

## ESTUDIO DE RUIDO INDUSTRIAL EN LA LOCALIDAD DE INGENIERO WHITE (BAHIA BLANCA) A PARTIR DE UN MODELO COMPUTACIONAL

SEQUEIRA, MARTIN<sup>1\*</sup>; CORTINEZ, VICTOR<sup>1,3,4</sup>; AZZURRO, ADRIAN<sup>1</sup>; STOKLAS, CECILIA<sup>1</sup> Y PONS, FACUNDO<sup>2</sup>

1: Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Bahía Blanca

11 de Abril 461, B8000LMI, Bahía Blanca, Bs. As., Argentina.

e-mails: martins@frbb.utn.edu.ar; vcortine@frbb.utn.edu.ar; azzurro@frbb.utn.edu.ar; stoklas@frbb.utn.edu.ar;

cte.inspec6@bb.mun.gba.gov.ar

2: Comité Técnico Ejecutivo

Municipalidad de Bahía Blanca

San Martín 3474, B8000LMI, Bahía Blanca, Bs. As., Argentina.

e-mail: cte.inspec6@bb.mun.gba.gov.ar

3: Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Argentina

4: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

**Resumen.** *El presente trabajo tiene como finalidad contribuir a la caracterización objetiva de los niveles sonoros originados por diferentes industrias del Polo Petroquímico en la localidad de Ingeniero White de la ciudad de Bahía Blanca. A partir del estudio de los antecedentes de generación de ruido en la zona, se realizó una actualización de los datos acústicos y se generó una herramienta computacional adecuadamente calibrada para la evaluación del impacto ambiental de ruido a fin de utilizarse como ayuda a procesos de planificación urbana. Este trabajo es una continuación de un estudio llevado a cabo entre el Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada de la FRBB, UTN y el Comité Técnico Ejecutivo en los años 2011 y 2012.*

**Palabras clave:** Ruido industrial, Impacto acústico, Modelo computacional

### 1. INTRODUCCIÓN

En este artículo, se describe un estudio de caracterización acústica en la localidad de Ingeniero White de la ciudad de Bahía Blanca. Dicha localidad está conformada por un área urbanizada y por una zona industrial que reúne un conjunto de plantas multi-fuente, denominada Polo Petroquímico. Ambas zonas presentan diferencias fundamentales a partir del uso del terreno y de los niveles sonoros permitidos [1], generando esto un problema ocupacional de gran importancia.

En el año 2011, se estimaron los niveles de potencia sonora de las plantas industriales más significativas, a partir de un gran número de mediciones directas aplicando los lineamientos establecidos en la normativa ISO 8297 [2]. Luego, se implementó un modelo de propagación sonora que permitió generar el mapa acústico y determinar el impacto sobre el área poblada.

Mediante dicho modelo, se determinaron puntos característicos asociados a cada planta industrial donde la influencia de cada una es predominante e independiente del resto, siendo posible entonces identificar directamente el nivel de potencia emitido a partir del nivel sonoro en el punto asociado. Los detalles del trabajo pueden encontrarse en la referencia [3].

El presente estudio se divide en dos etapas. La primera está orientada a la revisión de los niveles sonoros en la zona a fin de obtener una descripción más acabada de las características temporales y el estado acústico de base. Para ello se utiliza la base de datos de estudios realizados entre el Centro de Investigaciones en Mecánica Teórica y Aplicada CIMTA (FRBB, UTN) y el Comité Técnico Ejecutivo CTE de la Municipalidad de Bahía Blanca, organismo dedicado al control y monitoreo del medio ambiente en la zona. La segunda etapa está dirigida a la actualización de los niveles de potencia sonora de las plantas industriales, considerando un número mínimo de mediciones directas, para luego emplear un modelo adecuado de propagación sonora implementado en el programa SoundPLAN. Dicho modelo se valida mediante la comparación entre los niveles sonoros medidos y simulados en diversas localizaciones del sector urbano y permite reajustar el mapa acústico de la zona. A partir de esto, se pretende generar una herramienta computacional actualizada para la valoración del impacto acústico a fin de utilizarse como complemento a procesos de planificación urbana.

En la Figura 1 se presenta la zona bajo estudio con las plantas industriales y las ubicaciones de los puntos de medición. Los receptores EMAC 1 y 2 corresponden a estaciones de monitoreo continuo (ubicadas a una altura aproximada de 6 m) y los receptores 1, 3, 5, 6 y 7 corresponden a puntos de medición discretos. Ambos conjuntos de receptores fueron determinados por el CTE y son utilizados para realizar controles periódicos y continuos de los niveles sonoros. Los receptores a, b, c, d y e corresponden a puntos característicos de medición discretos y fueron propuestos a los efectos de complementar la información y caracterizar las principales fuentes industriales del sector [3]. Las mediciones se realizaron con un sonómetro B&K 2270 clase I perteneciente al CTE.

## **2. PRIMERA ETAPA: ANALISIS DE LOS NIVELES SONOROS EN LA ZONA**

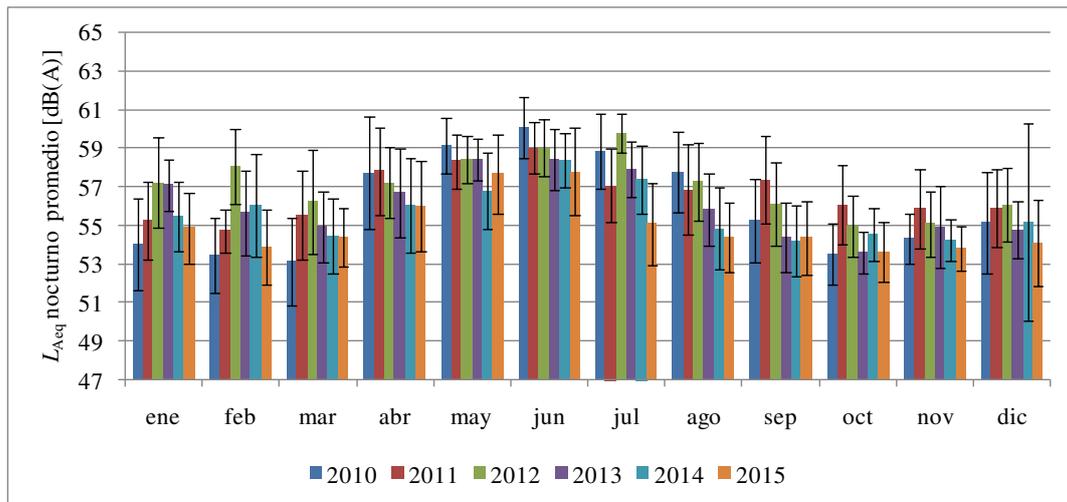
### **2.1. Mediciones continuas: características generales**

A los efectos de estudiar las variaciones sonoras temporales, se organizaron y analizaron los registros acústicos, con intervalos de medición de 1 h, brindados por las estaciones de monitoreo continuo EMAC 1 y EMAC 2 (ver Figura 1) correspondientes a los periodos 1/2010 a 12/2015 y 10/2014 a 10/2015, respectivamente. En particular, se examinaron los registros para los periodos horarios diurno (7 a. m. a 22 p. m.) y nocturno (22 p. m. a 7 a. m.). Estos últimos establecidos según la legislación vigente de la ciudad [4]. En las Figuras 2 y 3 se muestran, para la EMAC 1 y 2, el nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A,  $L_{Aeq}$ , promedio y los correspondientes desvíos para los distintos meses de cada año y para el horario nocturno (por una cuestión de espacio se omiten los gráficos para el periodo diurno).

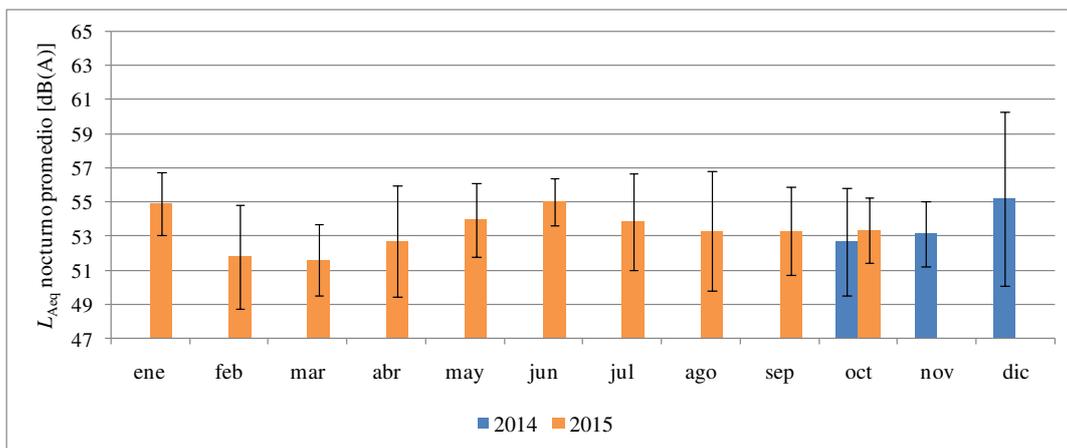


**Figura 1.** Zona de estudio y ubicación de los puntos de medición y de las plantas industriales consideradas.

En el caso de la EMAC 1, se observa que las fluctuaciones por año promediando todos los meses, son pequeñas, del orden de 1 dB(A). Los niveles sonoros promedio más altos se encuentran entre los meses de abril y agosto, coincidiendo aproximadamente con las estaciones de otoño e invierno. El  $L_{Aeq}$  promedio en estos meses (más ruidosos) es de 57.1 dB(A) y la diferencia entre los meses más y menos ruidosos es de 2 dB(A). El  $L_{Aeq}$  nocturno presenta un valor 2.7 dB(A) menor que el correspondiente al periodo diurno. El desvío promedio es del orden de 2.2 dB(A) y similar para ambos periodo horarios. En el caso de la EMAC 2, la diferencia promedio entre el periodo diurno y nocturno, contemplando todos los meses, es de 2.3 dB(A). Los desvíos promedio son análogos en ambos periodos (~3 dB(A)). Se concluye que, en ambas estaciones, las variaciones sonoras son mucho menores que los desvíos. Esto señala que existe una gran uniformidad temporal en los niveles sonoros quedando éstos adecuadamente representados por los promedios generales.



**Figura 2.** Valores del  $L_{Aeq}$  promedio y desvíos por año y mes para el periodo nocturno (EMAC 1).



**Figura 3.** Valores del  $L_{Aeq}$  promedio y desvíos por año y mes para el periodo nocturno (EMAC 2).

## 2.2. Mediciones continuas: Determinación del periodo nocturno asociado al ruido preponderantemente industrial

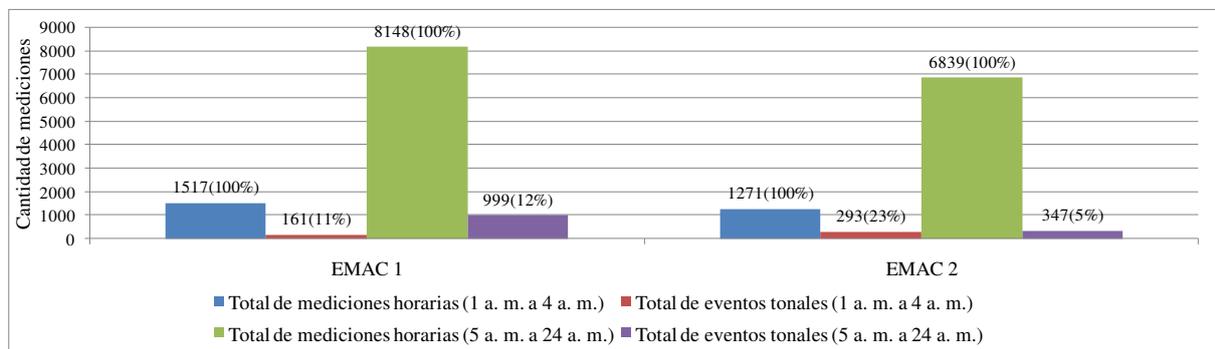
Para determinar las características exclusivas del ruido proveniente del sector industrial, es necesario analizar la franja horaria donde el ruido urbano sea el mínimo posible. Entonces, no es posible utilizar el periodo nocturno de manera completa ya que es factible encontrar, en dicho horario, otras fuentes de ruido tales como el tráfico vehicular. En tal sentido, se estudió la distribución horaria nocturna del  $L_{Aeq}$  promedio, en cada estación EMAC, durante el periodo 10/2014 – 10/2015. A partir de esto, se estableció que el horario nocturno comprendido entre la 1 a. m. y las 4 a. m. inclusive se corresponde con los mínimos niveles, los que presumiblemente pueden asociarse al ruido emitido por los procesos continuos de las industrias. Los valores del  $L_{Aeq}$  promedio para dicha franja horaria son 54.6 y 53.2 dB(A), para la EMAC 1 y 2, respectivamente.

Es interesante comentar que el nivel percentil  $L_{90}$ , definido como el nivel que se sobrepasa o iguala durante el 90 % del tiempo de medición, es considerado un indicador del ruido de fondo de acuerdo con la legislación local [4]. Dicho nivel promedio en el horario nocturno es de 54.5 y 50.4 dB(A), para la EMAC 1 y 2, respectivamente. Estos niveles percentiles son similares a los niveles  $L_{Aeq}$  promedio para el franja horaria de 1 a. m. a 4 a. m. establecidos previamente, lo que permite corroborar que en dicho horario los niveles sonoros son mínimos en las ubicaciones de las estaciones de monitoreo continuo.

### 2.3. Mediciones continuas: Análisis de las características tonales

Para evaluar la tonalidad se adoptó un criterio similar al establecido por la norma IRAM 4062 [5], es decir, se analizaron los valores de los niveles sonoros de las bandas de tercio de octava, buscando aquéllas en las cuales tales niveles son superiores en 5 dB respecto a las bandas contiguas. Esto indica un evento tonal en la banda identificada. Esta información resulta de gran importancia debido a que la tonalidad genera mayor grado de molestia en la zona urbana pudiéndose interpretar como un aumento en el nivel sonoro percibido [4,5].

En la Figura 4 se muestra, para cada estación EMAC, la cantidad de eventos tonales respecto al total de mediciones, para las franjas horarias correspondientes al ruido industrial (1 a. m. a 4 a. m.) y al resto de las horas (5 a. m. a 24 a. m.). Se descartaron del estudio aquellas mediciones donde no se registró todo el intervalo diario de medición (24 h) debido a problemas técnicos con los equipos. Entonces, se analizaron un total de 9665 y 8110 h de mediciones para la EMAC 1 y 2, respectivamente.



**Figura 4.** Recuento de eventos tonales para las franjas horarias establecidas (periodo 10/2014 al 10/2015).

En la franja horaria de ruido industrial (1 a. m. a 4 a. m.), se aprecia que el 11% de las mediciones presentan tonalidad en la EMAC 1, mientras que el 23 % de las mediciones registra eventos tonales en la EMAC 2. Observando el resto de franja horaria (5 a. m. a 24 a. m.), el 12% (5%) de las mediciones horarias presentan tonalidad en la EMAC 1 (EMAC 2). Al comparar la cantidad de eventos tonales en esta última franja con los obtenidos en la franja horaria industrial, se puede apreciar una disminución importante de la cantidad de eventos en la estación EMAC 2 mientras que en la EMAC 1 es similar. Esto podría señalar que los niveles sonoros registrados en la EMAC 2 son notoriamente influenciados por la actividad industrial mientras que los registros tonales en la EMAC 1 son producidos por fuentes mixtas.

La presencia de una vía con un importante flujo vehicular (en particular de vehículos pesados) muy cercana a la EMAC 1, podría explicar esta observación.

Realizando un análisis detallado en la franja horaria de ruido industrial, se estableció que en la EMAC 1 los eventos tonales corresponden fundamentalmente a la banda de 31.5 Hz (en el 71 % de los mediciones), seguida por la banda de 4000 Hz (6 %) mientras que para la EMAC 2 la banda predominante es la de 4000 Hz (95 %), seguida por la banda de 8000 Hz (3 %).

Es interesante destacar que la mayor cantidad de eventos tonales en la EMAC 1 y 2, se produjeron entre los meses de abril y agosto de 2015 y entre diciembre de 2014 y enero de 2015, respectivamente. Estos se corresponden con los meses más ruidosos expuestos en la sección 2.1.

#### 2.4. Mediciones discretas: Características generales

Se analizaron los niveles sonoros en los puntos receptores (1, 3, 5, 6, 7, a, b, c, d y e) medidos durante el periodo 1/2013 – 5/2016. Dichas mediciones se efectuaron en condiciones normales de operación de las plantas, con velocidades de viento inferiores a 5 m/s, a una altura de 1.5 m y evitando registros de eventos ajenos al ruido proveniente del sector industrial. Los horarios de medición fueron establecidos entre las 9 p. m. y las 7 a. m. y se realizaron, en promedio, entre 16 y 266 mediciones en cada uno de los puntos.

En la Figura 5 se muestran los valores promedio del  $L_{Aeq}$ , y los correspondientes desvíos, por año y para cada punto de medición mencionado. Se observa que las variaciones anuales son mucho menores que los desvíos. Se concluye que hay una gran uniformidad temporal que es menor a 2.8 dB(A), siendo éste el desvío promedio. Entonces, los niveles sonoros quedan representados por los promedios globales.

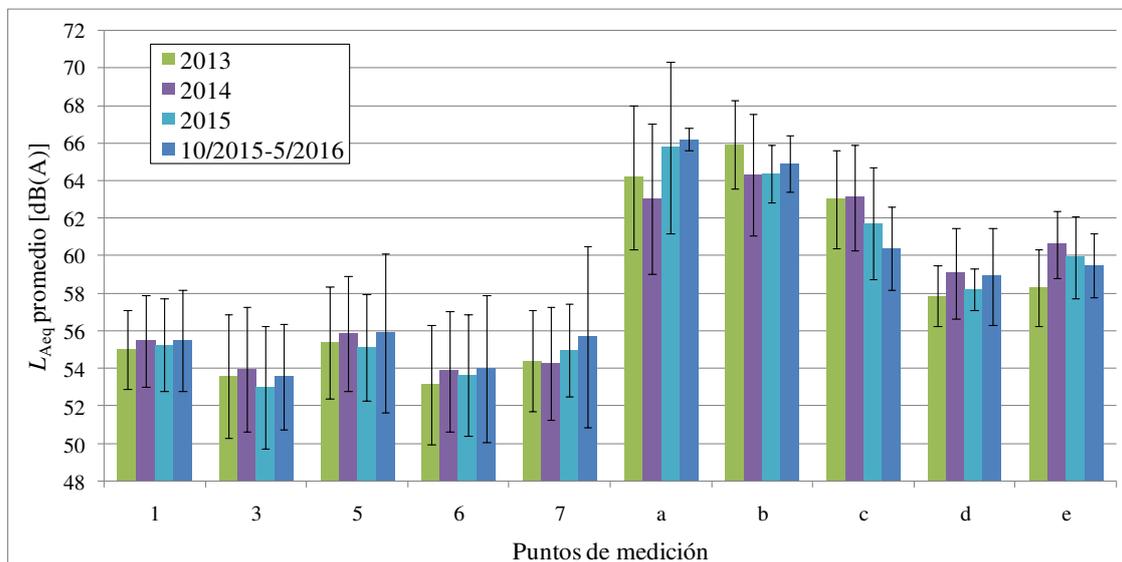


Figura 5. Valores del  $L_{Aeq}$  promedio y desvíos en los puntos de medición discretos.

## 2.5. Mediciones discretas: Análisis de las características tonales

Con la finalidad de comparar y relacionar las características tonales de origen industrial con aquéllas encontradas en las estaciones de monitoreo continuo (ver sección 2.3), se identificaron los eventos tonales en los puntos discretos de medición. En particular, se analizó el periodo de 10/2015 a 5/2016, dado que el mismo presenta información en bandas de tercio de octava. Se comprobó que el punto 6 presenta tonalidad en las bandas de 31.5 Hz (en el 4.2 % de las mediciones) y 4000 Hz (16.7 %), apreciándose una relación directa, dada su cercanía, con los eventos tonales registrados en la EMAC 1. Por su parte, el punto 3 presenta tonalidad en las bandas de 4000 Hz (3.8 %) y 8000 Hz (7.7 %) y el punto 5, en la banda de 4000 Hz (3.4 %). En estos casos, se observa cierta equivalencia tonal con la EMAC 2. Sin embargo, es difícil presumir que fuente industrial es la responsable de dicha tonalidad ya que la EMAC 2 se encuentra cercana a varias de ellas. No se encontró tonalidad en los puntos receptores restantes. La información obtenida en esta sección fue utilizada para estimar el nivel de potencia sonora  $L_w$  de las industrias, como se muestra en la siguiente sección.

## 3. SEGUNDA ETAPA: ACTUALIZACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA CARACTERIZACIÓN SONORA DE LA ZONA

### 3.1. Determinación de las potencias sonoras

A efectos de caracterizar acústicamente cada planta industrial, se supuso que cada una de ellas puede ser representada, desde el punto de vista acústico, como una fuente puntual omnidireccional equivalente ubicada en un punto particular en el interior de su predio [3]. Luego, se hicieron corresponder los puntos característicos (a, b, c, d y e) con las fuentes industriales más cercanas. De esta forma, dada su cercanía, es apropiado considerar que los niveles sonoros en dichos puntos provienen mayoritariamente de la fuente más próxima. Este hecho permite estimar el nivel de potencia sonora  $L_w$  de cada fuente a partir del valor de presión sonora del punto característico más cercano con la ayuda de un modelo de propagación adecuado. En particular, para el caso de la fuente HDPE (la cual se encuentra muy próxima a las plantas LHCI y Air Liquid), se estableció un procedimiento inverso de identificación [3] que involucra los niveles de potencia de las tres industrias mencionadas y los niveles sonoros en los puntos característicos asociados b, c y d (ver Figura 1). Además, debido a que no se pudieron realizar mediciones auxiliares en locaciones cercanas a las tres fuentes que conforman la planta de Cargill (Aceitera, Maltería y Elevadores), se utilizaron los niveles de potencia obtenidos en el estudio del año 2011 [3]. Por otro lado, a partir de la instalación de un nuevo equipamiento en la planta Profertil en el año 2015 [6], fue posible actualizar su nivel de potencia sonora, determinar el diagrama de directividad asociado y utilizar dicha información en el presente estudio.

En la Tabla 1, se presenta el nivel de potencia  $L_w$  total y los valores por bandas de octava, calculado en el año 2011 [3], en la actualidad y las diferencias entre ambos, para cada fuente industrial. En general, se muestra que los niveles de potencia actuales, salvo en el caso de la fuente Air Liquid, son levemente superiores a los estimados en el año 2011.

### 3.2. Modelo de propagación sonora

El modelo de propagación utilizado está basado en la norma ISO 9613-2 [7]. Se contemplaron los efectos de atenuación debido a divergencia esférica  $A_{div}$  y a la absorción del suelo  $A_{suelo}$  y del aire  $A_{aire}$  en el camino de propagación. Además, debido a la atenuación que ocurre por el efecto de dispersión originado por los distintos obstáculos ubicados dentro de cada planta industrial, se consideró una atenuación adicional denominada  $A_{sitio}$  (ver ISO 9613-2). Dado que el terreno no presenta grandes desniveles, se supuso todo el sector como plano. En consecuencia, el nivel sonoro continuo equivalente  $L_{eq,bf}$  en la posición del receptor y para la banda de octava considerada bf (63 a 8000 Hz), queda expresado de la siguiente manera:

$$L_{eq,bf} = L_{w,bf} + D_{C_{bf}} - A_{bf} , \quad (1)$$

donde  $L_{w,bf}$  es el nivel de potencia sonora,  $D_{C_{bf}}$  es el factor de corrección por directividad y  $A_{bf}$  es el término que contempla la contribución de las distintas atenuaciones en el camino de propagación, comentadas previamente, desde la fuente sonora al receptor. El factor  $D_{C_{bf}}$  se consideró igual a cero, salvo al contemplar la fuente Profertil, donde se utilizó la directividad asociada [6]. Todos los términos citados están expresados en dB.

El nivel sonoro  $L_{Aeq}$  total en cada punto receptor se obtuvo a partir de considerar las contribuciones del nivel sonoro calculadas de acuerdo con la ecuación (1), para cada fuente sonora y para cada banda de octava afectada por la curva de ponderación A.

Fuente industrial		Nivel de potencia sonora $L_w$ (dB) por banda de octava (Hz)								$L_w$ total (dB)	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
LHCII	año 2011	124.2	121.0	118.8	116.2	118.4	116.5	116.4	116.3	128.5	
	actual	122.5	124.2	124.1	119.2	122.3	122.3	122.7	132.9	135.1	
	diferencia	1.6	-3.3	-5.3	-3.0	-4.0	-5.8	-6.3	-16.6	-6.7	
LHCI	año 2011	127.2	123.6	121.8	120.2	120.3	121.3	123.5	123.0	132.2	
	actual	124.7	125.6	125.0	122.3	120.9	119.4	119.4	126.2	132.7	
	diferencia	2.5	-2.0	-3.2	-2.1	-0.5	1.8	4.1	-3.3	-0.5	
HDPE	año 2011	118.3	115.6	116.0	113.8	110.0	110.2	111.3	105.1	123.1	
	actual	110.5	118.2	121.8	121.4	121.2	120.1	116.7	123.3	129.3	
	diferencia	7.8	-2.6	-5.9	-7.6	-11.2	-9.9	-5.4	-18.2	-6.2	
Air Liquid	año 2011	122.1	119.9	118.3	115.8	109.5	101.9	94.1	88.9	125.7	
	actual	114.8	112.1	111.7	110.0	106.9	104.9	97.3	91.8	119.1	
	diferencia	7.2	7.8	6.5	5.7	2.6	-3.1	-3.2	-3.0	6.7	
Profertil	año 2015	134.2	132.1	129.1	124.5	123.5	125.9	129.6	144.6	145.5	
Aceit.		123.2	119.4	113.7	110.7	106.9	103.8	102.2	99.6	113.5	
Cargill	Malt.	año 2011	118.0	114.0	111.2	109.8	106.3	102.8	99.5	95.1	111.9
	Elev.		124.6	121.8	120.5	119.1	113.9	108.9	105.9	101.7	120.0
Termoeléctrica	actual	116.1	117.1	117.0	115.8	112.4	112.6	109.0	117.6	120.9	

**Tabla 1.** Nivel de potencia sonora  $L_w$  estimado para cada fuente industrial.

### 3.3. Actualización del modelo acústico computacional

Con los niveles de potencia y el modelo de propagación, se confeccionó el mapa acústico correspondiente al ruido industrial para la localidad de Ingeniero White (ver Figura 6). Dicho modelo fue implementado numéricamente a través del programa SoundPLAN.

En la Tabla 2 se muestra la comparación entre los niveles sonoros medidos y simulados en los puntos de medición. Se observa, en general, un buen ajuste. La diferencia promedio, en valor absoluto, del  $L_{Aeq}$  para todos los puntos es de 1.4 dB(A). La máxima diferencia es de 4.5 dB(A) en el punto 7. Esto puede deberse a que no se actualizaron los niveles de potencia de las fuentes que conforman la planta Cargill, siendo ésta la principal fuente contribuidora en dicho punto. Al comparar los valores en bandas de octava, se observa una diferencia promedio, en valor absoluto, de 2.8 dB. Las bandas que presentan mayores discrepancias son 63 y 8000 Hz. Una posible explicación puede ser la falta de contemplación de directividad en la mayoría de las fuentes analizadas. En particular, el nivel sonoro simulado en la EMAC 2 (no presentado en la Tabla 2), subestima el valor medido promedio en alrededor de 6 dB(A). Esta diferencia puede ser posible a la existencia de ruido de fondo no contemplado en el modelo, dado que dicha estación se encuentra alejada del sector industrial.



**Figura 6.** Mapa acústico originado por el ruido industrial en la zona de estudio.

Punto de medición		Nivel sonoro equivalente $L_{eq}$ (dB) por banda de octava (Hz)								$L_{Aeq}$ total [dB(A)]
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
EMAC 1	medido	62.2	57.9	55.6	52.7	49.3	44.6	40.6	33.4	54.6
	simulado	71.2	58.5	53.6	52.6	48.8	44.3	35.2	12.5	54.6
	diferencia	-9.0	-0.6	2.0	0.1	0.5	0.3	5.4	20.9	0.0
1	medido	65.3	60.8	57.8	53.3	49.3	45.2	37.1	25.4	55.5
	simulado	72.2	60.2	54.3	50.5	48.3	46.9	36.2	5.9	54.7
	diferencia	-6.9	0.6	3.5	2.8	1.0	-1.7	0.9	19.5	0.8
3	medido	62.9	57.9	55.2	50.9	48.1	43.9	37.1	25.6	53.6
	simulado	65.7	56.6	52.5	50.7	52.7	48.9	34.2	6.6	55.9
	diferencia	-2.8	1.3	2.7	0.2	-4.6	-5.0	2.9	19.0	-2.3
5	medido	63.5	59.2	54.2	51.9	51.8	47.9	41.5	29.9	55.9
	simulado	67.3	58.3	53.3	52.1	53.6	50.3	40.7	18.2	57.1
	diferencia	-3.8	0.9	0.9	-0.2	-1.8	-2.4	0.8	11.7	-1.2
6	medido	61.6	56.9	52.6	50.8	48.5	47.1	40.2	28.3	54.0
	simulado	68.7	54.6	45.4	46.9	49.4	48.5	42.3	29.9	54.1
	diferencia	-7.1	2.3	7.2	3.9	-0.9	-1.4	-2.1	-1.6	-0.1
7	medido	65.9	61.4	54.9	52.8	51.1	44.8	43.5	30.4	55.7
	simulado	82.3	69.5	56.6	53.7	50.5	45.2	41.0	29.8	60.2
	diferencia	-16.4	-8.1	-1.7	-0.9	0.6	-0.4	2.5	0.6	-4.5
a	medido	69.5	66.4	62.8	57.4	61.4	60.1	57.7	50.9	66.2
	simulado	68.6	64.4	59.8	56.9	61.4	60.2	56.6	50.0	65.9
	diferencia	0.9	2.0	3.0	0.5	0.0	-0.1	1.1	0.9	0.3
b	medido	71.6	67.7	63.7	60.4	59.9	57.2	54.3	44.1	64.9
	simulado	70.6	64.4	58.3	56.9	58.9	56.5	52.4	42.4	63.1
	diferencia	1.0	3.3	5.4	3.5	1.0	0.7	1.9	1.7	1.8
c	medido	67.7	61.7	57.7	55.7	56.4	53.4	46.6	29.2	60.4
	simulado	68.1	59.1	53.9	52.3	54.8	52.1	44.4	27.6	58.5
	diferencia	-0.4	2.6	3.8	3.4	1.6	1.3	2.2	1.6	1.9
d	medido	66.1	60.7	58.4	56.4	53.8	51.1	41.9	26.9	58.9
	simulado	67.9	60.1	55.5	54.4	55.2	53.1	42.5	26.7	59.2
	diferencia	-1.8	0.6	2.9	2.0	-1.4	-2.0	-0.6	0.2	-0.3
e	medido	67.9	64.7	61.6	56.7	53.4	50.6	41.5	22.7	59.5
	simulado	74.5	61.5	54.9	53.0	51.9	53.8	45.9	26.9	58.9
	diferencia	-6.6	3.2	6.7	3.7	1.5	-3.2	-4.4	-4.2	0.6

**Tabla 2.** Comparación entre los niveles sonoros medidos y simulados.

#### 4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Se ha actualizado el mapa acústico de la zona urbana lindera al Polo Petroquímico de la localidad de Ing. White en la ciudad de Bahía Blanca, contemplando como única fuente de ruido el industrial. El estudio realizado se ha dividido en dos etapas. En la primera etapa, se han analizado los antecedentes sonoros en la zona, a partir de mediciones continuas y discretas, logrando determinar el intervalo horario nocturno (1 a. m. a 4 a. m.) en el cual el ruido existente en inmediaciones de las estaciones de monitoreo continuo EMAC 1 y 2 tiene

origen industrial. Además, se han identificado los eventos tonales en dichas estaciones y se han relacionado con aquéllos encontrados en los puntos discretos de medición. En la segunda etapa se han actualizado las potencias acústicas de las principales fuentes industriales. A partir de tales valores y utilizando un modelo simple de propagación sonora se ha confeccionado y validado el correspondiente mapa acústico para condiciones normales de operación de las plantas y en ausencia de viento. Esto ha permitido generar una herramienta computacional actualizada para la valoración del impacto acústico en la zona.

Finalmente, como trabajo a futuro, sería importante relacionar las tonalidades registradas en los puntos receptores con la actividad industrial. Para ello, se debería contar con información pertinente a los regímenes de operación de cada industria en el periodo analizado. Asimismo, dadas las discrepancias encontradas en algunos espectros de los niveles de potencia sonora, resultaría necesario caracterizar e incluir los efectos de directividad de las plantas examinadas. En particular, sería aconsejable agregar una estación de medición próxima a la planta Cargill, para actualizar las correspondientes potencias sonoras. Por último, se deberían estudiar distintos escenarios ambientales a fin de poder determinar la influencia de las condiciones meteorológicas presentes en la zona.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen el apoyo de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UTN y de CONICET.

## **REFERENCIAS**

- [1] Plan Estratégico de la ciudad de Bahía Blanca. Etapas de Formulación. Municipalidad de Bahía Blanca. Buenos Aires, Argentina, (2000).
- [2] ISO 8297. Acoustics – Determination of Sound Power Levels of Multisource Industrial Plants for Evaluation of Sound Pressure Levels in the Environment, (1994).
- [3] Cortínez VH., Sequeira ME., Azzurro AP., Pons F. y Rey Saravia F. “Desarrollo y calibración de un modelo acústico para una zona residencial-industrial”. III Congreso PROIMCA, (2011).
- [4] Ordenanza Municipal N° 13.032. “Régimen de Ruidos Molestos”. Ciudad de Bahía Blanca. Buenos Aires, Argentina, (2004).
- [5] IRAM 4062. Ruidos molestos al vecindario. Medición y evaluación, (2001).
- [6] Cortínez VH., Sequeira ME., Azzurro AP. “Estudio de impacto acústico ambiental en los alrededores de una planta industrial de Bahía Blanca”. V Congreso PROIMCA y III Congreso PRODECA, (2015).
- [7] ISO 9613-2. Acoustics – Attenuation of Sound During Propagation Outdoors – Part 2: General Method of Calculation, (1996).