



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A104

## **Cuantificación del Impacto Acústico de las Plantas de Proceso en el Sistema de Monitoreo Continuo de Ruido de Enap S.A., Refinería Bio Bio**

Joaquín M. Stevens Castro<sup>(a)</sup>,  
Jorge P. Arenas<sup>(a)</sup>.

(a) Instituto de Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Campus Miraflores, Casilla 567, Valdivia, Chile. E-mail: joaquinstevens@yahoo.es.

### **Abstract**

This work reports the development of a predicting model for the sound propagation at the Oil Refinery ENAP S.A. Bio-Bio. The acoustic impact by the process plants in the continuous noise monitoring system is estimated by means of ISO9613-2 and CONCAWE standards. Sound power level has been estimated by ISO8297 standard in a measurement campaign. In addition, meteorological effect corrections are considered. These corrections estimate the effects on the sound prediction method of both sun-radiation and wind-vector. These data are obtained from the plant's meteorological tower. Finally, the aim is to compare the results of the model with the information obtained from the monitoring system for a workday' specific interval. In particular, this work provides the relevant background for the sound power measurement campaign, regarding its methodology, procedure and results.

### **Resumen**

El Proyecto consiste en el desarrollo de un Modelo de Propagación de las emisiones sonoras de la Refinería Bio Bio de Enap S.A. A través de los estándares ISO 9613-2 y CONCAWE se estima el impacto acústico de las plantas de proceso en el sistema de monitoreo continuo de ruido de la Empresa. La potencia sonora se estima a través de una campaña de medición mediante el estándar ISO 8297 y adicionalmente, se incorpora una corrección por efectos meteorológicos la cual cuantifica los efectos de la radiación solar y el vector viento, datos obtenidos de la torre meteorológica de la Empresa. El objetivo es comparar los resultados obtenidos por el modelo de propagación con la información entregada por el sistema de monitoreo para un intervalo específico de jornada laboral, determinando el grado de efectividad. En este documento, se presentan los antecedentes pertinentes a la campaña de medición de potencia sonora, en los ámbitos de metodología, procedimiento y resultados.

## 1 Introducción

El estudio del impacto acústico de grandes complejos industriales en la población cercana, es un problema de creciente interés en términos de planificación urbana, involucrando a gobiernos, empresas y población [1, 2]. Conciente de esta problemática, ENAP Refinerías S.A. Refinería Bio-Bio, ha desarrollado desde la década pasada un seguimiento de sus emisiones de ruido. La Empresa cuenta con un sistema de monitoreo continuo de ruido (*SMCR*), compuesto por 3 monitores fijos, el cual entrega información constante para todo el año laboral, permitiendo estimar el impacto acústico hacia la Población El Triángulo (ver figura 1), comuna de Hualpén, Región del Bio-Bio, cumpliendo de este modo con la normativa chilena vigente [3, 8].

Siguiendo una línea de desarrollo, es de interés para la Empresa el estimar la composición del ruido medido por su sistema de monitoreo, de manera de detectar mejoras y ventajas en términos de gestión ambiental. De esta manera, el proyecto en cuestión considera el desarrollo de un modelo de propagación de las emisiones sonoras de la Refinería. Además, en este documento se entregan los antecedentes pertinentes a la campaña de medición de potencia sonora.



Figura 1. Situación Refinería Bio-Bio ENAP S.A.

## 2 Metodología

### 2.1 Normativa de referencia

En la primera etapa, se determinó el tipo y número de fuentes sonoras a considerar en el modelo de propagación, y la respectiva normativa de medición de potencia sonora ( $L_W$ ). Las fuentes consideradas corresponden a 8 zonas de plantas de proceso multifuente y 2 antorchas,

pertenecientes al sistema de seguridad de la Refinería. Ambos tipos de fuente se consideran como fuentes puntuales [2, 9].

En el caso de las plantas de proceso, se utilizó la norma ISO8297:1994, Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method [4]. La expresión para  $L_W$  corresponde a la ecuación (1), la cual es función del nivel de presión sonora promedio sobre el contorno de medición ( $L_p$ ), un término de área ( $\Delta L_S$ ), una corrección por proximidad ( $\Delta L_F$ ), un término de corrección por micrófono ( $\Delta L_M$ ) y la atenuación sonora producto de la absorción atmosférica ( $\Delta L_\alpha$ ).

$$L_W = L_p + \Delta L_S + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_\alpha \quad (1)$$

Por motivos prácticos, para las antorchas se utilizó de manera inversa el estándar ISO9613-2:1996, Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method calculation [5]. Esto es, a partir de la medición del nivel de presión sonora continuo equivalente a favor del viento ( $L_{fi}(DW)$ ), se estimó  $L_W$ , incorporando adicionalmente una corrección por efectos meteorológicos ( $K_4$ ), extraída del modelo CONCAWE:1981: The propagation of noise from petroleum and petrochemical complexes to neighbouring communities [6]. Lo anterior se incorpora en la ecuación (2), en términos de la atenuación sonora ( $A$ ), en condiciones de campo libre y una corrección por directividad ( $D_c$ ).

$$L_W = L_{fi}(DW) - D_c + A + K_4 \quad (2)$$

## 2.2 Contorno de medición

De acuerdo a ISO8297, se estableció un contorno de medición para cada planta de proceso. En el caso de las antorchas, la medición se efectuó a lo largo de la calle Seis Sur, identificada como eje de posición del micrófono. En la tabla 1 se presentan antecedentes con respecto a la superficie de la planta ( $S_p$ ), perímetro de medición ( $l$ ), posiciones de micrófono ( $i$ ), distancia de medición ( $D_m$ ) y distancia promedio de medición ( $\bar{d}$ ).

**Tabla 1.** Antecedentes diseño de medición.

Fuente Sonora	$S_p$ [m <sup>2</sup> ]	$l$ [m]	$i$	$D_m$ [m]	$\bar{d}$ [m]
Antorcha Etileno	-	-	5	30	147,5
Antorcha Refinería	-	-	3	30	106,9
CCR	7991	473	19	25	15,2
CHT	1995	237	16	15	15,5
Coker	9826	512	21	25	16,9
Etileno	13543	592	20	30	15,3
HDT	3720	344	23	15	9,4
Hydrocracking	16600	660	22	30	17,2
Zona de Proceso	19513	716	29	25	13,3
Zona Suministros	14121	499	24	25	13,2

Así también, en la figura 2 se presenta una vista aérea de la planta de proceso Etileno. La figura 3 indica la ubicación de las Antorchas Etileno y Refinería.



Figura 2. Planta de proceso Etileno.



Figura 3. Antorcha Refinería y Antorcha Etileno.

### 2.3 Periodo de estudio

De acuerdo a la planificación del proyecto, se determinó como periodo de estudio el intervalo entre el 22 de noviembre de 2007 al 3 de enero de 2008, correspondiente a 43 días de jornada laboral. Se consideró como variable crítica la factibilidad de medición, situación coordinada con el departamento de control de proceso respectivo.

### 2.4 Intervalo de medición

Por razones operativas se determinó como intervalo óptimo de medición, el intervalo comprendido entre 10:00 y 13:00 hrs. En la figura 4 se observa el comportamiento del nivel equivalente hora ( $L_{EQ}$ ), para los monitores de ruido Maestranza ( $mM$ ), 4 Sur ( $m4S$ ) y 7 Sur ( $m7S$ ), para la jornada laboral promedio. Se observa un comportamiento cuasi estable con oscilaciones del orden de 3 dBA, como máximo.

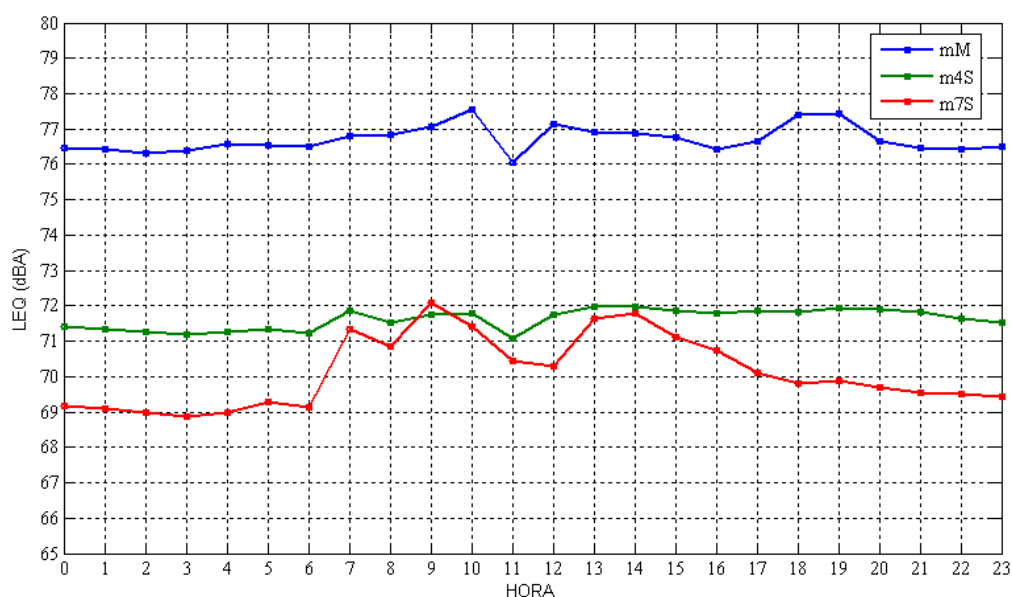


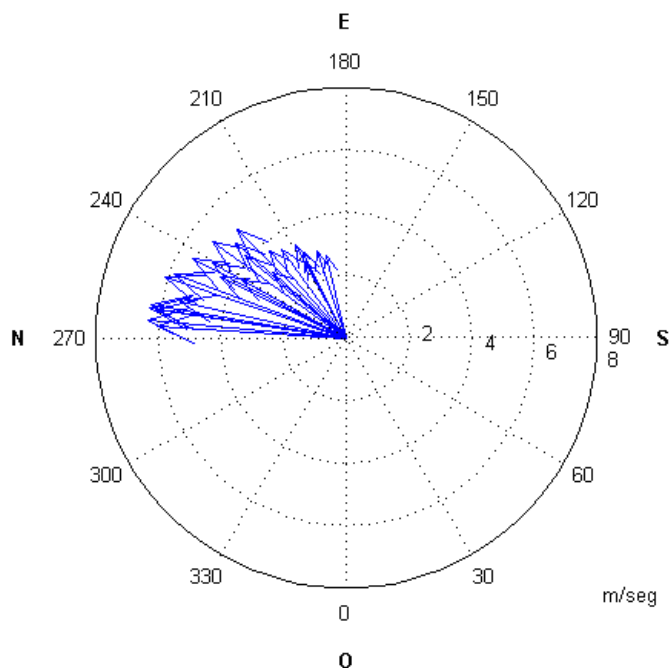
Figura 4. Nivel equivalente hora jornada laboral promedio.

### 2.5 Instrumentación

El equipo utilizado en la campaña de medición corresponde a un sonómetro clase I Larson Davis System 824, con su respectiva pantalla anti-viento y atril de sonómetro con una elevación de 1,5 m sobre el suelo. Los datos se descargaron a un notebook, mediante el software 824 Utiliy de la misma compañía.

### 2.6 Condiciones ambientales

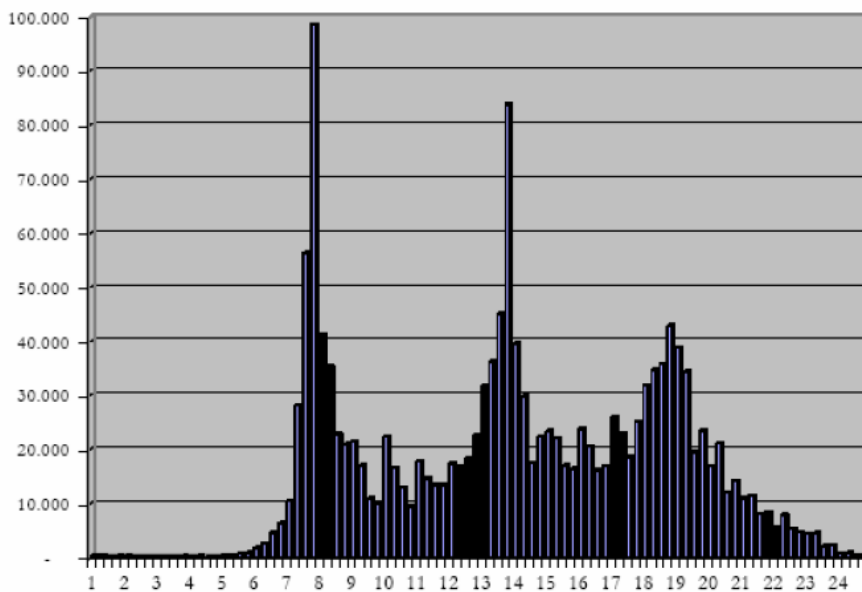
De acuerdo a lo señalado en el punto 2.1, para las antorchas se aplicó una corrección por efectos meteorológicos, debido a la distancia promedio de medición (tabla 1) y la influencia del viento ( $v$ ) [2, 9, 10]. En la figura 5 se observa el comportamiento para la jornada laboral promedio, en donde se identifica como predominante la dirección noreste, con magnitudes máximas por sobre los 6 m/seg.



**Figura 5.** Vector viento jornada laboral promedio.

**2.7 Ruido de fondo**

El ruido de fondo se compone por la operación simultánea de las plantas de proceso y la influencia de la circulación de vehículos a través de la Avenida Ribera Norte sector industrial Talcahuano (figura 1) [7]. En la figura 6 se presenta un histograma de desplazamientos totales en un día laboral normal [8], en donde se observa que, entre los horarios de 8:00 y 13:00 hrs, la situación se normaliza. No se contempló efectuar mediciones nocturnas, en donde claramente la situación se minimiza.



**Figura 6.** Distribución horaria (desplazamientos por cuarto de hora) para día laboral en el Gran Concepción.

Frente a la imposibilidad de detener la operación de las plantas de proceso, debido al sistema productivo del petróleo [11], se estableció efectuar las mediciones en el campo cercano de la fuente sonora en análisis, minimizando la influencia del entorno. Este antecedente se consideró en el diseño del contorno de medición.

### 3 Procedimiento

El procedimiento principal fue medir las plantas de proceso y antorchas en condición de funcionamiento normal, evitando las situaciones de mantenimiento y puesta en marcha. Mayores detalles sobre las condiciones de operación en los horarios de medición corresponde a información reservada de la Empresa.

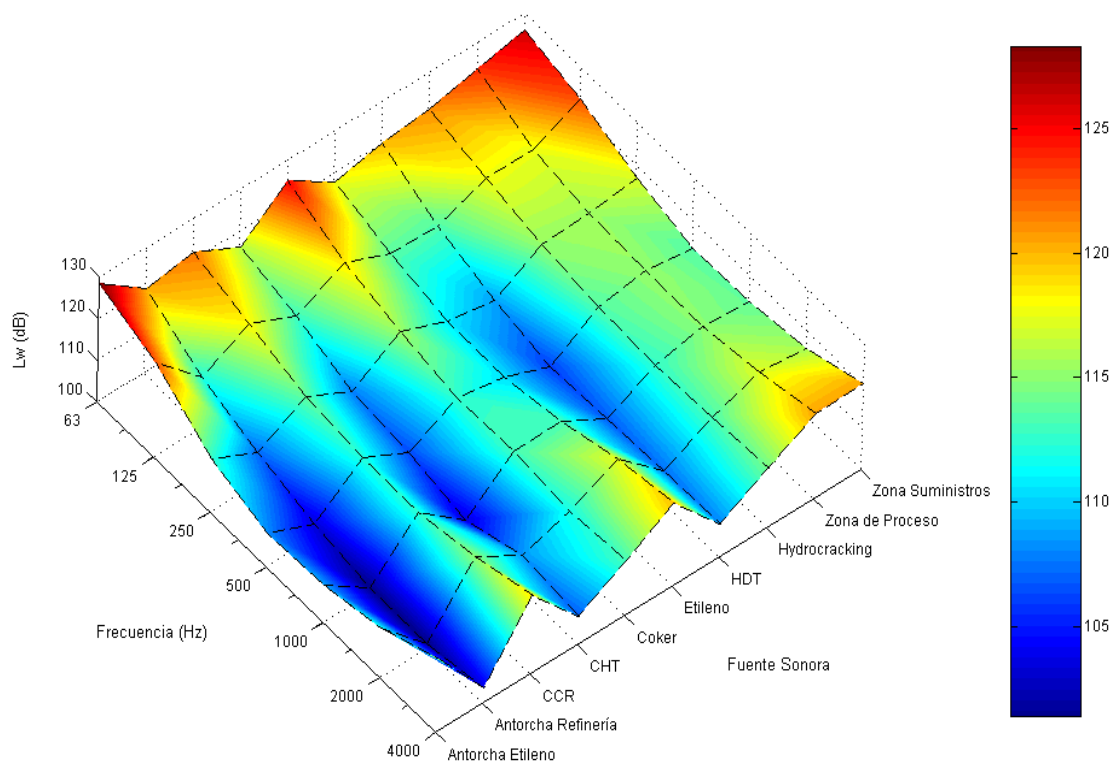
Las mediciones se realizaron en su mayoría en los ejes de las calles interiores de la Refinería, lo que, por otro lado, presentó desventajas debido a la existencia de fuentes sonoras móviles, tales como maquinaria en faena, vehículos livianos de traslado de personal, circulación de vehículos pesados, etc. Se determinó eliminar los datos que fueran influidos por el paso de vehículos en las inmediaciones de la posición de micrófono, de acuerdo a un criterio de campo, repitiendo la medición por punto. En la tabla 2 se presentan las fechas de medición y el respectivo tiempo de duración del procedimiento.

**Tabla 2.** Antecedentes procedimiento de medición.

Fuente Sonora	Fecha	Tiempo [min]
Antorcha Etileno	14-12-07	15
Antorcha Refinería	14-12-07	10
CCR	26-11-07	50
CHT	12-12-07	35
Coker	03-01-08	50
Etileno	22-11-07	40
HDT	03-01-08	50
Hydrocracking	23-11-07	50
Zona de Proceso	19-12-07	55
Zona Suministros	30-11-07	80

### 4 Resultados

Los resultados del procedimiento se observan en la figura 7, estableciendo una comparación entre las 10 fuentes sonoras consideradas. De modo cualitativo se identifica el tipo de ruido medido en relación al tiempo de medición (tabla 2), como ruido constante. Un mayor análisis deberá incorporar un estudio por punto de posición de micrófono, y medición para distintos modos de operación [4, 8]. Sin embargo, para este nivel, los resultados se consideran como suficientes.



**Figura 7.** Niveles de potencia de las fuentes sonoras en análisis.

## 5 Conclusiones

En relación a los resultados obtenidos, se observa una componente importante en el rango 63 – 125 Hz para la Antorcha Etileno, Coker y Zona Suministros, situación a considerar en relación a la cuantificación del impacto acústico en el *SMCR* posterior.

Por otro lado, se observa un comportamiento similar entre la Antorcha Refinería, y las plantas de proceso CHT y HDT, entre 250 y 4000 Hz. Un comportamiento semejante se aprecia entre la Zona de Proceso y la Zona Suministros.

Con respecto al ruido de fondo y de acuerdo al análisis cualitativo señalado en *ISO8297*, se estima como despreciable el ruido producto de la Avenida Ribera Norte sector industrial Talcahuano, debido a las grandes distancias (por sobre los 50 m) y a los apantallamientos de las instalaciones del sector este (figura 1), con respecto a la altura de posición de micrófono. Así también, se minimizó la influencia del ruido de fondo producto de la operación simultánea de las plantas de proceso, efectuando las mediciones en el campo cercano, estableciendo adicionalmente un criterio de incorporación de fuentes sonoras al modelo de propagación. En este sentido, se menciona la situación de la planta de proceso Merox, en donde la alta influencia de las emisiones sonoras de la planta Etileno, determinó su exclusión del modelo.

Como conclusión general, se implementó de manera exitosa el procedimiento de medición de potencia sonora, de acuerdo a los requerimientos prácticos de una situación de terreno. Se obtuvo información importante para el desarrollo del modelo de propagación, estableciendo, de igual forma, un estándar de trabajo para proyectos futuros.



**Referencias**

- [1] Suárez, E. (2005). “Curso de Acústica Ambiental”. Instituto de Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- [2] Brüel & Kjaer (2000). “Environmental Noise”. Brüel & Kjaer Library, www.bksv.com.
- [3] Ministerio Secretaría General de la Presidencia (Minsegespres) (1997). “Norma de Emisión de Ruido Molestos Generados por Fuentes Fijas, Decreto Supremo N° 146 del 24 de diciembre de 1997”. Chile.
- [4] International Organization for Standardization (1994). “International Standard ISO 8297:1994, Acoustics – Description of Sound Power Levels of Multisource Industrial Plants for Evaluation of Sound Pressure Levels in the Environment – Engineering Method”. Technical Committee ISO/TC 43, Acoustics.
- [5] International Organization for Standardization (1996). “International Standard ISO 9613-2:1993, Acoustics – Attenuation of Sound During Propagation Outdoors – Part 2: General Method of Calculation. Technical Committee ISO/TC 43, Acoustics.
- [6] Conservation of Clear Air and Water in Europe (CONCAWE) (1981). “The Propagation of Noise from Petroleum and Petrochemical Complexes to Neighbouring Communities”. Report N° 4/81.
- [7] Riquelme, G. (2007). “Estudio del Ruido de Tráfico Vehicular de la Avenida Ribera Norte Sector Industrial Talcahuano Mediante Modelos de Propagación”. Tesis Escuela de Ingeniería Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- [8] Guzmán, F. (2006). “Implementación de una Red de Monitoreo Continuo de Ruido en Enap Refinerías Bio Bio”. Tesis Escuela de Ingeniería Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- [9] Falch, E. (1997). “Guía Ambiental: Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera”. Por Encargo del Ministerio de Energía y Minas, Perú.
- [10] Hassall, J.R.; Zavery, K. (1988). “Acoustic Noise Measurements”. Brüel & Kjaer, Naerum, Dinamarca.
- [11] Petrox S.A. Dirección de Proyectos y Medio Ambiente (2007). “La Gestión de la Refinación del Petróleo”.