de las personas con los valores alcanzados por un indicador que dependa de las características físicas del ruido. Existen diferentes índices de valoración del ruido, como son: el Nivel Sonoro Continuo Equivalente, el Nivel Sonoro Diario Equivalente, el Nivel de Interferencia Conversacional (PSIL), las Curvas de valoración NR (Noise Rating), el Tiempo de reverberación (T_R), el Índice de Ruido en oficinas (IRO), etc.

El Índice de Ruido en Oficinas está basado en los resultados obtenidos en nueve oficinas diáfanas con aire acondicionado [3]. Los autores, además de hacer un estudio estadístico del ruido típico de una oficina (conversaciones, teléfonos, aire acondicionado, etc.), encuestan a los ocupantes sobre la molestia que el ruido les ocasiona. Para ello utilizan una escala de satisfacción con siete niveles, siendo el 1 muy satisfactorio y el 7 muy insatisfactorio. En este estudio, las respuestas marcadas con 5, 6 y 7 miden el porcentaje de insatisfacción, que se relaciona con los valores de las mediciones realizadas (L_{10} y L_{90}), según la siguiente expresión:

$$IRO = L_{90} + 2,4 (L_{10} - L_{90}) - 14 \quad (1)$$

Donde el primer término, L_{90} , es una medida del ruido de fondo, el segundo es proporcional a la diferencia $L_{10} - L_{90}$, y da cuenta de la fluctuación del nivel con el tiempo y recoge la información o el mensaje, y el tercero es un coeficiente que se ajusta para establecer la correlación con el porcentaje de insatisfechos. En la figura 1 se muestra la relación entre el porcentaje de insatisfechos, obtenido a partir de las encuestas realizadas, y el índice IRO.

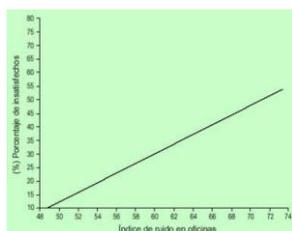


Figura 1: Porcentaje de insatisfechos frente al índice IRO



Figura 2: Supervisor de Ambiente Sonoro SAS 2000

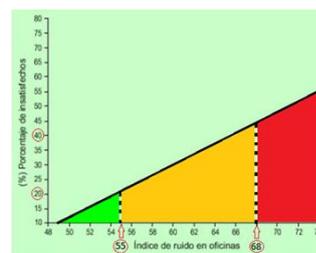


Figura 3: Clasificación del ambiente por el SAS 2000

El Supervisor de Ambiente Sonoro, SAS 2000, figura 2, de la marca ECUDAP, es un dispositivo creado para medir el confort acústico de ambientes en los que se desarrolla cualquier tipo de actividad. El SAS muestra en un display el valor del NPS en dB(A), y clasifica el grado de confort acústico del ambiente como “confortable”, “ruidoso” o “muy ruidoso”, en función del valor que toma un índice al que hemos llamado IRO_{SAS}, calculado a partir del IRO, al que se le aplican una serie de penalizaciones, según se recogen en la expresión (2):

$$IRO_{SAS} = IRO + \text{Penalización NR} + \text{Penalización tonal} \quad (2)$$

La penalización NR suma el valor máximo de la diferencia entre la curva NR recomendada para ese ambiente y el valor real de la curva NR que hay en el ambiente medido, durante un minuto. La penalización tonal suma 3 unidades en el caso de que existan componentes tonales.

Los intervalos de IRO_{SAS} correspondiente a cada ambiente, y el color con el que aparece escrito el mensaje en el display del SAS, figura 3, son los siguientes:

- Ambiente confortable, en color verde, valores de IRO_{SAS} en el intervalo [0-55)
- Ambiente ruidoso, en color amarillo, valores de IRO_{SAS} en el intervalo [55-68]
- Ambiente muy ruidoso, en color rojo, valores de IRO_{SAS} >68

Si se compara el valor del IRO con el del IRO_{SAS} en las medidas realizadas en este trabajo, se observa que siempre el IRO_{SAS} es superior al IRO, estando la diferencia entre ambos valores comprendida entre 3 y 8 dBA, siendo esa diferencia de 7 y 8 dBA en el 60 % de los casos. Es decir, el hecho de utilizar el IRO_{SAS} en lugar del IRO para calcular el porcentaje de insatisfechos a partir de la recta de la figura 1, hace que dicho porcentaje aumente.

3 METODOLOGÍA

Se han seleccionado los ambientes a estudiar, y una vez seleccionados, en cada uno de ellos se ha realizado una encuesta a las personas presentes durante la medida del nivel de presión sonora (Leq) y del IRO_{SAS}. Además, en la mayoría de ellos también se ha medido el tiempo de reverberación. En total se han realizado 586 encuestas y el tiempo total de las medidas de los parámetros acústico ha sido de casi 49 horas.

Para la medida del TR se ha utilizado el sonómetro SOLO 01dB de Álava Ingenieros y se han seguido las indicaciones de la norma UNE correspondiente [11]. Para la medida del SPL y del IRO_{SAS} se ha utilizado el SAS2000 de PdAudio.

Tabla 1 – Ambientes estudiados y parámetros medidos.

Ambientes	1ª Medida	Curva NR	NPS	IRO _{SAS}	T _R (s)	Tiempo (min)	Encuestas
Aulas	A1	40	63	69	1,96	111	36
	A2	40	60	63	0,93	88	24
	A3	40	60	66	0,76	54	58
	A3	40	63	69	0,74	47	48
Oficinas y Sala de Estudio	SE	40	50	54	0,87	182	53
	O1	40	56	62	0,69	228	53
	O2	40	57	62	0,54	183	22
Comedores-Restaurantes	R	40	65	71	0,69	178	30
Salas de Espera	CS	40	67	73	***	138	82
TOTAL 1ª Medida						1.209	406
Ambientes	2ª Medida	Curva NR	NPS	IRO _{SAS}	T _R (s)	Tiempo (min)	Encuestas
Aulas	A1	55	61	64	1,96	116	***
	A2	55	60	62	0,93	104	***
	A3	55	58	64	0,76	104	***
	A4	55	63	66	0,74	51	***
	A5	55	57	60	***	99	***
Comedores-Restaurantes	CF	60	80	84	1,34	95	79
	CM	60	69	75	1,13	87	60
	R	60	67	74	0,69	139	***
Salas de Espera	CS	45	67	73	***	215	***
	CP	45	63	69	***	208	41
	HC	50	59	64	***	116	***
	HE	50	64	70	***	132	***
	HQ	50	72	78	***	126	***
	HU	50	68	75	***	128	***
TOTAL 2ª Medida						1.720	180

Los ambientes seleccionados se han agrupado en cuatro tipos:

- Administrativo. Se analizan oficinas de distinto tamaño y puestos de trabajo.
- Docente. Se consideran tres aulas universitarias y una sala de estudio o biblioteca.
- Sanitario. Se analizan las salas de espera de centros de salud, hospitales y clínicas
- Ocio: Incluyen restaurantes y comedores

Las medidas se han realizado en dos fases, en una primera fase el SAS trabajaba con la curva NR40 en todos los ambientes. En la segunda fase, a partir de los resultados de la primera fase, se seleccionaba la curva NR mas adecuada a cada ambiente. En la tabla 1 se especifican los ambientes estudiados, la curva NR utilizada, el valor de los parámetros medidos (NPS, IRO_{SAS} y T_R), el tiempo de medida y el número de encuestas realizadas.

3.1 Descripción de los Ambientes

- *Ambiente Docente.* En este ambiente se han considerado cinco aulas universitarias durante la impartición de clases teóricas, (A1, A2, A3, A4, y A5) y una sala de estudio o biblioteca (SE).

- *Ambiente Administrativo.* Se han estudiado dos oficinas de características muy distintas, una (O1) de grandes dimensiones con bastantes puestos de trabajo y trasiego de trabajadores y de personal externo, y otra (O2) de pequeñas dimensiones y con pocos puestos de trabajo.

- *Ambiente de Ocio.* En este ambiente se engloba un restaurante (R) no muy amplio, y dos comedores universitarios, uno femenino (CF) y otro masculino (CM), ambos de grandes dimensiones. En los dos comedores los resultados pueden estar influenciados por distintos comportamientos de los estudiantes debidos a su curiosidad para visualizar los cambios generados en el SAS.

- *Ambiente Sanitario.* Se ha estudiado la sala de espera de un centro de salud (CS), de una clínica privada (CP) y distintas salas de un hospital público de reciente construcción (de consultas (HC), de quirófanos (HQ), de extracciones (HE) y de urgencias (HU)). En las salas del hospital no se han recogido encuestas porque las normas del hospital no lo permiten.

3.2 Descripción de la Encuesta

Para recoger la opinión de los ocupantes de los distintos ambientes estudiados, se ha elaborado una encuesta breve y sencilla, formada únicamente por tres preguntas, a las que se podía contestar en una escala del 1 al 10. La primera pregunta hace referencia al nivel de ruido percibido, correspondiendo la respuesta 1 a muy bajo y la respuesta 10 a muy alto. Para el análisis de los resultados se han agrupado las respuestas en tres niveles, del 1 al 4 (ambiente malo), el 5 y el 6 (ambiente normal) y del 7 al 10 (ambiente bueno). En la segunda se preguntaba en qué medida se podía mantener una conversación de forma adecuada, y la tercera se refería al confort acústico del recinto. Además se recogía el perfil del encuestado (rango de edad y sexo) y la hora a la que se realizaba la encuesta. La encuesta se ha pasado a todas las personas presentes en el momento de las medidas del NPS y del IRO_{SAS}.

Para calcular el porcentaje de insatisfechos con el ruido existente en ese ambiente, se ha utilizado la tercera pregunta, considerando como insatisfechos los que han respondido 1, 2, 3 y 4 a dicha pregunta. Este porcentaje se ha comparado con el obtenido utilizando la gráfica de la figura 1 y se ha tomado como base para hacer propuestas de mejora en el SAS2000.

4 RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos en los cuatro ambientes. El análisis de los resultados ha puesto de manifiesto que el comportamiento en la sala de estudio es similar al de las oficinas, por lo que ambos ambientes se han englobado en el mismo grupo.

La figura 4 recoge los TR obtenidos en varios de los ambientes analizados, aulas, oficinas y salas de estudio, y comedores y restaurantes, ya que en las salas de espera no se pudo medir.

Los resultados muestran que en la mayoría de los casos los valores obtenidos son próximos a los que marca la normativa [12,13], salvo en las aulas A1 y A2 y en los comedores universitarios. En estos últimos casos, los altos valores del tiempo de reverberación originan que se incremente el ruido de fondo y que disminuya la inteligibilidad del recinto.

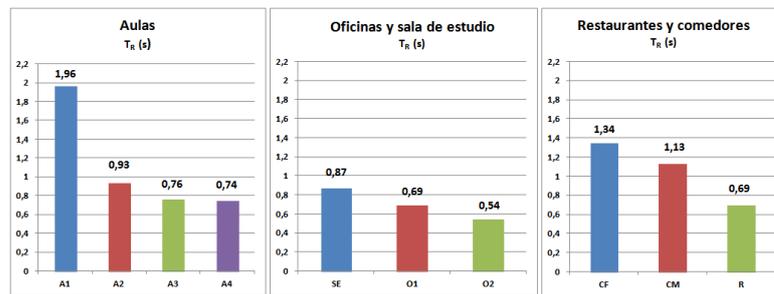


Figura 4: Valores medidos del TR en los distintos ambientes

Los resultados de la primera pregunta de la encuesta “según su opinión personal el nivel sonoro en este recinto es”, recogidos en la figura 5, ponen de manifiesto que en los ambientes docente y administrativo la mayoría de los encuestados lo consideran normal o bueno, situación que también se presenta en los otros ambientes analizados, a excepción de los comedores universitarios y de la sala de espera del centro de salud. Si se tiene en cuenta el TR de cada ambiente, se observa que si el TR es el adecuado, aumenta el porcentaje de personas que considera el ambiente normal o bueno desde el punto de vista acústico. En relación con el NPS que existe en cada ambiente, se observa que el porcentaje de encuestados que consideran el ambiente malo, es mayor en los ambientes que tienen mayor valor del NPS.

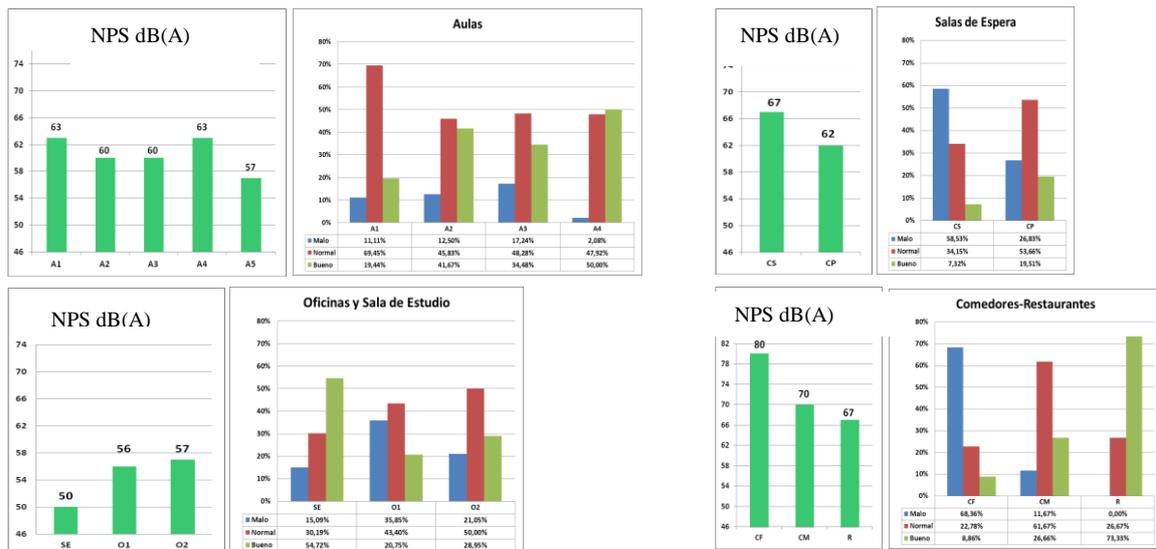


Figura 5: Valores medidos del NPS y valoración que hacen los encuestados del NPS en cada recinto

En la segunda pregunta de la encuesta, “¿en qué medida puede mantener una conversación adecuada en este recinto?”, se han agrupado los que han respondido 1, 2, 3 y 4, considerando que éstos son los que no pueden mantener una conversación de forma adecuada. Los resultados, figura 6, ponen de manifiesto que el porcentaje de los que no pueden mantener una conversación de forma adecuada, es bajo en el ambiente docente (inferior al 15%), algo mayor en las oficinas y en la sala de espera del centro de salud y en la clínica privada (entre el 20% y el 30%), y muy alto en el comedor universitario femenino (70%).

Los resultados de la tercera pregunta de la encuesta, “según su opinión personal ¿se encuentra usted cómodo en este ambiente respecto al nivel de ruido?”, se han utilizado para calcular el porcentaje de insatisfechos con el nivel de ruido en el ambiente analizado, considerando como insatisfechos los que han respondido 1, 2, 3 y 4 a dicha pregunta. Este porcentaje se ha comparado, figura 7, con el obtenido utilizando la gráfica de la figura 1, y se ha tomado como base para hacer propuestas de mejora en el SAS2000.

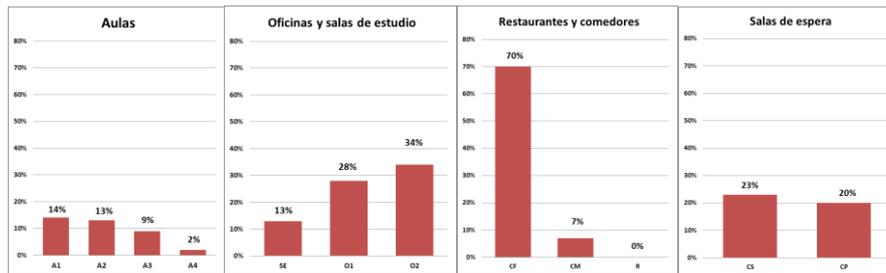


Figura 6: Porcentaje de encuestados que no pueden mantener una conversación adecuada en el recinto

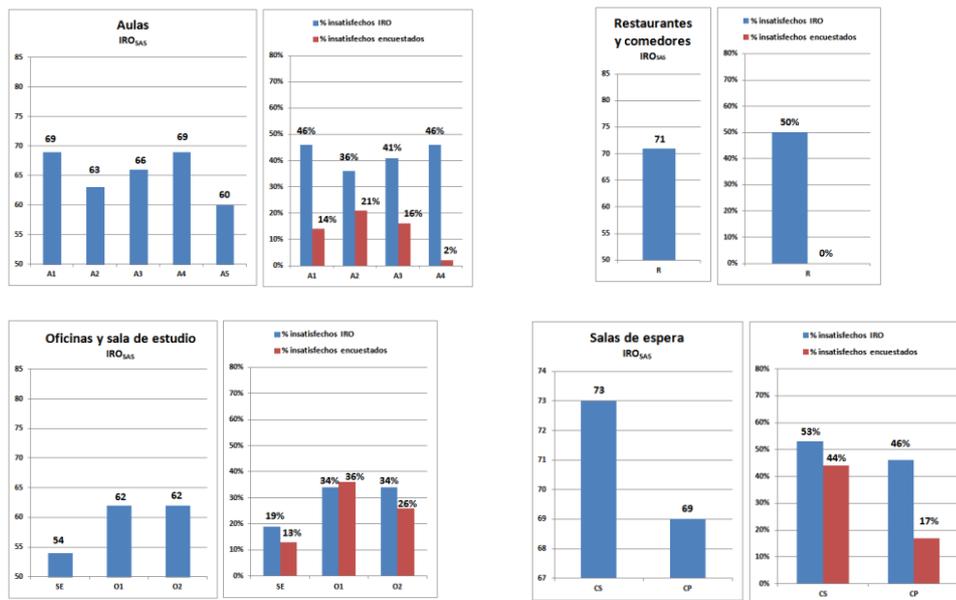


Figura 7: Valores de IRO_{SAS} y porcentajes de insatisfechos calculados a partir de la figura 1 y con las encuestas.

5 PROPUESTA DE MEJORA

Analizados los resultados experimentales obtenidos, tanto de las medidas realizadas como de las encuestas que simultáneamente se han llevado a cabo en cada ambiente, se observa que:

- El porcentaje de insatisfechos que se obtiene con el uso del índice IRO_{SAS} concuerda bastante bien con el que resulta de las encuestas, para aquellos ambientes en los cuales las condiciones de los usuarios y los niveles de ruido son semejantes a los de una oficina, es decir, los recintos en los que se desarrollan tareas que exigen concentración y están sometidos a niveles de ruido de fondo medio-bajo, aunque existan momentos en los que puntualmente el nivel de ruido se eleve a valores altos como sucede en oficinas y salas de estudio o bibliotecas.
- En el resto de ambientes hay bastante divergencia, en algunos casos del 30 %, entre el porcentaje de insatisfechos calculado a partir de la gráfica de la figura 1 y los obtenidos experimentalmente mediante la encuesta.

La explicación de estos resultados está en que el confort acústico es un aspecto subjetivo, que no solo depende del nivel de ruido existente, sino que además está relacionado con las condiciones acústicas que permiten realizar determinadas actividades de forma adecuada y sin que exista molestia para las personas, y estas condiciones pueden ser distintas para los diferentes ambientes, la valoración del confort es algo muy subjetivo.

Para que la clasificación del tipo de ambiente que hace el SAS (*confortable, ruidoso y muy ruidoso*) sea mas adecuada a la realidad que existe en cada ambiente, se propuso que el IRO_{SAS} tuviera en cuenta otros factores, como por ejemplo el TR, propuesta muy difícil de

implementar. La solución más sencilla que se encontró, basándonos en las encuestas realizadas, consistió en asignar una curva NR diferente a cada ambiente, y no trabajar siempre con la curva NR 40, como se hace actualmente. A partir de estos resultados se propone un nuevo índice, el Índice de Confort Acústico (ICA), dado por la expresión (3). También se modificó la recta que correlaciona el porcentaje de insatisfechos reales con el valor del indicador medido, en este caso el ICA (similar a la recta de la figura 1 con el IRO).

$$\text{ICA} = \text{IRO} + \text{Penalización NR} + \text{Penalización tonal} \quad (3)$$

Ambiente 1: oficinas y salas de estudio. Estos ambientes requieren un cierto grado de concentración. Los resultados confirman, igual que en [9], que el equipo trabaja adecuadamente y por tanto se mantiene la NR 40 en el SAS2000.

Ambiente 2: aulas. En este caso los resultados mejoran si se trabaja con la NR 55. Esto implica que la recta que relaciona el porcentaje de insatisfechos con el índice propuesto, ICA aulas, tenga una pendiente ligeramente superior y esté desplazada 14 dBA hacia la derecha respecto de la del IRO, como se muestra la figura 8.

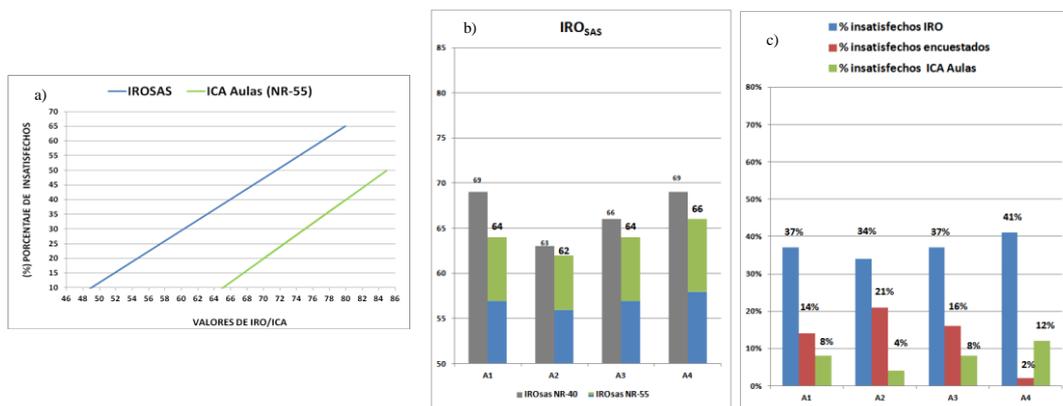


Figura 8: a) Rectas que relacionan el porcentaje de insatisfechos con el IRO/ICA aulas. b) Valores del IRO_{SAS} utilizando NR 40 y NR 55. c) Porcentaje de insatisfechos calculado con las dos rectas y con las encuestas.

Con esta propuesta el porcentaje de insatisfechos calculado con el ICA aulas es más próximo al que se obtiene con las encuestas. La clasificación que hace el SAS es la siguiente:

Ambiente confortable: ICA comprendido en el intervalo [0-70) dBA. Para NR 55 era de [0,70)
Ambiente ruidoso: ICA comprendido en el intervalo [70-80) dBA. Para NR 55 era de [70,83]
Ambiente muy ruidoso ICA > 80 dBA. Para NR 55 era > 83

Ambiente 3: restaurantes y comedores. En este caso los resultados mejoran si se trabaja con la curva NR 60. La recta se desplaza 24 dBA y la pendiente se incrementa significativamente, figura 9. En este caso los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Ambiente confortable: ICA comprendido en el intervalo [0-75) dBA; Para NR 60 era de [0,75)
Ambiente ruidoso: ICA comprendido en el intervalo [75-80) dBA; Para NR 60 era de [75,88]
Ambiente muy ruidoso ICA > 80 dBA; Para NR 60 era > 88.

Con esta propuesta la clasificación del tipo de ambiente que hace el SAS2000 es muy similar a los resultados obtenidos en las encuestas.

Ambiente 4: salas de espera de centros de salud, hospitales y clínicas. Los resultados mejoran si se trabaja con la NR 50, la recta se desplaza 11 dBA hacia la derecha y la pendiente se incrementa ligeramente, figura 10. En este caso los rangos son los siguientes:

Ambiente confortable: ICA comprendido en el intervalo [0-65) dBA; Para NR 50 era de [0,65)
Ambiente ruidoso: ICA comprendido en el intervalo [65-74) dBA; Para NR 50 era de [65,78]
Ambiente muy ruidoso ICA > 74 dBA; Para NR 50 era > 78)

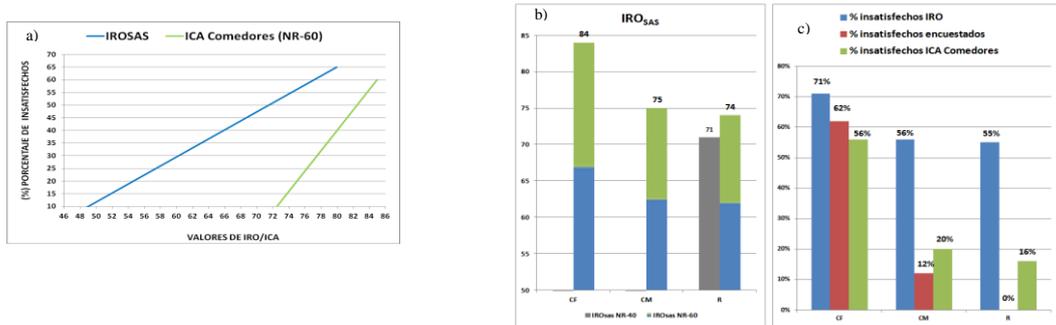


Figura 9: a) Relación entre el porcentaje de insatisfechos con el IRO/ICA comedores. b) Valores del IRO_{SAS} utilizando NR 40 y NR 60. c) Porcentaje de insatisfechos calculado con las dos rectas y con las encuestas.

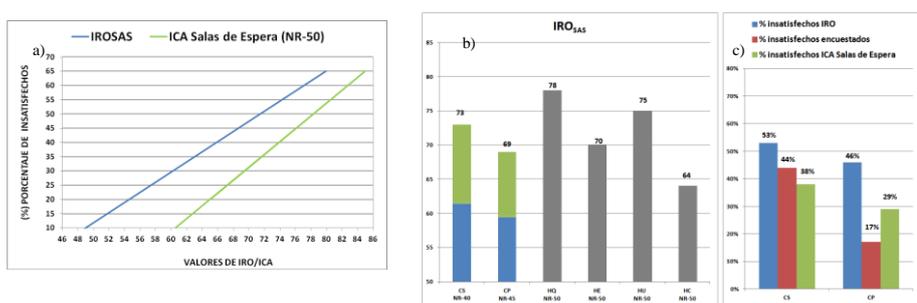


Figura 10: a) Relación entre el porcentaje de insatisfechos con el IRO/ICA salas de espera. b) Valores del IRO_{SAS} con NR 40 y NR 50. c) Porcentaje de insatisfechos calculado con las dos rectas y con las encuestas.

En la figura 11 se representa como varía la recta que relaciona el porcentaje de insatisfechos con el índice medido en cada uno de los ambientes, y como sería la clasificación del tipo de ambiente que hace el SAS 2000: confortable (verde), ruidoso (amarillo) o muy ruidoso (rojo).

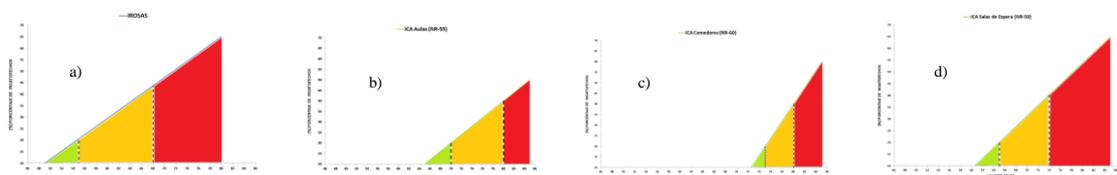


Figura 11: Rectas que relacionan el porcentaje de insatisfechos con el IRO a), y con el ICA b) c) y d), en los ambientes analizados y clasificación del tipo de ambiente por el SAS 2000, confortable (verde), ruidoso (amarillo) o muy ruidoso (rojo).

6 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del estudio de distintos ambientes, tanto los parámetros acústicos medidos experimentalmente, como la percepción de la molestia por el ruido determinada a partir de las encuestas realizadas, permiten extraer las siguientes conclusiones:

- El confort acústico es un aspecto subjetivo, que no solo depende del nivel de ruido existente, sino que además está relacionado con las condiciones acústicas que permiten realizar una determinada actividad de forma adecuada y sin que exista molestia para las personas.
- Para el confort acústico en oficinas, el índice IRO contemplado en el artículo de Hay and Kemp [3], y recogido en la norma NTP 503 [10], incorpora los principales términos que intervienen en el confort (ruido de fondo y variabilidad del ruido).

- El IRO_{SAS} calculado con el Supervisor de Ambiente Acústico SAS 2000, que introduce en el índice IRO las penalizaciones NR y por componentes tonales, resulta adecuado para medir el confort acústico en ambientes similares a oficinas, como bibliotecas y salas de estudio, pero no es adecuado para otros ambientes distintos a los indicados.
- Para mejorar la evaluación del confort acústico en otros ambientes, se propone utilizar la curva NR que resulte más adecuada a cada ambiente. La curva NR con la que trabaja el IRO_{SAS} es adecuada para oficinas y ambientes similares, pero no es aplicable a los demás ambientes estudiados en este trabajo. Nuestra propuesta de utilizar la curva NR 55 para aulas, la curva NR 60 para comedores y restaurantes y la curva NR 50 para salas de espera, mejora sensiblemente los resultados.
- Hay otros parámetros que influyen de manera importante en la sensación de confort, como el TR, que deberán ser tenidos en cuenta en un futuro para mejorar la percepción.

Además el trabajo de campo ha permitido constatar que la sociedad actual aun no está muy concienciada con el problema del ruido y queda mucho trabajo por hacer. Por ello creemos que es necesario llevar a cabo campañas de concienciación social en materia de ruido y la colocación en diferentes ámbitos de dispositivos similares al SAS pueden ayudar mucho en este sentido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa PDAudio por darnos la oportunidad de realizar este trabajo ya que sin su colaboración no habría podido llevarse a cabo.

REFERENCIAS

- [1] REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- [2] Beranek LL. Criteria for office quieting based on questionnaire rating studies. *J. Acoust Soc Am* 1956, 28(5):833-52
- [3] Hay, B.; Kemp, M. F. Measurements Of Noise In Air Conditioned, Landscaped Offices. *Journal of Sound and Vibration* (1972) 23 (3) 363-373.
- [4] Tang, S. K.; Chan, J. W. C. Some Characteristics of Noise in Air-Conditioned Landscaped Offices. *Applied Acoustics*, Vol. 48, No. 3, pp. 249-267, 1996
- [5] Ayr, U.; Cirillo, E.; Fato, I.; Martellotta F. An experimental study on noise indices in air conditioned offices. *Applied Acoustics* 62 (2001) 633–643.
- [6] Ayr, U.; Cirillo, E.; Fato, I.; Martellotta F. A new approach to assessing the performance of noise indices in buildings. *Applied Acoustics* 64 (2003) 129–145.
- [7] Jahncke, H; Hongisto, V.; Virjonen, P. Cognitive performance during irrelevant speech: Effects of speech intelligibility and office-task characteristics. *Applied Acoustics* 74 (2013) 307–316
- [8] Keränen, J; Hongisto, V. Prediction of the spatial decay of speech in open-plan offices. *Applied Acoustics* 74 (2013) 1309–1314.
- [9] Martín, M.A; Tarrero, A.I., Camazón, A.; Aguado, G. Análisis de indicadores que permitan evaluar la molestia ocasionada por el ruido en diferentes ambientes. VIII Congreso Iberoamericano de Acústica (2012). Évora, Portugal.
- [10] NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas. Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- [11] UNE-EN ISO 3382-2:2008 Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios
- [12] Documento Básico de Protección Frente al Ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación
- [13] Ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León.