

ANÁLISIS ESPACIAL DEL ÍNDICE DE TRANSMISIÓN DEL HABLA EN AULAS UNIVERSITARIAS

Hugo C. Longoni^a, Sebastián P. Ferreyra^a, Facundo López^a, Gabriel A. Cravero^a, Manuel F. Parada^a, Marcos S. Díaz^a, Ana M. Moreno^a, José Y. Siemes^a, Santiago Gelerstein^a, Lucas G. Gilberto^a, Oscar A. Ramos^{a,b} y Fabian C. Tommasini^a

^a*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, 5016 Córdoba, Argentina, hlongoni@frc.utn.edu.ar, <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra>*

^b*Miembro del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)*

Palabras Clave: STI, JND, ruido de fondo, reverberación, acústica de aulas.

Resumen. Un importante factor a considerar en el estudio del proceso enseñanza - aprendizaje basado en la comunicación oral es el campo sonoro. Elevados valores de nivel de ruido de fondo o tiempo de reverberación en un aula interfieren la comunicación oral generando un impedimento acústico al proceso de aprendizaje. El Índice de Transmisión del Habla (Speech Transmission Index: STI) es un parámetro objetivo que predice la inteligibilidad del mensaje oral transmitido por un orador a un oyente a través de un canal de transmisión. El mensaje emitido por el orador es degradado en mayor o menor medida en el canal de transmisión, dando esto como consecuencia una reducción de la inteligibilidad del mensaje oral. Dentro de un recinto, los principales factores que producen la degradación mencionada son el ruido de fondo y la reverberación. El propósito de este trabajo es analizar la variación del STI en aulas universitarias. Las mediciones se realizaron en doce posiciones dentro de cada recinto estudiado para calcular la media aritmética. El análisis consideró la desviación estándar y las diferencias obtenidas entre posiciones en términos de la diferencia mínima notable (Just-Noticeable Difference: JND) de este parámetro. Finalmente, se observaron diferencias de hasta 3 JND.

1. INTRODUCCIÓN

Un importante factor a considerar en el estudio del proceso enseñanza - aprendizaje basado en la comunicación oral es el campo sonoro. Elevados valores de nivel de ruido de fondo o tiempo de reverberación en un aula interfieren la comunicación oral generando un impedimento acústico al proceso de aprendizaje. En nuestro país, por lo general, las aulas y pequeños auditorios, destinados a dicho proceso, han sido construidos sin considerar criterios acústicos (Ercoli et al., 1998) generando ambientes inapropiados para tal actividad.

El Índice de Transmisión del Habla (Speech Transmission Index: STI) es un parámetro objetivo que predice la inteligibilidad del mensaje oral transmitido por un orador a un oyente a través de un canal de transmisión. El mensaje emitido por el orador es degradado en mayor o menor medida en el canal de transmisión, dando esto como consecuencia una reducción de la inteligibilidad del mensaje oral. Dentro de un recinto, los principales factores que producen la degradación mencionada son el ruido de fondo y la reverberación.

En trabajos previos sobre una muestra de aulas universitarias de la ciudad de Córdoba, Argentina, se midió el tiempo de reverberación (T) observando que este parámetro llegó a triplicar los valores recomendados por la literatura internacional (Cravero et al., 2013). Otro análisis reveló la presencia de significativas coloraciones espectrales en el rango de baja frecuencia (por debajo de 500 Hz), debido a la existencia de ondas estacionarias o modos propios de vibración (Ferreyra et al., 2013). Se midieron los niveles de ruido de fondo en dos condiciones de sala: sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (SCVyAA) encendido y apagado. Luego se realizó la evaluación de estos niveles según los criterios de la norma IRAM 4070. Se observó que más del 50 % de la población bajo estudio cumplió con el criterio NC de la norma mencionada pero ningún recinto cumplió con el criterio RC de la misma. Además se pudo apreciar que el espectro del ruido de fondo agregado por los SCVyAA interfiere notablemente en el rango de frecuencias más importantes para la comprensión de la palabra hablada (Longoni et al., 2014).

En otro análisis realizado sobre la misma muestra, se efectuaron mediciones de STI y relación señal ruido (RSR) para las dos condiciones de SCVyAA mencionadas anteriormente con el fin de estudiar el efecto de éste último en dichos parámetros objetivos. Se observaron variaciones de hasta 12 veces la diferencia mínima notable (Just-Noticeable Difference: JND) en el STI y de hasta 7 JND para la RSR por efecto del ruido agregado por el funcionamiento del SCVyAA. También se compararon los valores de STI obtenidos con los valores recomendados para aulas en la norma IEC 60268-16. Se encontró que solamente una de las aulas estudiadas cumplió con la recomendación de la norma mencionada en la condición de SCVyAA apagado, mientras que ninguna hizo lo mismo en la condición de SCVyAA encendido (Longoni et al., 2016).

El propósito de este trabajo es analizar la variación del STI dentro de aulas universitarias, a partir del análisis estadístico de dicho índice. Las mediciones de STI se realizaron en cinco aulas universitarias de la ciudad de Córdoba, Argentina. Se utilizaron doce posiciones de medición en cada recinto para calcular la media aritmética. El análisis consideró la desviación estándar y las diferencias obtenidas entre posiciones en términos de la JND para dicho parámetro. Finalmente, se observaron diferencias de hasta 3 JND.

2. MÉTODO

Las mediciones de STI se realizaron de acuerdo a las directivas de la norma IEC 60268-16, utilizando el método de respuesta impulsiva con secuencias binarias de máxima longitud

(Maximum Length Sequences, MLS) como señal de excitación. Se obtuvieron valores de STI para una fuente con espectro de frecuencia de voz masculina por un lado y femenina por otro. El STI masculino se midió utilizando la señal MLS con un espectro de frecuencia de voz masculina estándar, mediante la aplicación de un filtro masculino. De la misma forma, los valores de STI femenino se obtuvieron mediante la aplicación de un filtro femenino.

El equipamiento utilizado fue el mismo con el que se midió T en trabajos anteriores (Cravero et al., 2013, 2014), a excepción de la fuente. En este caso se utilizó como fuente el simulador de boca incluido en el simulador de torso y cabeza B&K Tipo 4128-C. La Fig. 1 muestra un esquema del sistema de medición acústico utilizado.

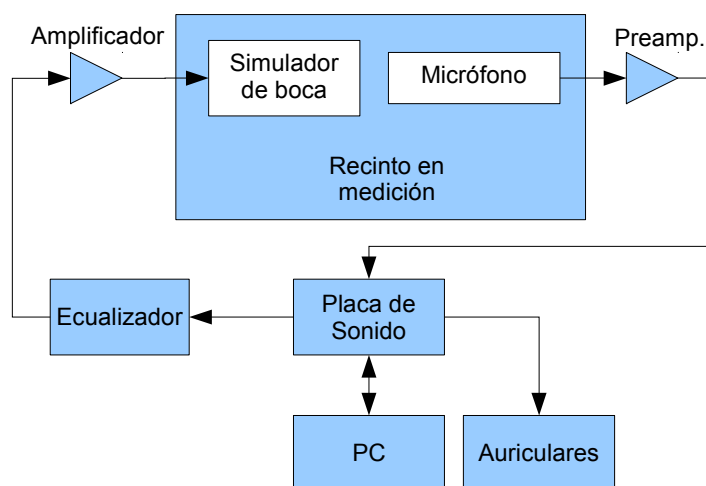


Figura 1: Esquema de la medición de STI.

Una descripción detallada de los recintos estudiados fue realizada por Cravero et al. (2014). En la Tabla 1 se presentan las dimensiones y la capacidad de bancos para alumnos de las aulas medidas. Las condiciones de medición fueron: sala desocupada, puertas y ventanas cerradas, cortinas extendidas (de ser aplicable) y SCVyAA apagado. En cada aula se utilizaron 2 posiciones de fuente y 6 posiciones de micrófono, según la configuración descrita por Cravero et al. (2014), obteniendo así 24 valores de STI en cada recinto para finalmente calcular la media aritmética.

Recinto	Vol. [m ³]	Largo [m]	Ancho [m]	Alto [m]	Capacidad [bancos]
AU011	93,06	6,94	4,44	3,02	20
AU154	142,71	7,05	6,98	2,90	51
AU225	238,71	11,92	6,72	2,98	98
AU405	566,89	16,06	11,35	3,11	216
AU608	178,97	8,30	5,94	3,63	35

Tabla 1: Dimensiones de los recintos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra la media aritmética del STI de cada aula, junto con la desviación estándar expresada en JND, que para el STI es de 0,03 (Bradley et al., 1999) y la diferencia entre los valores máximo y mínimo de STI expresada en JND.

Recinto	STI Promedio	Desviación Estándar en JND	Diferencia máximo y mínimo en JND
AU011	0,68	1	3
AU154	0,57	3	10
AU225	0,58	1	4
AU405	0,41	1	4
AU608	0,43	1	3

Tabla 2: Valores medios de STI y desviaciones expresadas en JND.

En la Tabla 2 se puede observar que 4 de las 5 aulas estudiadas presentan una desviación estándar de 1 JND, con diferencias entre máximos y mínimos de hasta 4 JND. Por otra parte, el aula AU154 presenta una desviación estándar de 3 JND y una diferencia entre máximo y mínimo de 10 JND. Si bien el AU154 presenta un valor medio de STI de 0,57, el cual es próximo al mínimo recomendado de 0,60 (IEC 60268-16), la variación espacial dentro del recinto es notable con un máximo de 10 JND para las posiciones estudiadas.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó la variación espacial del parámetro STI dentro de aulas universitarias. Se midieron 24 valores de STI en cada una de las 5 aulas y luego se obtuvo para cada recinto la media aritmética de los valores medidos. La desviación estándar y la diferencia entre los valores máximo y mínimo se analizó en términos de la JND asociada al STI.

Se observó que 4 de las aulas estudiadas presentaron una desviación estándar de 1 JND y una diferencia entre valores de STI máximo y mínimo de hasta 4 JND. En el aula restante se observó una desviación estándar de 3 JND con una diferencia entre máximo y mínimo de 10 JND, siendo ésta la mayor variación espacial encontrada.

REFERENCIAS

- Bradley J., Reich R., y Norcross S. A just noticeable difference in c_{50} for speech. *Applied Acoustics*, 58(2):99 – 108, 1999.
- Cravero G.A., Ferreyra S.P., Flores M.D., Budde L., Longoni H.C., Ramos O.A., y Tommasini F.C. Medición y simulación de tiempo de reverberación y otros parámetros acústicos de aulas. *Mecánica Computacional*, XXXII(34):2889–2900, 2013.
- Cravero G.A., Ferreyra S.P., Longoni H.C., Flores M.D., Ramos O.A., y Tommasini F.C. Análisis espacial de tiempo de reverberación en aulas y auditorios universitarios. *Mecánica Computacional*, XXXIII(8):523–537, 2014.
- Ercoli L., Azzurro A., Méndez A., y Stornini A. Caracterización sonora de aulas: Un estudio de los principales parámetros acústicos en aulas argentinas. parte 1: Diagnóstico. Informe Técnico, Grupo Análisis de Sistemas Mecánicos, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional, 1998.
- Ferreyra S.P., Cravero G.A., Flores M.D., Budde L., Longoni H.C., Ramos O.A., y Tommasini F.C. Análisis modal de aulas universitarias. *Mecánica Computacional*, XXXII(45):3978–3993, 2013.
- IEC 60268-16. Sound system equipment – part 16. objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Publication IEC 60268-16, IEC-International Standard, 2010.
- Longoni H.C., Ferreyra S.P., Cravero G.A., Flores M.D., Ramos O.A., y Tommasini F.C. Evaluación objetiva del espectro del ruido de fondo en aulas universitarias. *Mecánica Compu-*

tacional, XXXIII(8):569–583, 2014.

Longoni H.C., Ferreyra S.P., Cravero G.A., López F., Parada M.F., Díaz M.S., Bude L., Ramos O.A., Moreno A.M., y Gilberto L.G. Speech transmission index variation due to ventilation and air-conditioning system in university classrooms. En *22nd International Congress on Acoustics, ICA 2016*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 2016.