

Análisis de ruido en áreas de la central termoeléctrica Habana.

L. Felipe Sexto.

Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento (CEIM / ISPJAE)
Instituto Superior politécnico "José Antonio Echeverría"
Ciudad de La Habana. Cuba.
E-mail: felipe@ceim.ispjae.edu.cu

(Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000).

Resumen

El trabajo aborda los aspectos más significativos que se derivan de las mediciones de ruido efectuadas en áreas de la Central Termoeléctrica Habana, en enero del 2000, realizando una caracterización del paisaje sonoro inherente a la sala de máquinas donde se encuentran en explotación tres grupos de turbogeneradores de 100 MW cada uno. También se ofrecen los resultados en otras zonas importantes de la planta. Se exponen las emisiones características de algunos equipos bajo condiciones de campo directo y reverberante. Además, se valoran algunos riesgos que afectan al personal expuesto y se mencionan acciones necesarias para contrarrestar los efectos de la contaminación sonora. Entre los parámetros empleados para la evaluación del ruido se hallan el nivel sonoro con ponderación AF, el nivel sonoro continuo equivalente, los valores máximo y mínimo, el análisis de frecuencias, el tiempo de exposición y el índice NR (noise rating curves). También, se tratan criterios y recomendaciones dadas por ISO, EPA y NIOSH.

Palabras claves: Ruido, contaminación, salud, turbogenerador, medición de ruido.

1. Introducción.

Formando parte de los trabajos que realiza el Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento (CEIM), se realizó un sondeo para la cuantificación de los niveles de ruido emitidos por algunas áreas de la Central Termoeléctrica (CTE) Habana, ubicada en el poblado costero de Santa Cruz del Norte en La Habana, Cuba. El estudio pretende alertar sobre la peligrosidad, para la salud, de los niveles que tienen lugar en sitios claves de la planta. Aunque se brindan algunos datos relativos a las características de emisión de algunas máquinas, no puede hablarse aquí del concepto de "firma sonora" de las mismas, por requerirse de un estudio más exhaustivo.

El ruido es uno de los contaminantes más subestimados a pesar de ser omnipresente y tener un efecto acumulativo sobre la salud. En la industria es casi inevitable la emisión de elevados niveles, pero no en todos los casos el ruido producido en una planta es necesario. Existe un número significativo de situaciones que promueven la generación de niveles evitables. Por ejemplo, la central termoeléctrica es por naturaleza ruidosa. Sin embargo, la existencia de salideros de

vapor, soldaduras mecánicas, desalineamiento en los conjuntos y en general de todos los defectos que provoquen vibraciones excesivas, tenderá a incrementar el nivel de emisión natural de la planta. Los altos niveles sonoros se propagan a través del aire (ruido aéreo) y de la edificación (ruido estructural).

Un aspecto de importancia capital relacionado con el nivel nocivo de emisiones acústicas lo constituye el riesgo que corre el personal de la CTE durante su jornada de trabajo. Investigaciones asociadas a la realización de este estudio-diagnóstico de ruido, reflejaron que el personal de la planta desconoce los riesgos que corre y la magnitud de los niveles a los que se expone en un día cualquiera de trabajo. Tampoco tienen una idea clara de los peligros para la salud a que están sometidos; y si bien la sección de protección e higiene del trabajo vela por el uso obligatorio del casco, no lo hace tan vehementemente por los protectores auditivos. A esto se le suma la resistencia al uso de los protectores que opone una parte importante del personal, alegando incomodidad, falta de costumbre, incompatibilidad con el casco, temor a no escuchar una señal de alarma u anomalía que se genere, etc.

Tabla 1. Resultados estadísticos.

ÁREA	[dB(AF)]		
	L _A	L _{máx}	L _{mín}
Cota 00	95	95,5	94,5
Bomba de alimentar # 1	-	-	-
Motor	99	100	98
Bomba	97,5	99	96,5
Turbogrupo # 2	-	-	-
Zona I	97	97,5	96,5
Zona II	96,5	97	96
Zona III	97	97,5	96,5
Zona IV	98	98	97
Zona V	100,5	101	100
Zona VI	102	102,5	101,5
Zona VII	102	104	100

Se realizaron mediciones de nivel sonoro en varias áreas de interés para el personal de la planta; no sólo atendiendo el criterio de permanencia del personal, sino también a la influencia de las fuentes más significativas. Se recogieron registros en la sala de máquinas, en el área de la bomba de alimentar número 1, en la sala de control de unidad, en los talleres de automática y mecánica (de turno), en las bombas del sistema de circulación, en las bombas de drenaje de baja, en las llamadas cotas 00 y 1340 y en los alrededores de la planta.

En las tablas 1 y 2 se reflejan los resultados de las mediciones realizadas en algunas áreas empleando la medición con ponderación AF y los niveles por bandas de octava, para así lograr una mejor caracterización. Estos resultados fueron tomados tratando de favorecer, lo mejor posible, el reflejo de la influencia del campo directo. Para lograrlo el micrófono se colocó a un metro de las máquinas en estudio.

Siendo las zonas I, II, III, etcétera, tramos del turbogrupo (que mide aproximadamente 26 metros de longitud). L_A (nivel sonoro instantáneo con ponderación A), L_{mín} (nivel mínimo en el intervalo de medición),

L_{máx} (nivel máximo en el intervalo de medición). Se tomó el intervalo de medición igual a un minuto.

Los efectos que provoca el ruido suelen subestimarse, porque no se manifiestan inmediatamente, salvo en determinadas personas y circunstancias. Para evaluar integralmente las consecuencias que pudiera provocar un ambiente ruidoso será preciso armonizar simultáneamente no sólo el nivel de ruido, sino también el tiempo y las frecuencias presentes en las emisiones sonoras. Aunque no se analiza en el trabajo, los infra y los ultrasonidos también afectan la salud y revelan “secretos” que pudieran contribuir a determinar el estado técnico de una máquina.

Los valores L_A, L_{mín} y L_{máx} brindan un criterio acerca de la severidad de las emisiones sonoras. Sin embargo, existen indicadores específicos como las curvas NR (noise rating curves) que evalúan para cada tipo de ambiente un intervalo normalizado permisible de ruido de fondo. La aplicación de este criterio en la CTE se sustenta en la necesidad de reflejar hasta qué punto el ruido, allí imperante, es capaz de influir en el control responsable de los turbogrupos, en la inteligibilidad de órdenes o la toma de decisiones rápidas. Es menester señalar que, en este caso, se realiza una aplicación atípica de este criterio, extrapolándolo a una situación industrial, donde no se pretende medir confort para la actividad, sino seguridad. A continuación se procede a la evaluación del ambiente en la sala de máquinas utilizando la norma ISO 1996, de la *Organización Internacional de Normalización*, y el criterio NR. A modo de ejemplo se ilustra el criterio para la zona IV del turbogrupo No.2, que es representativa de los valores promedio registrados no solo en la sala de máquinas, sino en el resto de las áreas medidas.

El valor NR que caracteriza a determinado ruido ambiente puede obtenerse directamente representando, en un gráfico de curvas, los valores de nivel sonoro que arroja el espectro de bandas de octavas. El valor NR será el que indique la curva que no sea superada a ninguna frecuencia por el ruido a evaluar. En el caso mostrado NR arrojó un valor igual a 100 (!).

Tabla 2. Resultados de la señal filtrada con filtro de 1/1 octava

ÁREA	Frecuencias centrales [Hz]									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Cota 00	92	101	104	93	88	87,5	85,5	86	79	74
Bomba de alimentar # 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Motor	94	97	104	93	93	93	95,5	84,5	89	84
Bomba	90	91	92	92	92	91	89	89	92	88
Turbogrupo # 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona I	96	100	101	89	92	92	88	89	91	87
Zona II	93	101	96	92	92	92	88,5	88,5	87,5	76
Zona III	92	92	103	90	92	86	89,5	89,5	88	77
Zona IV	93	102	102	91	92	94	90	89	87,5	76,5
Zona V	94	103	111	103,5	91	94	88	87	84	72
Zona VI	91,5	102	102	95	99,5	98	95,5	91,5	86	73
Zona VII	94	91	95	93	96	85	92	83	74	65

Este resultado, que puede considerarse válido para el resto de las zonas diagnosticadas, supera ampliamente la recomendación dada para talleres y fabricas. En este caso la ISO 1996 sugiere un rango de valores NR que oscila entre 60 y 70. El resultado evidencia incompatibilidad con la recomendación. Por lo que las áreas medidas de la CTE no cumplen con este criterio de ruido permisible.

En todos los casos el nivel de ruido fue medido con ponderación A y respuesta rápida del instrumento. Teniendo en cuenta que los trabajadores de la planta laboran en turnos de 12 horas, y que los niveles registrados se mantienen casi invariables durante ese tiempo, se realiza el calculo del nivel de ruido continuo equivalente ($L_{A,eq12}$). Este valor es posible hallarlo gracias a la estabilidad de los niveles sonoros en el tiempo. Asumiendo que la exposición de los trabajadores al ruido se distribuye de la siguiente forma: 8 horas a 98 dB(A), 2 horas a 104 dB(A) y 2 horas a 75 dB(A). El $L_{A,eq12}$ da por resultado 96 dB(A). Este valor es bastante elevado y entraña sensibles riesgos para la salud desde el punto de vista fisiológico y psicológico, de no conseguirse la protección adecuada.

Sin embargo, al valor de $L_{A,eq12}$ será necesario realizarle una corrección, dada la presencia de bandas que sobresalen en 10 dB o más con relación a las bandas adyacentes (ver tabla 2). Esto implica que el ruido es de carácter tonal, recomendándose elevar en 10 dB el valor de L_{eq} . De esta forma queda $L_{A,eq12}$ corregido igual a 106 dBA (!). Lo cual representa un peligro inminente para la salud auditiva (en primera instancia) si no se está protegido. En la tabla 4 se muestran los resultados de los registros realizados en otras áreas.

Teniendo en cuenta los resultados reflejados en las tablas 1, 2 y 4 —y sin considerar la corrección por carácter tonal realizada sobre el valor $L_{A,eq12}$ —, es posible, aplicando la norma ISO 1999, estimar el riesgo de daño auditivo que sufre el personal expuesto. Es preciso aclarar que esta norma tiene dos versiones y la empleada en este trabajo es la primera (de 1975), por ser más ilustrativa y porque en la edición de 1990 se deja aclarado que utilizando el mismo criterio para la hipoacusia, los resultados son muy similares a los que brinda la primera edición. La ISO asume, para esta norma, una jornada laboral de ocho horas y seis días a la semana, es decir 48 horas semanales. Por tal razón, se precisa realizar una corrección, ya que los trabajadores de la CTE laboran 42 horas semanales expuestos a un nivel continuo equivalente ($L_{A,eq12}$) de 96 dB(A) por jornada. El nivel equivalente sobre 48 horas debe modificarse en $10\log(42/48)$; quedando $L_{A,eq12}^*$ corregido igual a 95,4 dB(A). El riesgo de incapacidad para la comunicación se expresa en por ciento y se incrementa en proporción con los años de exposición tal y como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Riesgo de daño auditivo según ISO 1999.

$L_{A,eq12}$ [dB(A)]	Años de exposición					
	10	15	20	25	30	35
95	17%	24%	28%	29%	31%	32%

De la aplicación de la ISO 1999 puede deducirse que a los diez años de trabajo, bajo emisiones de ruido promedio de 95 dB(A) y 42 horas semanales de exposición, estadísticamente casi dos de cada diez trabajadores (20 de 100) habrán sufrido daño irreversible en su sistema auditivo. Por lo cual tendrán dificultades para comprender una conversación y comunicarse. De la misma forma puede apreciarse como el número de afectados se incrementa con el tiempo de trabajo en esas condiciones.

Por otro lado, en la tabla 4, se brindan los resultados de las mediciones en otras áreas de la planta. Según investigaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos de América, el valor seguro para proteger a todas las personas, incluyendo a las de mayor sensibilidad, no debe sobrepasar los 73 dB(A) en una jornada laboral de 12 horas. Lo anterior se considera válido, siempre que el nivel de exposición (el resto del tiempo) se mantenga por debajo de ese valor. Se comprende que este criterio es estrictamente ambiental, para proteger a todas las personas. Sería virtualmente imposible realizar acciones en la industria que conlleven a la reducción del ruido hasta ese valor. Por esta razón los límites laborales suelen ser más tolerantes que los ambientales. En la industria se recomienda un nivel continuo equivalente de 83dBA para 12 horas de trabajo [según el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional de EE.UU (NIOSH)]. Sin embargo, el criterio de EPA es importante para conocer a partir de que valor se esta corriendo riesgo de daño auditivo.

En la CTE son frecuentes las zonas con registros sostenidos próximos, o superiores, a los 100dB(A) de nivel sonoro con ponderación A (L_A). Es este un detalle significativo, pues la exposición a niveles cercanos o superiores al mencionado, no se recomiendan ni por algunos instantes. NIOSH ha establecido los tiempos máximos de exposición para la industria en dependencia del nivel sonoro. En la última columna de la tabla 4 se exponen estos tiempos recomendados teniendo en cuenta los registros originales de la CTE. Lo alarmante es que los niveles reflejados en las tablas 1, 2 y 4 se mantienen, con muy poca fluctuación, durante la jornada laboral, por lo que la mayoría del personal no protegido se somete a niveles muy elevados de ruido durante tiempos inadmisibles.

Tabla 4. Registros obtenidos en otras áreas.

ÁREA	[dB(AF)]			Tiempo máximo admisible de exposición, según NIOSH
	L _A	L _{máx}	L _{mín}	
Interior del control de unidad	72	-	-	-
Entorno a la planta	76	-	-	-
Banco de quemadores	78	-	-	-
Taller de mecánica	72	78	72	-
Taller de automática	74	78	73	-
Interior de las casetas de los operadores (sala de máquinas)	82	-	-	16 horas
Parte baja del condensador del turbo 2	92	-	-	1,35 horas
Sala de máquinas (campo reverberante)	96~104	-	-	37~5 minutos
Bombas del sistema de circulación.	99	-	-	19 minutos
Bombas de alimentar	100	-	-	15 minutos
Bombas de drenaje de calentador de Baja	100	-	-	15 minutos
Cota 1340	-	-	-	-
Máquina 1	98	-	-	23 minutos
Máquina 2	109	-	-	2 minutos
Máquina 3	113	-	-	45 segundos
Salideros de vapor	116*	-	-	20 segundos
Excitatriz de los generadores (a 1 metro)	104	-	-	5 minutos

2. Medidas básicas para atenuar los efectos del ruido.

Necesariamente la tecnología de la CTE Habana emite altos niveles de ruido. Sin embargo, es posible implementar una serie de medidas que contribuyan a disminuir las emisiones sonoras y proteger el personal. A continuación se recomiendan algunas que pueden considerarse de elementales. Estas pueden clasificarse en pasivas (protección del receptor) y activas (trabajo sobre la fuente). Cada una de estas medidas debe ser convenientemente adaptada a la situación específica de la termoeléctrica.

- Establecer el uso obligatorio de protectores auditivos y garantizar la existencia y el modelo apropiado.
- Advertir con señales visibles los niveles de ruido a que será sometido aquel que trabaje en una zona determinada.
- Realizar exámenes audiométricos, como mínimo dos veces al año, al personal que labora en las áreas de mayor riesgo.
- Trabajar en la educación y motivación de los trabajadores.
- Eliminar los salideros de vapor y todas las causas de vibraciones excesivas.

- Aislar las casetas de los operadores del piso de la sala de máquinas.
- Mantener cerrados los encapsulamientos que presenta cada turbogenerador.
- Atender, con la seriedad que el caso requiere, la estrategia de medidas a implementar para que comiencen a regir cuanto antes.

3. Conclusiones.

Del análisis realizado se evidencia que la contaminación sonora inherente a la CTE es elevada. Los niveles allí medidos no cumplen con las recomendaciones normalizadas a escala internacional, ni con los criterios higiénicos industriales. Esta situación pone de manifiesto que el ambiente laboral, desde el punto de vista sonoro, puede caracterizarse de extremo y la condición de trabajo peligrosa. Los niveles de ruido registrados no solo actúan sobre el sistema auditivo, sino también, sobre el sistema nervioso central de los que se exponen sin protección (o con protección inadecuada) a un nivel continuo equivalente superior a los 83dB(A), con tiempos de exposición prolongados. Siendo este último un valor continuamente superado por las emisiones reales de la planta. Se impone la ejecución de un plan para proteger al personal y atenuar los altos índices de emisiones acústicas contaminantes.

4. Bibliografía.

1. Education and Information Division, Division of Biomedical and Behavioral Science. Criteria for a recommended standard occupational noise exposure revised criteria 1996. DHHS (NIOSH) Publication No. 96XXX.
2. Suter, Dr Alice H.. Noise and Its Effects (conferencia presentada ante la Administrative Conference of the United States. November 1991).
3. Miyara, Federico. Control de ruido (libro inédito, terminado en 1999).
4. Miyara, Federico. Cuánto ruido es demasiado ruido (artículo publicado en el sitio web del Laboratorio de acústica y Electroacústica de la Universidad Nacional de Rosario en Argentina, noviembre de 1998. (<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar>).

Noise analysis in the Habana thermoelectrial power station areas.

Abstract

The work approaches the most significant aspects that are derived from the conducted noise measurements in areas of the Thermoelectrial Power station Habana, and a characterization of the inherent sonorous landscape in the engine room where three groups of turbogenerators of 100 MW each are in operation. Also the results in other important zones of the plant are offered. The transmissions characteristic of some equipment under conditions of direct and reverberante field are exposed. In addition, some risks that affect the exposed personnel and actions necessary to resist the effects of the sonorous contamination are mentioned. Between the parameters used for the noise evaluation are the sonorous level with ponderación AF, the equivalent continuous sonorous level, the maximum and minimum values, the frequencies analysis, the time of exposition and the NR index (noise rating you curve). Also, criteria and recommendations given by ISO, EPA and NIOSH are exposed.

Key words: Noise, contamination, health, turbogenerator, noise mesuremmments.