

METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EN ESTACIONES TRANSFORMADORAS – DISEÑO Y PRIMERAS EXPERIENCIAS

STEINMANN, IRENE B.¹; FERNÁNDEZ, JUAN P.² Y FRANCISCO GONZALEZ CARAVIA³

Grupo de Investigación de Sistemas Eléctricos de Potencia (GISEP)

Facultad Regional Santa Fe
Universidad Tecnológica Nacional
Lavaise 610 (3000) Santa Fe

¹isteinma@frsf.utn.edu.ar

²jpfernand@frsf.utn.edu.ar

³fagonzalezcaravia@gmail.com

Resumen. *En un trabajo presentado en el V Congreso bianual PROIMCA, se realizó un análisis de la normativa aplicable a evaluación de ruido ambiental, incluyendo la norma IRAM 4062, de Ruidos Molestos al Vecindario y la norma IRAM 4113, de Evaluación de Ruido Ambiental. En este sentido la norma IRAM 4113, incluye lineamientos que permitirían evaluar distintos tipos de ruido ambiental, aunque está direccionada, principalmente, al estudio de las molestias causadas por el tránsito vehicular (de distinto tipo). Basado en las conclusiones del trabajo mencionado anteriormente, se presentó un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID en homologación) abordando la aplicación de la nueva norma IRAM de evaluación de Ruido Ambiental para definir lineamientos y/o procedimientos para las mediciones en los alrededores de las Estaciones Transformadoras (EETT) y su posibilidad de extrapolación a otros Sistemas Eléctricos de Potencia. Este documento presenta el diseño de una metodología de medición de ruido ambiental en EETT. Se tendrá en cuenta para este diseño, entre otras cosas, el estudio de la respuesta en Frecuencia de mediciones anteriores realizadas por el GISEP y la dificultad de separar el ruido residual o de fondo en las mediciones. Estos aspectos a estudiar sirven de base para la definición de los parámetros a incluir en la evaluación. Pretende además brindar los primeros resultados obtenidos aplicando esta metodología.*

Palabras clave: ruido, ambiente, medición, metodología, estaciones transformadoras

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de evaluaciones ambientales de diferentes tipos de obras, es necesario seguir los lineamientos de la normativa vigente. Parte de esta normativa incluye parámetros a considerar y formas de evaluarlos. El parámetro objeto de este estudio es el Ruido Audible, para el cual pueden existir regulaciones de tipo local, provincial, nacional y específica del tipo de obra analizada. Muchas de estas regulaciones derivan en la necesidad de cumplimiento de la norma IRAM 4062: 2001, Ruidos Molestos al Vecindario.

Entre las regulaciones anteriormente citadas, podemos mencionar la Resolución SE N° 77/1998 [1], la Resolución SEMAyDS N° 201/04 [2] y la Resolución ENRE N° 555/01 [3].

En el año 2009 entró en vigencia la norma IRAM 4113-2, la cual, indica que: *“La serie IRAM 4113 pretende proporcionar a las autoridades materiales para la descripción y evaluación del ruido en ambientes comunitarios. Basándose en los principios descritos en esta parte, se pueden desarrollar normas nacionales, reglamentos y los correspondientes límites de ruido aceptables.”*

Actualmente la normativa sigue referenciando la norma de Ruidos Molestos al Vecindario, resultando su aplicación no solo dificultosa, sino, en numerosas oportunidades, impracticable por limitaciones de la propia norma IRAM 4062. Con la aplicación de la nueva normativa, se considera que la evaluación de ruido ambiental respondería con mayor exactitud a su correcta evaluación.

Se encuentran diferencias notorias en los métodos de evaluación y la metodología, entre las dos normas mencionadas, considerándose la IRAM 4113 de aplicación más específica en los casos de estudio. La implementación de una nueva metodología de medición, permitiría, mediante el análisis de los resultados obtenidos, determinar características propias, con el fin de ajustar los parámetros de evaluación de este parámetro en el entorno de Estaciones Transformadoras.

Este trabajo presenta un primer diseño de metodología de medición, teniendo en cuenta aspectos contemplados en la experiencia de mediciones anteriores, basadas en la norma IRAM 4062. No fue posible, lamentablemente, brindar los primeros resultados obtenidos, hasta el momento, por dificultades en la compra de una pantalla antiviento, indispensable para la realización de mediciones en el exterior. Se estima poder disponer de este filtro en un corto tiempo, lo cual permitiría mostrar estos primeros resultados en la exposición de este trabajo.

2. EXPERIENCIA PREVIA

De acuerdo a la experiencia reunida en el GISEP, los limitantes de la aplicación de la Norma IRAM 4062 para evaluaciones de ruido ambiental, se centran en dos aspectos principales. Por un lado los sitios de medición, ya que la mayoría de las evaluaciones ambientales requieren mediciones en exteriores, lindantes con la vía pública, o directamente sobre la vía pública. Por otro lado, la poca probabilidad de sacar de funcionamiento una línea de transmisión o una Estación Transformadora, para la medición de ruido de fondo.

La norma IRAM 4113/2009, además de referirse específicamente a la evaluación de ruido ambiental, indica la posibilidad de evaluación de fuentes de ruido combinadas, aplicable al caso que no es posible separar el ruido de fondo o residual, de una fuente de ruido específica. Uno de los aspectos abordados por la norma incluye la necesidad de identificar la molestia producida por fuentes individuales o combinación de fuentes, en una comunidad para la evaluación del ruido ambiental. A este respecto señala que es necesario analizar el ruido de acuerdo a sus características, para definir los descriptores (parámetros de medición y evaluación) que puedan definirlo.

Para caracterizar el tipo de ruido a evaluar para el caso específico de Estaciones Transformadoras se estudian los siguientes lineamientos para la metodología de análisis:

- Estudio del espectro de Frecuencias de las mediciones de ruido audible en Estaciones Transformadoras realizados en el GISEP, con el fin de analizar si se repite un patrón de niveles en función de la frecuencia.
- Definición de los parámetros a incluir en la evaluación, suponiendo la imposibilidad de separar el ruido residual o de fondo en las mediciones.

2.1. Estudio del espectro de frecuencias en mediciones realizadas por el GISEP

El espectro de frecuencia se estudia, para las mediciones efectuadas, en base al análisis por tercios de octava que efectúa el instrumento de medición. El instrumento utilizado es un Medidor de Nivel Sonoro, marca Brüel & Kjær, modelo 2250, propiedad del GISEP (UTN-Santa Fe). El análisis por tercio de octava consiste en un espectro en el cual, para cada banda de frecuencia analizada, se indica el nivel sonoro continuo equivalente. El tipo de análisis indicado (1/3 octava) corresponde a analizadores de porcentaje constante.

Los analizadores de porcentaje constante conservan el ancho de banda relativo (diferencia entre límites de frecuencia referida a la frecuencia central), y se utilizan para evaluar el ruido en relación con el oído humano. Evaluando el espectro de frecuencia podemos analizar sus componentes, ya que (...) *los sonidos reales están compuestos por múltiples tonos puros, o (...) poseen un espectro continuo. Podemos resolver esta cuestión teniendo en cuenta una de las características de la audición que es la de que el espectro de audiofrecuencias queda subdividido en una serie de **bandas críticas** (...) es decir, bandas de frecuencia relativamente angostas, del orden de 1/3 de octava.* [4]

Para estudiar los espectros que podrían resultar característicos del ruido presente en las inmediaciones de una Estación Transformadora, se analizaron las gráficas de respuesta en frecuencia de diez (10) informes realizados entre los años 2007 y 2010. Estas mediciones fueron efectuadas por el Laboratorio de Mediciones de Campo Electromagnético y Ruido (LAMCEM), perteneciente al GISEP. En todos los casos se realizaron mediciones de Nivel Sonoro Continuo Equivalente ponderado según curva A (respuesta media del oído humano), además del análisis espectral por tercio de octava.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo representativo del análisis espectral en el exterior de una estación transformadora, de acuerdo a mediciones efectuadas en el año 2009 por el LAMCEM.

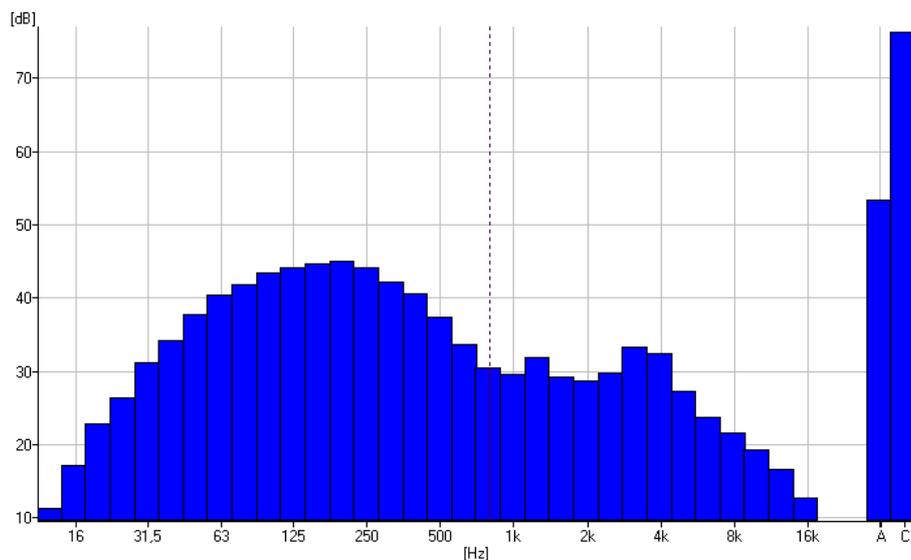


Figura N° 1: Ejemplo de Análisis espectral por bandas de 1/3 de octava

Del análisis de los diez informes de medición se observa, en la mayoría de ellos, un rango de frecuencia, aproximadamente entre 30 y 250 Hz, que arrojan los niveles de presión sonora continuo equivalente mayores, lo que podría indicar la presencia de componentes preponderantes de baja frecuencia en la composición de ruido.

Algunos de los espectros presentan diferencias significativas (5 dB o más) entre un ancho de banda y las bandas adyacentes. Esto indica existencia de componentes tonales, también en valores de baja frecuencia. En la figura siguiente se muestra un ejemplo.

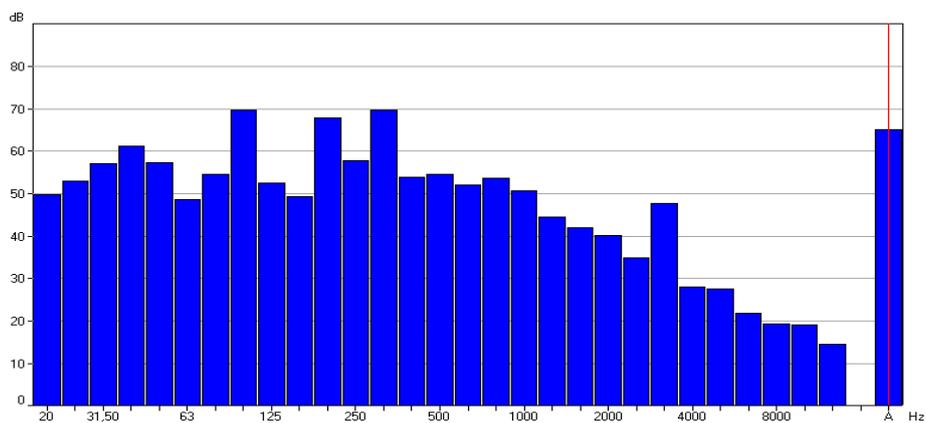


Figura N° 2: Ejemplo de Análisis espectral con existencia de componentes tonales

2.2. Definición de parámetros a incluir en la evaluación.

En primer lugar se detecta la necesidad de realizar un análisis espectral en estas evaluaciones, siendo uno de los aspectos a evaluar la existencia de componentes de baja frecuencia. Además, este análisis permite realizar una caracterización del ruido que posibilita un análisis más acabado de sus componentes y podría permitir su mejor evaluación. *Cuando se desea aplicar determinados criterios sobre aceptabilidad cualitativa y cuantitativa de un determinado ruido, hay varios criterios psicoacústicos que requieren un conocimiento más o menos detallado de la distribución espectral del ruido.* [4]

La presencia de componentes de baja frecuencia, podría evaluarse, primeramente, tomando mediciones de Nivel sonoro continuo equivalente, ponderado con curva A y C. La diferencia entre estos valores puede ser un primer indicador, ya que la diferencia entre estas ponderaciones radica, principalmente, en una mayor atenuación de los componentes de baja frecuencia para la curva A. En la siguiente figura puede observarse las curvas de ponderación, de acuerdo a la respuesta que se desea obtener.

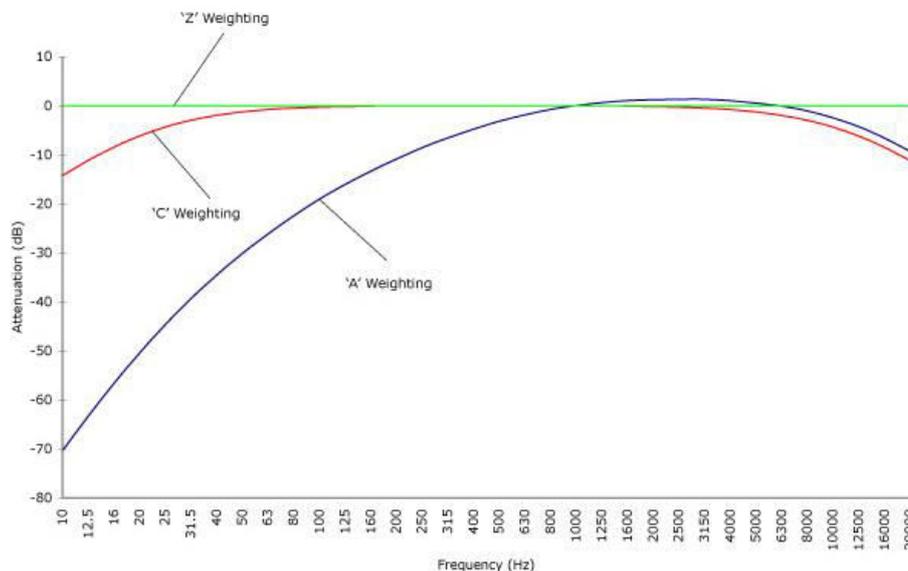


Figura N° 3: Curvas de atenuación según ponderación A, C y Z

Fuente: <http://www.cirrusresearch.es/blog/2012/09/que-son-las-ponderaciones-de-frecuencia-a-c-y-z/>

Pero es necesario considerar otras características que se observan en este tipo de instalaciones. Uno de los aspectos ya señalados consiste en la imposibilidad de realizar una medición de ruido de fondo, separando la fuente de ruido.

En efecto, para separar la/s fuente/s de ruido en una Estación Transformadora (ET), sería necesario sacar de servicio la ET, dejando sin suministro eléctrico a la población que ésta abastece. Esta situación es, si no impracticable, poco recomendable, debido a los problemas que puede ocasionar esta falta de abastecimiento eléctrico.

Para tener una magnitud de lo que esto significa, podemos decir que en el caso de subestaciones de MT/BT (media tensión a baja tensión) puede tratarse de un sector correspondiente a un barrio. En cambio, de tratarse de una EETT de AT/MT (alta tensión a media tensión) puede afectar a una o varias ciudades, de acuerdo con el alcance de las líneas de alimentación.

De lo dicho anteriormente, se concluye que son dos aspectos principales a tener en cuenta para la elección de los parámetros, tal como ya se indicó. Uno es la posibilidad de existencia de componentes de baja frecuencia en el espectro de ruido, en algunos casos de característica tonal y otro es la imposibilidad de medición del ruido de fondo.

Para este último caso, uno de los parámetros característicos que pueden brindar una aproximación del valor de ruido de fondo (o residual) es el L_{90} , parámetro estadístico definido por el percentil 90, en una distribución normal. *El nivel de permanencia L_{90} es el nivel sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición. Se suele utilizar para indicar lo que se conoce como ruido de fondo, que es el nivel de presión sonora mínimo o de base, que está presente casi todo el tiempo* [5].

De acuerdo a ello se considera necesario, para este tipo de evaluación, la obtención de los siguientes parámetros:

- Nivel sonoro continuo equivalente, ponderado según curva A: L_{Aeq}
- Nivel sonoro continuo equivalente, ponderado según curva C: L_{Ceq}
- Percentil estadístico 90 del Nivel sonoro: L_{90}
- Análisis espectral por tercios de octava.

3. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA MEDICIÓN

Para lograr un protocolo de medición confiable y apto para ser utilizado en todas las condiciones que puedan presentarse, es necesario definir en forma precisa lineamientos a seguir, teniendo la suficiente amplitud como para adaptarlo a las necesidades particulares de cada instalación. Para ello se definen los aspectos principales.

3.1. Sitios de medición y ubicación del instrumento

En general, y salvo indicaciones o requerimientos especiales, se definen tres (3) lugares de medición:

- Proximidades de los transformadores: se registran los valores especificados a una distancia mayor que la mayor longitud de onda (correspondiente a la menor frecuencia) del ruido a medir o a 2 veces la mayor longitud del transformador y a una altura de $h/2$ (h : altura total del transformador). En

general la frecuencia mas baja del ruido preponderante se debe al zumbido típico (100 Hz) del núcleo del transformador (debido a la magnetoestricción del mismo). Para ésta frecuencia corresponde una distancia de:

$$\lambda = \frac{345}{100} = 3,45m \quad \left\{ \begin{array}{l} V \text{ (velocidad del sonido)} = 345 \text{ m/s} \\ f = \text{frecuencia del sonido} = 100 \text{ Hz} \end{array} \right. \quad (1)$$

Se realizarán por lo menos tres mediciones con el instrumento ubicado en la dirección del viento y con el micrófono apuntando contra este. Se debe evitar en todos los casos que sea posible la presencia de superficies reflectantes del ruido en las proximidades del sitio de medición.

En caso de haber más de un transformador se repite el mismo procedimiento para todas las máquinas.

- Campo de maniobras: cuando existen niveles de ruido por efecto corona apreciables (generalmente en EETT de tensión igual o superior a 132 kV). Se realiza esta medición en el campo de maniobras de la EETT. El operador encargado de la medición seleccionará el sitio representativo de la medición ubicando el instrumento en la dirección del viento con el micrófono contra éste.
- Alrededores: se realizará un muestreo de los niveles de ruido audible en las inmediaciones de la estación transformadora. El sitio deberá elegirse de ser posible en los cuatro lados de su perímetro o bien en lugares especialmente sensibles (próximo a viviendas, etc). Se procurará que al menos en una de las mediciones el instrumento se encuentre posicionado en la dirección del viento y con el micrófono contra éste.

En estos últimos dos casos la ubicación del micrófono se deberá realizar a una altura de entre 1,2 m y 1,5 m. Además de la descripción realizada en este ítem, para la ubicación del micrófono deberán seguirse los lineamientos generales indicados en la Norma IRAM 4113-2:2010.

3.2. Tiempos de medición y criterios para su aprobación o rechazo

Se debe procurar que la medición sea representativa del ruido existente en el ambiente, por lo tanto debe abarcar un ciclo típico del ruido, o una parte del mismo si el ruido es constante. Se debe procurar elegir un horario de medición en el que los ruidos ajenos al que se desea evaluar, sea el menor posible.

Si una vez ubicados en el sitio de medición se registran condiciones que pueden poner en

duda su veracidad, la medición debe suspenderse. Estos casos pueden ser representativos de esta situación

- La medición no se realiza si las condiciones ambientales no se encuentran dentro del rango necesario para el correcto funcionamiento de los instrumentos utilizados para la medición o en el caso de condiciones climáticas adversas.
- Salvo en zonas particularmente ventosas (por ejemplo el sur del país) se debe evitar medir con vientos superiores a 20 km/h.
- La medición será rechazada si se manifiesta algún cambio notorio en el ruido de fondo que pueda afectar la certeza de la medición. En este caso se deberá recomenzar la medición.
- Se rechaza la medición en caso de que el ruido en estudio cambie bruscamente sus características y se aleje de las que posee en condiciones normales.

3.3. Parámetros ambientales

El objeto de la medición de estos parámetros es, verificar que el instrumento pueda operar en las condiciones adecuadas. Se deben obtener los siguientes parámetros ambientales, al comenzar y finalizar cada serie de mediciones.

- Presión
- Temperatura
- Humedad
- Dirección y velocidad del viento

4. CONTENIDO DE LOS INFORMES

De acuerdo a lo expresado en los apartados anteriores, el contenido de los informes deberá ser tal que, por un lado, vuelque los resultados de la mediciones realizadas, en forma fehaciente y considerando las incertidumbre propias de la medición. Por otro lado deberá evaluar los resultados, realizando cálculos y correcciones que puedan presentarse.

4.1. Resultado de las mediciones

Los valores medidos se deben informar en forma clara y concisa. De acuerdo a lo indicado en el apartado 3, se realizarán mediciones en tres sitios, proximidades del transformador (3 mediciones); Campo de maniobra (una medición en el sitio representativo seleccionado por el operador); Alrededores (en el/los lugar/es que haya seleccionado el operador de acuerdo a las condiciones del entorno).

En estos sitios se realizará la medición, integrando en un tiempo representativo del ruido a evaluar. Para un ruido de tipo continuo, como el que se espera encontrar, puede ser de 15 minutos. El resultado de esta medición se guarda en un archivo del instrumento, del cual se pueden obtener los valores indicados en el apartado 2.

4.2. Evaluación de los resultados

De acuerdo a los resultados de las mediciones se podrá evaluar el ruido para las diferentes condiciones de medición. En caso de ser necesario, éstas podrán suplementarse con cálculos. Esta evaluación de resultados y cálculos suplementarios deberán incluir, como mínimo:

- Una comparación entre los niveles de presiones sonora ponderados con curva A y con curva C
- Una comparación del nivel de presión sonora y el nivel de presión sonora residual (percentil 90)
- Un análisis del espectro de frecuencia, para determinar la posible incidencia de ruidos de baja frecuencia y/o tonales

5. CONCLUSIONES

- El estudio de ruidos audibles requiere de un análisis detallado y complejo, para poder distinguir sus características principales.
- La necesidad de evaluación ambiental de este parámetro, si bien implica su posibilidad de afectación a las personal que habitan en el entorno, no debería centralizarse en la molestia que pueden producir, sino realizar un análisis más detallado de sus particularidades.
- Es necesario realizar una caracterización de sus principales parámetros de forma objetiva y detallada.
- Para poder validar esta propuesta de evaluación, es necesario realizar pruebas en campo y procesar los resultados obtenidos, identificando rasgos repetitivos en las distintas evaluaciones.

REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Energía de la Nación, Resolución SE N° 77/98, “Definición de Parámetros Ambientales” (1998).
- [2] Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Santa Fe, Resolución SEMAyDS N° 201/04, “Calidad de aire” (2004).
- [3] Ente Nacional Regulador de la Electricidad, Resolución ENRE N° 555/01, “Sistemas de Gestión Ambiental de Generadores y Transportistas de jurisdicción nacional” (2001).
- [4] Federico Miyara, *Control de Ruido*, ASOLOFAL, Jornadas Internacionales Multidisciplinarias sobre Violencia Acústica (2000).
- [5] C. Harris, *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido.*, 2 ed., Madrid: McGraw-Hill (1995), en Carlos Alberto Echeverri Londoño y Alice Elizabeth González Fernández, “Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas”, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 10, No. 18, pp. 51-60 (2011)

