

Soluciones para el ruido de grupos electrógenos:

Control del ruido no deseado de los sistemas de energía en el lugar de trabajo

> Notas técnicas

Por Dennis Aaberg, Especialista Sénior en Acústica



Nuestra energía trabajando para tí.™

Con el crecimiento de las instalaciones de potencia standby principal en horas pico en áreas densamente pobladas, los ingenieros de diseño han centrado su atención en comprender cómo se propaga y se controla el ruido de los grupos electrógenos. El alto costo de reacondicionar un sitio para reducir el ruido hace imperativo evaluar los requerimientos de ejecución de ruido en forma temprana en la etapa de diseño del sistema de energía en el lugar de trabajo. Al aplicar los principios descritos en este trabajo, tanto los diseñadores de sistemas de energía como los usuarios finales podrán controlar más fácilmente el ruido no deseado de sus sistemas de energía en el lugar de trabajo.

Al igual que muchas clases de maquinaria rotatoria, los grupos electrógenos a motor recíproco producen ruido y vibración. Ya sea que estos grupos electrógenos funcionen continuamente en aplicaciones de potencia principal o sólo ocasionalmente en aplicaciones standby, a menudo deben reducirse los niveles operativos de sonido para cumplir con las normas locales, estatales o federales. En América del Norte, los niveles máximos permitidos de ruido total oscilan entre 45 dB(A) y 72 dB(A), según la ubicación y la división por zonas. De hecho, recientemente algunos estados y comunidades han comenzado a especificar restricciones a los ruidos en las medianeras por medio de frecuencias en bandas de octava para reducir la cantidad de ruido de baja frecuencia que llega a las vecindades de la comunidad. Dado que los niveles de ruido no tratado de los grupos electrógenos pueden alcanzar 100 dB(A) o más, tanto la ubicación del grupo electrógeno como la mitigación del ruido cobran gran importancia.

En general, hay dos formas de reglamentaciones que afectan el volumen del ruido al que pueden estar expuestos los individuos o el público: ordenanzas sobre ruido a nivel municipal o estatal y las reglamentaciones federales de seguridad de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales (Safety and Health Administration, OSHA). Las primeras reglamentaciones se ocupan del ruido que puede migrar más allá de las medianeras y molestar al público, pero eso rara vez es lo suficientemente alto para constituir un peligro para la seguridad. Las últimas se ocupan de las normas para la exposición al ruido en el lugar de trabajo con el fin de proteger la salud de los trabajadores. En general, las reglamentaciones de la OSHA se aplican solamente a los trabajadores que puedan estar expuestos al ruido de un grupo electrógeno que supere los 80 dB(A) durante un tiempo considerable. Los trabajadores pueden limitar la exposición con el uso de protección auditiva apropiada cuando trabajan cerca de grupos electrógenos en funcionamiento. Europa y Japón, así como otros numerosos países, también han establecido normas para controlar el ruido en el lugar de trabajo y en el medio ambiente en general.

Definición de ruido

Sonido es lo que escucha el oído humano y ruido es simplemente sonido no deseado. El sonido se produce por objetos que vibran y llega al oído de quien escucha a medida que la presión forma ondas en el aire u otros medios. Técnicamente el sonido es una variación de presión en la región adyacente al oído. Cuando la cantidad de sonido se torna incómoda o molesta, significa que las variaciones en la presión de aire cerca del oído han alcanzado una amplitud demasiado alta.

El oído humano posee un rango dinámico tan amplio que se diseñó la escala de decibeles (dB) para expresar los niveles de sonido. La escala de dB es logarítmica porque la relación entre el sonido más suave que puede detectar el oído y el

sonido más alto que puede experimentar sin daño es de aproximadamente un millón a uno o 1:106. Al utilizar una escala logarítmica de base 10, es posible describir todo el rango de la audición humana mediante un número más conveniente que va de 0 dB (umbral de audición normal) a 140 dB (umbral del dolor).

Existen dos escalas de dB: A y L.

- La unidad dB(L) es una escala lineal que trata a todas las frecuencias audibles como si tuvieran un valor igual. Sin embargo, el oído humano no experimenta todas las frecuencias de sonido como igualmente altas. El oído es particularmente sensible a frecuencias que están en el rango de 1.000 a 4.000 Hertz (ciclos por segundo) y no es tan sensible a los sonidos en las frecuencias más bajas o más altas.
- Por lo tanto, se utiliza el “filtro de ponderación A”, que es una aproximación del volumen, para corregir los niveles de presión de sonido de modo que reflejen con mayor precisión lo que percibe el oído humano. Esta ponderación de la frecuencia deriva en la escala dB(A), que fue adoptada por la OSHA en 1972 como el método oficial y regulado para la descripción de niveles de sonido.

La Figura 1 muestra los niveles de ruido típicos asociados con distintos entornos y fuentes de ruido.

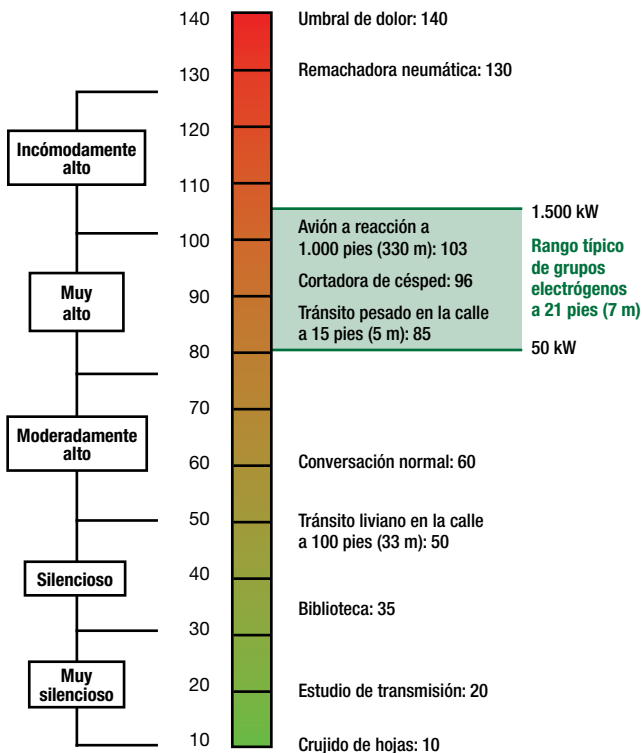


Figura 1: Niveles de ruido típicos

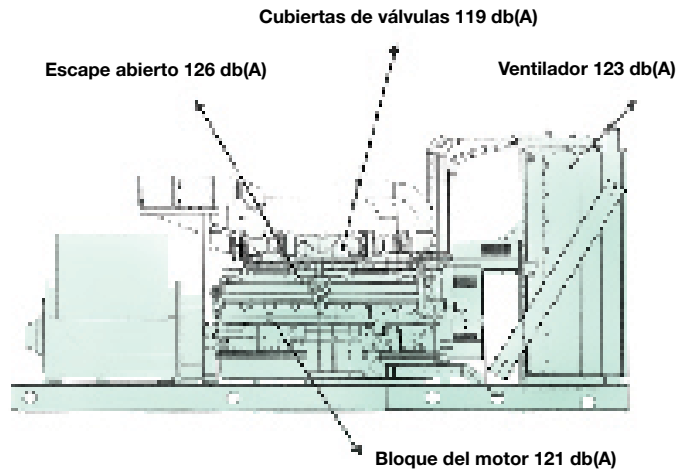


Figura 2: Fuentes de ruido del DQKC 2000 (niveles de potencia sonora estimados)

Fuentes de ruido de los grupos electrógenos

El ruido de los grupos electrógenos es producido por seis fuentes principales (ver la Figura 2):

- Ruido del motor: este es causado principalmente por fuerzas mecánicas y de combustión, y típicamente oscilan entre 100 dB(A) y 121 dB(A), medidos a un metro y dependiendo del tamaño del motor.
- Ruido del ventilador de refrigeración: este es consecuencia del sonido del aire en movimiento a alta velocidad en su paso por el motor y el radiador. El nivel varía de 100 dB(A) a 105 (A) dB a un metro.
- Ruido del alternador: este es provocado por la fricción del aire refrigerante y las escobillas, y oscila aproximadamente entre 80 dB(A) y 90 dB(A) a un metro.
- Ruido de inducción: este es causado por fluctuaciones de la corriente en el bobinado del alternador que originan un ruido mecánico que varía entre 80 dB(A) y 90 dB(A) a un metro.
- Escape del motor: sin un silenciador del escape, este oscila entre 120 dB(A) y 130 dB(A) o más, y usualmente se lo reduce como mínimo en 15 dB(A) con un silenciador estándar.
- Ruido estructural/mecánico: este es provocado por la vibración mecánica de distintas partes y componentes estructurales que se irradia como sonido.

Medición del ruido

Antes de que pueda comenzar a determinar qué mitigación puede ser necesaria, debe recoger mediciones de sonido precisas tanto del ruido ambiental existente como del ruido aportado por el grupo electrógeno. Los datos precisos y significativos del nivel de sonido del grupo electrógeno deben medirse en un “entorno de campo libre”. Un campo libre, a diferencia de un “campo reverberante”, es un campo de sonido en el cual hay efectos insignificantes de sonido que se reflejan por obstáculos o límites. Las mediciones de ruido deben realizarse con un medidor del nivel de sonido y un conjunto de filtros de banda de octava, al mínimo, para permitir un análisis más detallado por parte de los consultores en acústica.

Al medir los niveles de sonido desde una distancia de 7 metros, se colocan micrófonos en forma circular, con ubicaciones para mediciones a aumentos de 45 grados alrededor del grupo electrógeno. La formación para las mediciones se encuentra a 7 metros de un paralelepípedo imaginario que simplemente encierra al grupo electrógeno, que en general es definido por las dimensiones del área que ocupa la base o el chasis.

Al medir niveles de potencia sonora para aplicaciones europeas, suele utilizarse una formación paralelepípeda de micrófonos, según lo definen las normas de la Organización Internacional para la Estandarización (International Standards Organization, ISO) 3744.

Los datos de ejecución de sonido de los grupos electrógenos de Cummins Power Generation Inc. están disponibles en el CD del software de diseño de la compañía (denominado “Power Suite”). Los datos sobre ejecución de sonido también se encuentran disponibles en la Biblioteca de Power Suite en el sitio web de la compañía: www.cumminspower.com.

Las mediciones iniciales del ruido generalmente se realizan en ocho bandas de octava desde 63 Hertz a 8.000 Hertz, aunque la potencia de sonido más alta que se genera suele estar en el rango de 1.000 Hertz a 4.000 Hertz, el rango de sonido al que es más sensible el oído humano. Si bien las mediciones se toman en todo un espectro de frecuencias, la suma logarítmica de todas las frecuencias es la lectura más importante. No obstante, cuando el nivel de sonido total supera el nivel permisible para un proyecto, se utilizan los datos de banda de frecuencia para determinar qué modificaciones de diseño se necesitan para disminuir el nivel total de sonido y cumplir así con los requerimientos.

Suma total de todas las fuentes de ruido

El nivel total de ruido de un grupo electrógeno es la suma de todas las fuentes individuales, independientemente de la frecuencia. Sin embargo, dado que la escala de dB(A) es logarítmica, las lecturas de dB(A) individuales no pueden sumarse o restarse de la forma aritmética habitual. Por ejemplo, si una fuente de ruido produce 90 dB(A) y una segunda fuente de ruido también produce 90 dB(A), la cantidad total de ruido producido es de 93 dB(A), no 180 dB(A). Un aumento de 3 dB(A) representa una duplicación de la potencia sonora; no obstante, este aumento es apenas perceptible para el oído humano.

La Figura 3 ilustra cómo sumar decibeles con base en la diferencia numérica entre dos niveles de ruido. Como en el ejemplo anterior, si no hay diferencias entre la fuente de ruido 1 y la fuente de ruido 2, la medición combinada de dB(A) sólo aumentaría en 3 dB(A), de 90 dB(A) a 93 dB(A). Si la fuente 1 fuese 100 dB(A) y la fuente 2 fuese 95 dB(A), la medición combinada de dB(A) sería 101 dB(A).

| Cómo sumar decibeles | |
|---|---|
| Cuando la diferencia numérica en dB(A) entre dos niveles de ruido es: | Sumar esta cantidad de dB(A) al más alto de los dos niveles de ruido para un total: |
| 0 | 3 |
| 0,1-0,9 | 2,5 |
| 1,0-2,4 | 2 |
| 2,4-4,0 | 1,5 |
| 4,1-6,0 | 1 |
| 6,1-10 | 0,5 |
| 10 | 0 |

Figura 3: Cómo sumar decibeles con base en la diferencia numérica en dB(A) entre dos fuentes.

Leyes y reglamentaciones sobre ruido

En América del Norte, los códigos estatales y locales establecen los niveles máximos de ruido permitidos en las medianeras. La Figura 4 muestra algunas reglamentaciones representativas del nivel de ruido en el exterior. El cumplimiento de estas reglamentaciones sobre el ruido requiere una comprensión del nivel de ruido ambiental existente en la medianera sin que el grupo electrógeno esté funcionando y cuál será finalmente el nivel de ruido resultante con el grupo electrógeno funcionando a plena capacidad.

| Zonas de ruido: | Pico en horario diurno db(A) | Pico en horario nocturno db(A) | Continuo en horario diurno db(A) | Continuo en horario nocturno db(A) |
|--|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Urbano – Residencial | 62 | 52 | 57 | 47 |
| Suburbano – Residencial | 57 | 47 | 52 | 42 |
| Suburbano muy silencioso o Residencial rural | 52 | 42 | 47 | 37 |
| Urbano – Industria cercana | 67 | 57 | 62 | 52 |
| Industria pesada | 72 | 62 | 67 | 57 |

Figura 4: Reglamentaciones representativas del nivel de ruido en el exterior

En Europa, la reglamentación del ruido de generadores se rige por la directiva 2000/14/EC (Etapa II) que está en vigencia desde 2006. En el caso de generadores con una potencia principal menor de 400 kW, el nivel máximo permitido de potencia de sonido se calcula con la fórmula:

$$95 + \text{Log } P_{el} = \text{dB(A)}$$

(donde P_{el} es la calificación de la potencia principal del generador)

Para los generadores con una calificación principal de 400 kW y más, sólo se requiere que lleven una etiqueta con la cifra LWA (medición europea de “nivel de potencia acústica”) calculada a partir de los resultados de las pruebas de desarrollo del fabricante. Para el mercado europeo, la mayoría de los generadores desde 11 kVA hasta 550 kVA

están encerrados en gabinetes estándares que hacen que las unidades cumplan con la mayoría de las legislaciones. Los gabinetes estándares habitualmente reducen el ruido irradiado en un mínimo de 10 dB(A).

Estrategias para reducir el ruido de los grupos electrógenos

Independientemente del tipo de grupo electrógeno que necesite atenuación sonora, básicamente existen siete estrategias para reducir el ruido de los grupos electrógenos: 1) reducir el nivel de sonido de la fuente; 2) barreras acústicas; 3) aislamiento acústico; 4) montajes de aislamiento; 5) atenuación del aire refrigerante; 6) silenciadores del escape y 7) esfuerzos para maximizar la distancia entre el grupo electrógeno y la medianera (o las personas). Cuando se ubican grupos electrógenos en el exterior, el uso de gabinetes (en especial los gabinetes atenuadores de sonido) combina todas estas estrategias en un paquete conveniente que brinda protección del clima y atenuación sonora. Estas estrategias se resumen en la Figura 5.

1. Barreras acústicas: los materiales rígidos con masa y rigidez significativas reducen la transmisión del sonido. Los ejemplos incluyen la chapa de acero típica de los gabinetes y las paredes con bloques rellenos de hormigón o arena o las paredes de hormigón sólido típicas de las instalaciones de salas de generadores para interiores. También es importante eliminar escapes de sonido a través de grietas en puertas o paredes, o a través de puntos de acceso para escapes, combustible o el cableado eléctrico.

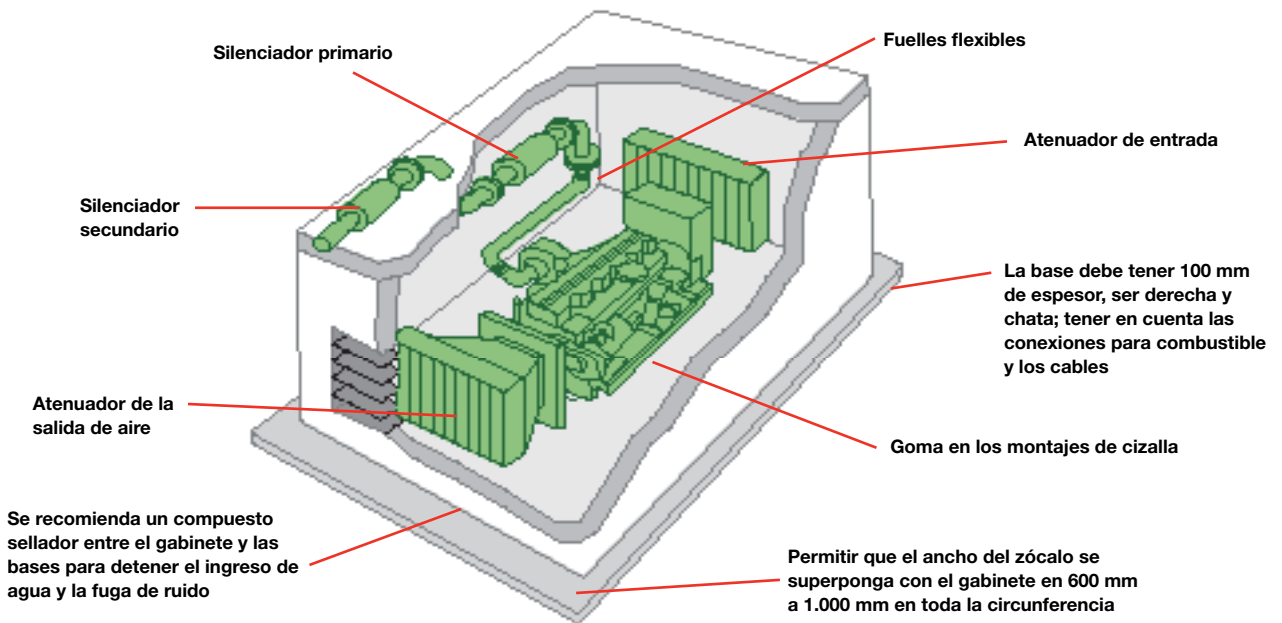


Figura 5: Instalación de grupo electrógeno típico donde se ven las medidas para controlar el ruido

2. Aislamiento acústico: existen materiales absorbentes de sonido para recubrir los conductos de aire y para cubrir paredes y cielos rasos. Dirigir el ruido hacia una pared cubierta con material absorbente de sonido puede ser muy efectivo. Seleccione materiales que sean resistentes al aceite y a otros contaminantes de motores. La fibra de vidrio o la espuma pueden ser adecuadas, dependiendo de factores como costo, disponibilidad, densidad, ignifugación, resistencia a la abrasión, estética y facilidad de limpieza.

3. Montajes para aislación: los equipos vibradores crean ondas de presión (ruido) en el aire circundante. Todo lo que esté conectado físicamente a un grupo electrógeno puede causar vibraciones que serán transmitidas a la estructura de la construcción. Estos puntos de conexión incluyen soportes corredizos, conductos de descarga de aire del radiador, tuberías de escape, tuberías refrigerantes, conexiones para combustible y conductos de cableado. Colocar juntas flexibles en estas conexiones reduce eficazmente la transmisión de ruidos. Montar un grupo electrógeno sobre aislantes de vibración con resortes reduce eficazmente la vibración y el ruido que se transmiten a través del piso.

4. Atenuación del aire refrigerante: los baffles de atenuación en la entrada y salida de aire pueden ayudar a reducir el ruido producido por el aire refrigerante a medida que se desplaza a través del motor y el radiador. El ruido ocasionado por el movimiento del aire refrigerante es significativo debido al volumen requerido, alrededor de 20 metros cúbicos por segundo para un grupo electrógeno con un motor diesel de 50 litros. Alternativamente, se puede colocar el radiador remotamente en un techo, por ejemplo, para eliminar esta fuente de ruido o dirigirla hacia arriba alejándola de personas o de las medianeras. Además, hacer que el aire corra por un codo a 90 grados en un conducto reduce el ruido de alta frecuencia. Ver la Figura 6.

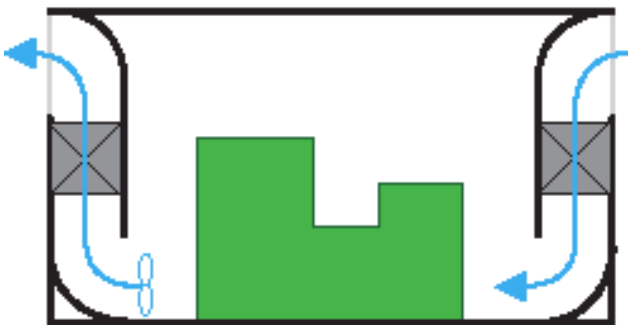


Figura 6: Reducción del ruido de alta frecuencia al hacer que el aire refrigerante del grupo electrógeno gire 90 grados varias veces a medida que ingresa o sale de una habitación o gabinete

5. Maximizar la distancia: cuando no haya paredes reflectoras para aumentar el ruido producido por el grupo electrógeno, el nivel de ruido disminuirá aproximadamente en 6 dB(A) cada vez que se duplique la distancia (ver la Figura 7). Sin embargo, si la medianera se encuentra dentro del campo cercano de un grupo electrógeno, el nivel de ruido puede no ser predecible. Un entorno de campo cercano es cualquier ubicación dentro de dos veces la dimensión más grande de la fuente de ruido (grupo electrógeno).

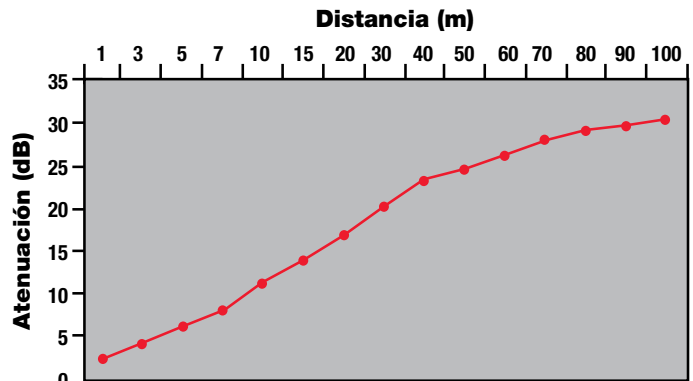


Figura 7: Reducción del sonido en la distancia

6. Silenciadores de escapes: los grupos electrógenos casi siempre están equipados con un silenciador de escapes (mofle) para limitar el ruido del escape de la máquina. Los silenciadores de escapes están disponibles en una amplia variedad de clases, disposiciones físicas y materiales. Generalmente los silenciadores se agrupan en aquellos de tipo cámara o en los dispositivos de tipo espiral. Los dispositivos de tipo cámara tienden a ser más efectivos, pero los dispositivos de tipo espiral son más compactos y pueden brindar atenuación suficiente para numerosas aplicaciones. Los silenciadores pueden estar hechos de acero laminado en frío o acero inoxidable. El acero inoxidable es el material preferido para uso en exteriores cuando la corrosión es un problema. Los silenciadores están disponibles en varios "grados" distintos de atenuación del ruido a los que habitualmente se llama "industrial", "residencial" y "crítico". Los silenciadores industriales reducen el ruido de 12 a 18 dB(A); los silenciadores residenciales reducen el ruido de 18 a 25 dB(A); los silenciadores críticos reducen el ruido de 25 a 35 dB(A). En general, cuanto más efectivo sea un silenciador para reducir el ruido del escape mayor será el nivel de restricción sobre el escape del motor. En los sistemas de escape largos, la misma tubería ofrecerá cierto nivel de atenuación.

Acerca del autor



Dennis Aaberg, especialista sénior en acústica, tiene títulos en Tecnología Electromecánica y Tecnología y Preparación Industrial del Alexandria Technical College. Ha trabajado en el campo de la ingeniería de sonido y vibración para

Cummins Power Generation durante los últimos 29 años. En ese tiempo, colaboró con los departamentos de ingeniería y comercialización con mediciones y análisis de sonido y vibración, así como también con la dirección de diseño para todas las líneas de productos generados en Cummins Power Generation en Fridley, Minnesota.

Gabinetes atenuadores de sonido

Los gabinetes de acero y aluminio de todas las clases brindan al menos 10 dB(A) de atenuación para los grupos electrógenos que deben ubicarse en exteriores. En muchos casos, cuando se lo combina con un silenciador de escape efectivo, esta cantidad de atenuación puede ser suficiente para cumplir con muchas ordenanzas locales de América del Norte y Europa. Los gabinetes estándares son vendidos por la mayoría de los fabricantes de grupos electrógenos y por una variedad de otros proveedores.

Cuando se necesita una cantidad mayor de atenuación para cumplir con las ordenanzas locales sobre ruido o para reducir el impacto sobre los empleados o los vecinos, deben utilizarse gabinetes atenuadores de sonido especiales. En general, el costo del gabinete está directamente relacionado con el nivel de atenuación sonora requerido. En los casos críticos, es frecuente que el costo del gabinete atenuador de sonido sea igual al costo del grupo electrógeno. Algunos gabinetes también pueden tener un impacto negativo sobre el rendimiento del grupo electrógeno al limitar la ventilación apropiada y la capacidad de soporte de carga. Es importante hacer un buen diseño desde el comienzo para alcanzar los objetivos de control de ruido y mantener a la vez el rendimiento del grupo electrógeno.

Los gabinetes atenuadores de sonido especiales combinan estrategias de control de ruidos de barrera y de absorción para contener el ruido de los grupos electrógenos. Si bien hay gabinetes atenuadores de sonido de acero y aluminio, el acero brinda una mejor atenuación de alrededor de 2-3 dB(A) gracias a su mayor masa y rigidez. Los gabinetes de aluminio en general están especificados solamente en regiones costeras donde la resistencia a la corrosión es importante en el aire salobre.

Conclusión

Con niveles máximos permitidos de ruido en las medianeras que oscilan entre 52 dB(A) y 72 dB(A), según la ubicación y la división por zonas y los niveles de ruido no tratado de los grupos electrógenos que se acercan a los 100 dB(A) o más, queda claro que la disminución del ruido de los grupos electrógenos es un tema de suma importancia. Además, el alto costo de reacondicionar un sitio para reducir el ruido hace imperativo evaluar los requerimientos de ejecución de ruido en forma temprana en la etapa de diseño del sistema de energía en el lugar de trabajo. Trabajar estrechamente con los legisladores locales, el fabricante de los grupos electrógenos, el ingeniero consultor o el especialista en acústica le permitirá alcanzar los objetivos de atenuación sonora de su proyecto.

Para recibir soporte técnico adicional, comuníquese con su distribuidor local de Cummins Power Generation. Para encontrar un distribuidor, visite www.cumminspower.com.

Nuestra energía trabajando para tí."

www.cumminspower.com

© 2007 Cummins Power Generation Inc. Todos los derechos reservados. Cummins Power Generation y Cummins son marcas registradas de Cummins Inc. Nuestra energía trabajando para tí." es una marca registrada de Cummins Power Generation. (11/07) CPG-593

