

# Sistema de generación y adquisición de señales acústicas para estudios de cancelación activa de ruido.

Acoustic signals data acquisition system for the study of active noise cancelling

Mario Rojas Hernández<sup>1</sup>, Ariana Cano Corona<sup>1</sup>, Valentin Santiago Olan<sup>1</sup>, Juan Manuel Figueroa Estrada<sup>2</sup>,  
Rodrigo Hernández Zempoalcatl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tlaxcala, México

<sup>2</sup>ASA de México S. A. de C. V., México

mario.rojas@uptlax.edu.mx

ariana.cano@uptlax.edu.mx

valentin.santiago@uptlax.edu.mx

jmfigueroa@asademexico.com

rodrigo.hernandez@uptlax.edu.mx

**Resumen--** Se presenta un sistema de adquisición de señales desarrollado en el laboratorio acústico de la empresa ASA de México S.A. de C.V. El sistema consta de un arreglo de 16 bocinas que generan señales a las que se puede modificar su frecuencia, amplitud y fase usando una interfaz gráfica. El objetivo principal de las manipulaciones es estudiar los efectos de superposición de ondas en el espacio y su aplicación para atenuación de ruido por métodos activos. La instrumentación generada con un arreglo de 8 micrófonos permite simultáneamente medir presión sonora y generar datos para graficar la distribución acústica.

**Palabras clave--** Acústico, Arreglos, Bocinas, Cancelación, Instrumentación, Micrófonos, Ondas, Ruido.

**Abstract--** A data acquisition system was developed for the acoustics laboratory of ASA de Mexico. It is based on a 16 speakers array that generate signals that can be manipulated in frequency, amplitude and phase by using the graphic interface. The objective is to study the effects of wave superposition and applications in noise cancelling by active methods. In order to verify energy distribution, ambient is monitored with an 8 microphone array that measure sound pressure simultaneously, finding the sound distribution graph.

**Key Word--** Acoustics, Array, Cancellation, Instrumentation, Microphone, Noise, Speakers, Waves

## I. INTRODUCCIÓN

El ruido industrial es un problema mundial, sin embargo se presenta de forma más severa en países semi-industrializados donde existe maquinaria obsoleta en los

lugares de trabajo. Miles de personas se encuentran expuestas, durante muchas horas, a altos niveles de ruido que generan enfermedades crónicas como la sordera y efectos patológicos en el sistema nervioso [1]. De igual forma en ambientes de trabajo ruidosos se dificulta la atención, comunicación y concentración de los trabajadores, provocando una disminución en el rendimiento profesional y posibles accidentes laborales [2].

Es por estas causas que se necesita invertir una gran cantidad de recursos para regular, evaluar y reducir los niveles permitidos de ruido industrial. Actualmente existen técnicas de control que utilizan métodos activos para atenuar el ruido indeseable a través de un campo acústico adicional generado de forma electrónica. Estas técnicas se basan en el principio de superposición de las ondas. Por otra parte, la naturaleza compleja del sonido requiere instrumentación especializada para monitorearlo. En muchas ocasiones es necesario llevar un registro de los niveles de ruido durante un intervalo temporal, o determinar como se distribuye la presión sonora en un recinto. Estas mediciones pueden ser caras o difíciles de gestionar debido a su complejidad o especialización.

En este trabajo se plantea el uso de LabVIEW y hardware de adquisición de datos de National Instruments para la realización y control de experimentos de acústica en el laboratorio de cancelación de ruido de la empresa Advanced Scientific Applications de México, S. A. de C. V. El software diseñado automatiza el proceso de medición de niveles acústicos y se pueden obtener

resultados confiables de forma eficiente y a un bajo costo. También se propone el sistema de pruebas para estudios de los efectos de la superposición de múltiples ondas de sonido en el ambiente.

### A. El método de cancelación activa de ruido.

Existen técnicas de control que utilizan métodos activos para atenuar el ruido indeseable a través de un campo acústico adicional, generado de forma electrónica. El principio de reducción activa de ruido acústico fue propuesto en Alemania en 1934 por Paul Lueg [3] y en este se plantea que por medio de la superposición de ondas en contrafase (interferencia destructiva) es posible generar una zona atenuada de presión acústica en el espacio dentro de un recinto o varias zonas de cancelación como se muestra en la Figura 1.

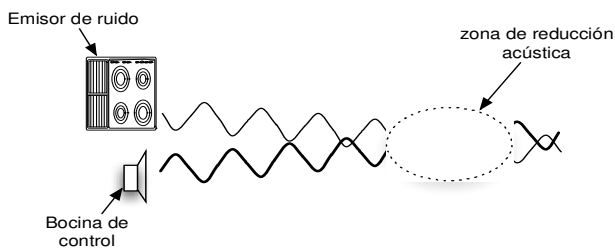


Fig. 1 Principio de reducción activa por medio de interferencia destructiva de ondas

En la actualidad, los desarrollos en las técnicas y dispositivos de procesamiento digital de señales permiten que esta idea se lleve a cabo de forma práctica. Sin embargo, la complejidad del problema requiere un estudio profundo sobre las señales acústicas que permita hacer coincidir las ondas en el mismo espacio físico que ocupa la fuente de ruido. Del mismo modo, la elección de los sensores y actuadores electroacústicos (tales como micrófonos y bocinas), la correcta ubicación de estos elementos, así como su linealidad influyen en el desempeño del controlador. Nuestro sistema de adquisición de datos es una herramienta útil, flexible y de gran capacidad que nos permite diseñar y ejecutar una gran diversidad de experimentos y pruebas en configuraciones que se ajustan a las necesidades y propósitos de obtener resultados de cancelación optimizados, reproducibles y en condiciones de control.

### B. Instrumentación de niveles sonoros.

Para evaluar el sonido fluctuante en el ambiente se debe obtener un nivel promedio por medio de un sonómetro. El nivel sonoro continuo equivalente, denominado como  $L_{eq}$  se maneja en todo el mundo como el parámetro promedio esencial [4]. El  $L_{eq}$  se mide directamente con un sonómetro integrador y la cantidad que arroja indica la energía promedio en un nivel sonoro variable (no es una medida directa, sin embargo, se correlaciona bien con la molestia).

La mayoría de los sonómetros están diseñados con propiedades que emulan el oído humano, puesto que no responde igual para todas las frecuencias [5]. Para obtener niveles que presenten un resultado de acuerdo con la percepción del oído, se incorpora un ponderador de frecuencias (Frequency-weighting) de modo que el instrumento sea menos sensitivo en frecuencias donde el ser humano es menos sensitivo. Estas ponderaciones se conocen como *A*-, *B*-, *C-weighting*, sin embargo el desempeño de la ponderación *A* hace que sea la más utilizada en mediciones oficiales. Las normas y legislaciones especifican que parámetros deben ser medidos, y en la mayoría de los casos también indican como configurar los equipos de medición y como tratar factores como las condiciones meteorológicas [6].

## II. METODOLOGIA

### A. Descripción del área de pruebas.

El área de pruebas se ubica en las instalaciones de la empresa Advanced Scientific Applications de México S. A. de C. V. localizada en la ciudad de Puebla, México. La cámara semi-anechoica para pruebas de ruido mostrada en la figura 2, tiene medidas interiores de 5.4×4.5×4.8 m (volumen total de 117 m<sup>3</sup>). Dentro de la cámara se tiene una estructura cúbica de aluminio de dimensiones 3.0×3.0×3.0 m, donde se montan las bocinas y el equipo de instrumentación.



Fig. 2. Laboratorio de pruebas de cancelación de ruido

### B. Hardware para la generación de señales.

Con el propósito de realizar pruebas de superposición de ondas acústicas, se han instalado 16 bocinas DB drive Speed series con características similares en conjunto con 4 Amplificadores DB drive Speed series de 4 canales. Estos elementos están controlados por la tarjeta de adquisición de datos Compact-DAQ 9178 de National Instruments y 4 módulos 9263 de 4 salidas analógicas cada uno para tener en total 16 canales de salida. La operación del sistema esta controlada por una interfaz gráfica

desarrollada con la plataforma de LabVIEW, el diagrama mostrado en la figura 3 representa el montaje del hardware descrito.

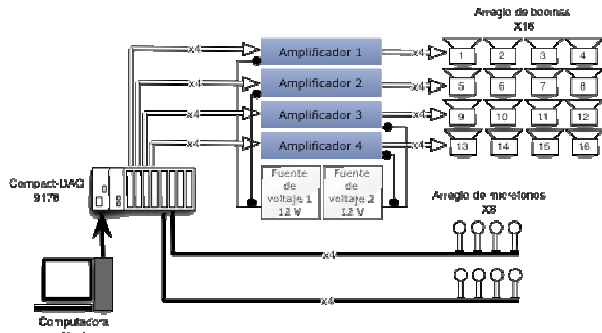


Fig. 3. Componentes del sistema de instrumentación / generación de señales del laboratorio

La figura 3 también presenta el diagrama de la parte de instrumentación con el arreglo de micrófonos que se describirá más adelante [7]. En la figura 4 se muestran aspectos físicos del módulo de National Instruments, así como la etapa de potencia que se instaló con los amplificadores y las fuentes de voltaje.

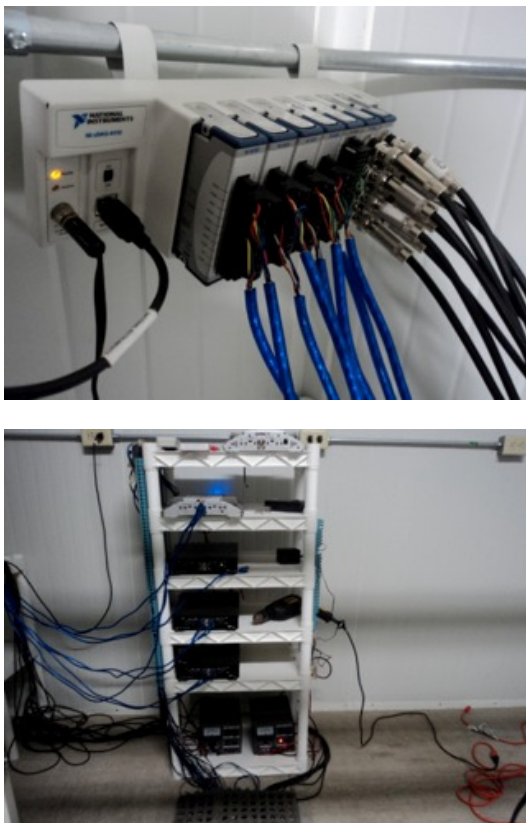


Fig. 4. Aspecto físico de las etapas de adquisición de señales y potencia

**C. Interfaz de operación.**

La interfaz presentada en la figura 5 controla la operación de los 16 canales de salida del sistema. Cuenta con

opciones que permiten modificar la frecuencia simultánea de las 16 bocinas, así como la amplitud y fase de forma individual. El controlador manual está ordenado por 4 tabs o páginas que contienen las opciones de las bocinas conectadas a un amplificador físico [8]. También se muestran indicadores de que bocina está activa.

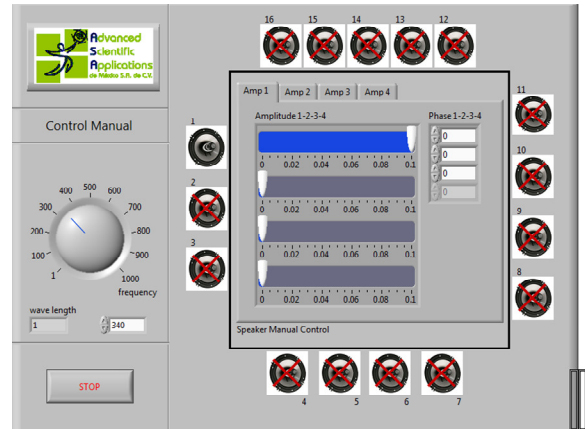


Fig. 5. Interfaz de control manual

**D. Hardware de medición de señales.**

En la figura 3 se muestra el esquema del sistema de medición que utiliza 8 micrófonos marca Shure RS45 con características similares (figura 6). Para la adquisición de datos se utilizan 2 tarjetas de entradas analógicas 9234 conectadas en el Compact-DAQ 9178. Esta tarjeta tiene la ventaja de proporcionar acondicionamiento de la señal configurable en el controlador.



Fig. 6. Micrófonos del sistema de instrumentación multicanal

**E. Software para automatización de mediciones acústicas.**

El programa se diseñó para automatizar las mediciones del área de pruebas, ya que es necesario hacer un mapeo completo de la zona para determinar la gráfica de distribución acústica. En la figura 7 se muestra el aspecto del programa diseñado.

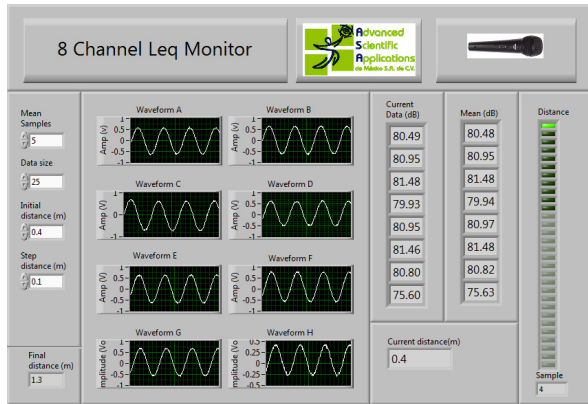


Fig.7. Interfaz gráfica para el sistema de mediciones acústicas

La interfaz presenta la onda e intensidad en dB de los 8 canales en forma simultánea y permite llevar un control por parte del usuario sobre las mediciones tomadas a partir de una distancia inicial. En el programa toma una muestra cada segundo, durante el tiempo que el usuario desee, luego promedia los valores obtenidos y guarda el resultado en una matriz de datos. También es posible configurar el número de mediciones que se harán y la distancia a la que se trabajará.

Para obtener la lectura de los niveles de intensidad sonora se están utilizando las herramientas del toolkit de Sound & Vibration de National Instruments. Por medio del hardware se adquieren señales eléctricas que son escaladas a unidades de ingeniería (dB). Luego se les aplica un filtro de ponderación A y finalmente, el resultado de valores promedio de Leq es presentado y almacenado en un arreglo de datos [9].

IV. DESARROLLO DE PRUEBAS Y RESULTADOS

A. Descripción del proceso de pruebas.

Para hacer pruebas con el equipo y software descritos, se distribuyeron las 16 bocinas en las cuatro caras de la estructura de aluminio. El centro de las bocinas se ubica a una altura de 1.7 m a partir del suelo y para los micrófonos una altura de 1.60 m. Esta colocación se puede ver en la Figura 8.

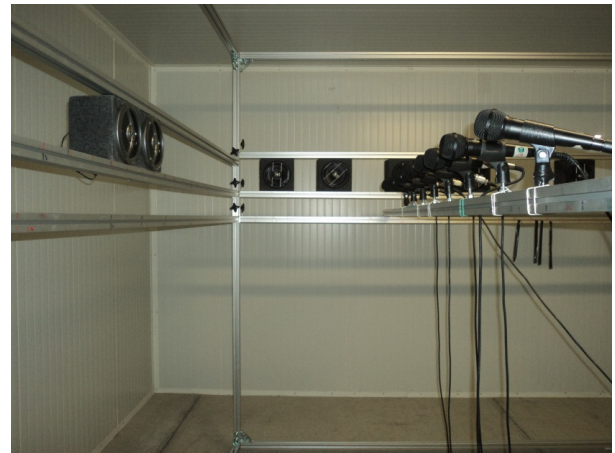


Fig. 8. Aspecto de las bocinas y micrófonos dentro del área de pruebas

Los 8 micrófonos se colocan de frente a las bocinas para tomar lecturas y posteriormente, el usuario debe modificar la posición de los micrófonos manualmente de acuerdo a las distancias indicadas por el programa para hacer el mapeo de un espacio definido.

La prueba realizada se hizo con 2 de las 16 fuentes de sonido emitiendo un tono de 340 Hz y considerando una diferencia de fase entre ambas señales de 180°. La distancia entre micrófonos fue de 10 cm y se tomaron datos a partir de 30 cm hasta 260 cm de distancia a las bocinas en 3 bloques, dando un total de 576 puntos que mapean el área de prueba. El esquema de puntos medidos se presenta en la figura 9.

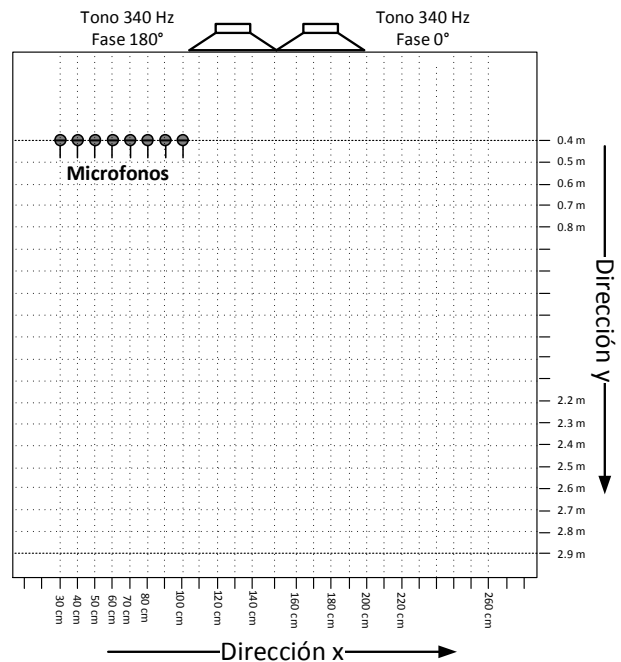


Fig. 9. Esquema de división del área de pruebas para mediciones de la prueba realizada.

**B. Resultados obtenidos.**

En esta prueba se midieron 576 puntos que nos permite obtener una superficie extensa y bien definida. Las mediciones se graficaron usando la herramienta *surface* de LabVIEW. La figura 10 exhibe la distribución obtenida mostrando las áreas de mayor y menor concentración de presión sonora indicadas con color rojo y azul, respectivamente. La imagen da una idea clara del comportamiento de las ondas de sonido al nivel de altura donde se ubicaron los micrófonos.

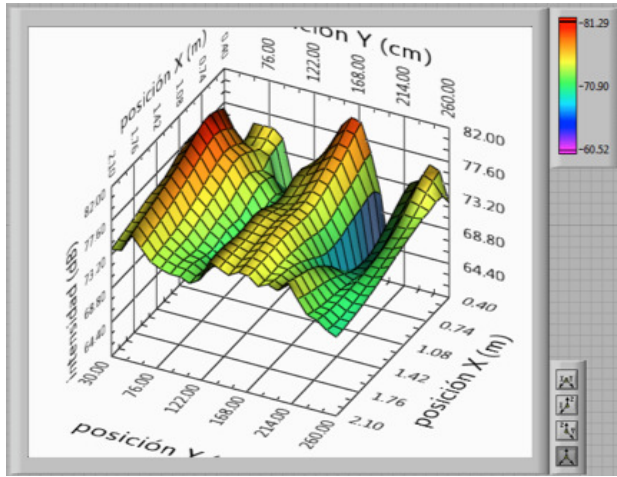


Fig. 10. Distribución de energía para dos bocinas con un tono de 340 Hz

También se pueden ver los gradientes que se forman de acuerdo a la naturaleza de la onda.

En la figura 11 se muestra el esquema y la gráfica resultante de otra prueba realizada, ahora utilizando 8 que emiten un tono de 680Hz.

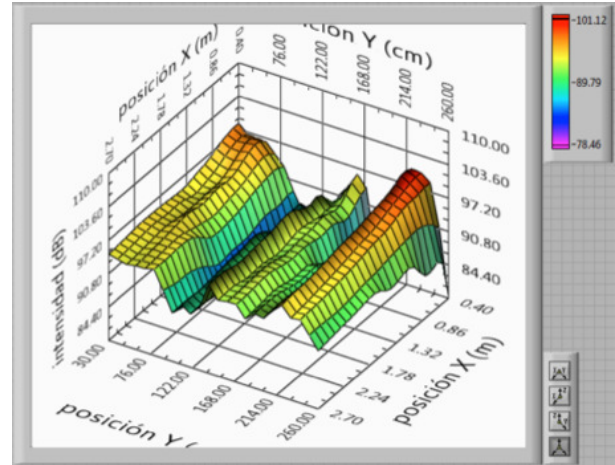
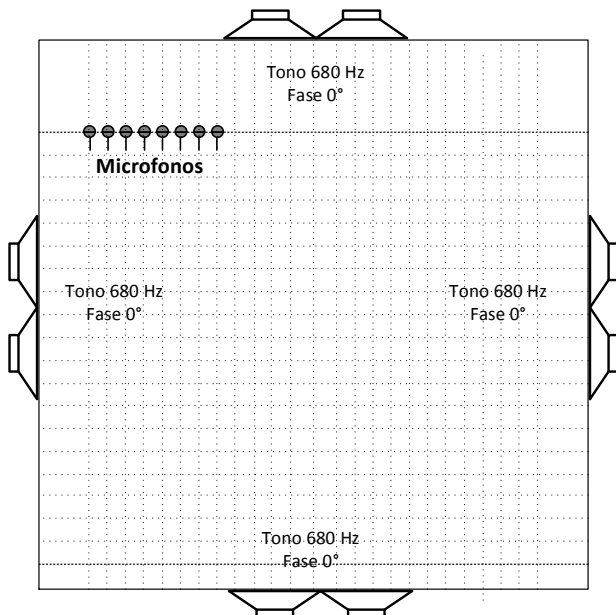


Fig. 11. Esquema y resultados obtenidos para la prueba con 8 bocinas a 680 Hz.

**V. CONCLUSIONES**

Con los resultados obtenidos, tenemos una idea del comportamiento de las ondas acústicas dentro de la cámara. La herramienta presentada de generación de señales multicanal nos permite experimentar la distribución sonora de diferentes arreglos de bocinas, y estudiar los efectos que se producen al superponer ondas con distintas atribuciones de amplitud, fase y frecuencia. El patrón de interferencia de las ondas puede ser comprobado con el sistema de instrumentación presentado en este trabajo.

Por otra parte, el sistema de instrumentación de niveles acústicas de 8 canales permite tomar datos simultáneamente y observar la señal que captan los sensores con ayuda de la interfaz de usuario. Existe la ventaja de que este software puede ser instalado en una computadora host de características simples para operar el hardware, y puede ser escalado a mayor cantidad de canales según lo requieran las necesidades.

**VI. AGRADECIMIENTOS**

Al programa Conacyt OSEO: por el apoyo otorgado, para la realización del proyecto N° 143788, titulado: “Utilización de RFID y FPGA para la localización bayesiana y la cancelación activa de ruido”.

A la Universidad Politécnica de Tlaxcala, por el tiempo y las facilidades otorgadas, para la realización del proyecto.

A la empresa Advanced Scientific Applications de México S.A. de C.V., por el apoyo otorgado para el desarrollo del trabajo.

**REFERENCIAS**

- [1] Lueg P., "Process of silencing sound oscillations," U.S. Patent 2,043,416, June 19, 1936.
- [2] S. I. Hernández, C. Santos, J. P. Becker, C. Macías, "Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria cementera", Salud Pública (INSP), México, 2000.
- [3] B. Zamorano, V. Parra, J.I. Vargas, Y. Castillo, C. Vargas, "Disminución Auditiva de Trabajadores Expuestos a Ruido en una empresa Metalmeccánica", Ciencia y trabajo, año 12, número 35, enero-marzo.
- [4] Brüel & Kjaer, "Ruido Ambiental". Dinamarca, 2000.
- [5] G. M. Ballou, "Handbook for sound engineer, third edition." USA: Elsevier-Focal Press, 2002.
- [6] C. M. Harris, "Handbook of Acoustical Measurements and noise control", Ney York: McGraw Hill, 1998.
- [7] J. Eargle, "The microphone book", USA: Elsevier-Focal Press. 2002.
- [8] J. Fraden, "Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs and Applications". USA: Springer – Verlag, 2004.
- [9] L. Kinsler , A. Frey., "Fundamental of Acoustics". USA: John Wiley & Sons, Inc. 1962.