

## Grupos electrógenos y su impacto ambiental

Miriam MARTÍNEZ VARONA, Ariadna FERNÁNDEZ AROCHA, Enrique MOLINA ESQUIVEL y René GARCÍA ROCHE

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta 1158 e/ Llinás y Clavel. Código Postal 10300. Ciudad de La Habana. Cuba. Tlf. 8705531. Correo-e: mmartinez@sinha.sld.cu

---

### RESUMEN

Desde hace algún tiempo, se inició en el país la batalla por el ahorro energético, que concluirá con una Revolución Energética sin precedentes en Cuba. La instalación de los grupos electrógenos (GE) se añaden a las diversas medidas que en el país se han estado tomando para materializar la Revolución Energética. Estos GE no son mas que motores de combustión interna que durante su funcionamiento desprenden sustancias tóxicas tales como: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, compuestos de azufre y plomo. Se realizó la evaluación de la contaminación atmosférica en el área seleccionada, mediante un estudio descriptivo del comportamiento de las concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mediante un muestreo instantáneo de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). Las bases de datos fueron confeccionadas en dBase y procesadas mediante SPSS v.X. El análisis estadístico incluyó números absolutos, estimaciones puntuales y por intervalo de confianza de la media, indicadores de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA). Se evaluó la correlación entre contaminantes mediante el coeficiente rho de Spearman. Los valores de las medias aritméticas para  $\text{NO}_2$  fueron superiores a las CMA, no se encontró correlación entre el  $\text{SO}_2$  y el  $\text{NO}_2$ .

### INTRODUCCIÓN

Las insuficiencias que venía presentando el sistema eléctrico obligó al país a buscar nuevas alternativas para enfrentar roturas o salida del circuito de las plantas. Desde hace algún tiempo, se inició en el país la batalla por el ahorro energético, que concluirá con una Revolución Energética sin precedentes en Cuba. La instalación de los grupos electrógenos además, la utilización más racional del gas acompañante, el proceso de rehabilitación de las redes y el trabajo de las brigadas de linieros en todo el país son algunas de las diversas medidas que en el país se han estado tomando para materializar la Revolución Energética.

Hasta el momento se han instalado 205 grupos electrógenos que generan más de 250 000 kw de potencia unitaria, y que en caso de alguna avería no representarían un problema para la distribución de la energía eléctrica en el Sistema Energético Nacional, gracias a que estos equipos tienen una distribución

geográfica adecuada, lo que evita que se produzca alguna crisis y que se afecte a la población. Estos grupos electrógenos tienen una disponibilidad mayor de un 90 por ciento, muy por encima del 60 por ciento de las plantas termoeléctricas con que cuenta nuestro sistema energético.

Este millón de toneladas en forma de gas es la cuarta parte de los hidrocarburos que el país produce y que conlleva a la generación de 235 000 kw hora. Próximamente entrarán en servicio otros 90 000 kw hora, de modo que pronto llegaremos a 335 000. Esta es una fuente de energía no solo limpia, sino también barata, a lo cual se añadirán unos 180 000 kw a partir del venidero año. Es decir, que el país no construirá más termoeléctricas, sino utilizará para la producción de electricidad el ciclo combinado del gas acompañante y otras tecnologías más eficientes.<sup>1</sup>

La energía mecánica, indispensable para poner en acción diferentes máquinas, se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La que más se utiliza es la energía térmica obtenida

de los combustibles de naturaleza orgánica. Los equipos energéticos que más aceptación han tenido son los motores de combustión interna (MCI), a ellos corresponde más de un 80 % de la totalidad de la energía producida en el mundo.<sup>2,3,4</sup>

En la Unión Europea, aunque los medios de locomoción son responsables únicamente de un 5 % de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), son responsables del 25 % de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), del 87 % de las de monóxido de carbono (CO) y del 66 % de las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).<sup>5</sup>

El impacto ambiental de los MCI está estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente de los mismos: la reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas y de los llamados *gases de invernadero*, y la reducción de los niveles de ruido. Las discusiones internacionales acerca de las causas e implicaciones para la humanidad del llamado *efecto invernadero*, provocado por las crecientes emisiones a la atmósfera de gases tales como: CO<sub>2</sub>, metano, óxido nitroso y los cloro-fluorocarbonatos, reflejan la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los problemas ambientales y del desarrollo, así como la necesidad de una acción concertada de la comunidad internacional para mitigar los efectos del calentamiento global.<sup>6</sup>

Se ha descrito que los MCI actúan sobre el medio ambiente de diversas formas tales como:<sup>2</sup>

- Agotamiento de materias primas no renovables consumidas durante el funcionamiento de los MCI.
- Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.
- Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al hombre, la flora y la fauna.
- Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta.
- Emisión de altos niveles de ruido a la atmósfera y ocasiona molestias en sentido general.

En este trabajo nos trazamos como objetivo determinar la calidad del aire en las zonas cercanas donde se encuentran instalados algunos Grupos electrógenos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, cuyo universo de trabajo estuvo constituido por siete muestras, las cuales fueron obtenidas en las áreas cercanas a la ubicación de grupos electrógenos (G.E) (estos puntos son descritos en los resultados), los contaminantes estudiados fueron: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

El muestreo se realizó según las normas establecidas para el monitoreo manual de 20 minutos,<sup>7</sup> así como su posterior análisis en el laboratorio. Las técnicas analíticas empleadas fueron: El método colorimétrico para determinar dióxido de azufre se utilizó con el empleo de la pararosanilina, según la norma UNE 77234,<sup>8</sup> y el método de referencia de la Compañía de Tecnología en Saneamiento Ambiental de Brasil (CETESB),<sup>9</sup> para determinar dióxido de nitrógeno.

Se tomó como CMA para el NO<sub>2</sub> 85 µg/m<sup>3</sup> y para el SO<sub>2</sub> 500 µg/m<sup>3</sup>, de acuerdo a la NC 39: 1999. Calidad del aire. Requisitos Higiénico-sanitarios.<sup>10</sup> En todos los casos los valores de concentración de los contaminantes se expresaron en µg/m<sup>3</sup>.

Los datos primarios fueron procesados mediante dBase III y posteriormente analizados mediante los programas SPSS v. X.

Se evaluó el comportamiento del SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> mediante el análisis estadístico que incluyó números absolutos, estimaciones puntuales y por intervalo de confianza de la media, indicadores de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles. Se determinó la correlación entre contaminantes mediante el coeficiente rho de Spearman. La selección de los lugares de muestreo fue realizada por especialistas del CPHE del área de estudio, El tiempo de muestreo fue de 20 minutos. La toma de la muestra se realizó con la fuente emisora en estudio funcionando desde una hora antes del comienzo del muestreo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis sanitario de resultados por lugares de muestreo

#### Muestras números 1, 2 y 3

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> no transgredieron la CMA establecida para períodos máximos de 20 minutos de exposición ni en el exterior de la ventana del pasillo del edificio de viviendas colindante, ni en el pasillo interior del referido inmueble. Sin embargo, en ambos puntos resultó transgredida la CMA para promedios diarios, importante elemento a considerar de continuar funcionando el equipo generador por períodos más prolongados.

Las concentraciones de NO<sub>2</sub> transgredieron ampliamente la CMA establecida para períodos máximos de 20 minutos de exposición, tanto en el exterior de la ventana del edificio (en más de 8 veces) como en el pasillo interior del referido inmueble (en más de 7 veces), en tanto que la CMA media diaria sería superada en 18 y 15 veces en el exterior e interior respectivamente.

#### Muestra número 4

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> no transgredió la CMA establecida para períodos máximos de 20 minutos de exposición, en tanto, la determinación de

NO<sub>2</sub> transgredió en 12 veces la CMA correspondiente para un máximo de 20 minutos y en 26 veces la CMA para promedios diarios. Debe señalarse que en este sitio, el punto de muestreo fue colocado sobre el muro que separa el patio de la farmacia y la panadería, en el punto más cercano posible al punto de emisión (1 m de distancia, al no existir en el momento actual viviendas cercanas a menos de 10 - 15 m de distancia).

*Muestras números 5, 6, 7*

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> no transgredieron la CMA establecida para períodos de 20 minutos ni de 24 horas en ninguna de las tres determinaciones realizadas en dos puntos del patio de la referida vivienda. Sin embargo, las determinaciones de NO<sub>2</sub>

superaron entre 1,7 y 5 veces (muestras número 5 y 7, respectivamente) la CMA para 20 minutos; el marcado incremento de NO<sub>2</sub> en esta última muestra con respecto a las dos anteriores, pudiera explicarse por un posible escape del contaminante a nivel del propio equipo generador, luego de 1:40 horas de funcionamiento con expulsión de los gases a través de la tubería vertical añadida, a una altura probablemente excesivamente alta, de acuerdo a los parámetros de funcionamiento del equipo (tales como insuficiente tiro, temperatura de los gases emitidos), lo que deberá ser analizado por los tecnólogos competentes con vistas a una posible solución más satisfactoria. El valor medio de NO<sub>2</sub> en las tres determinaciones efectuadas (242,4 µg/m<sup>3</sup>) superó en 6 veces la CMA para 24 horas.

**TABLA 1. Resultados de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en los siete puntos muestreados.**

| Sitio de muestreo | Identificación del punto de toma de muestra  | Resultados (µg/m <sup>3</sup> ) |                 |
|-------------------|--|---------------------------------|-----------------|
|                   |  | SO <sub>2</sub>                 | NO <sub>2</sub> |
| Muestra # 1       | Exterior del pasillo de edificio multifamiliar colindante (altos), a la altura de la ventana (1,6 m de altura sobre el piso). Encima del equipo generador.   | 117.9                           | 720.3           |
| Muestra # 2       | Igual punto; muestra tomada a continuación de la anterior.   | 117.9                           | 720.3           |
| Muestra # 3       | Interior del pasillo de edificio multifamiliar colindante (altos), a la altura de la ventana (1,6 m de altura) encima del equipo generador.  | 67.1                            | 620.7           |
| Muestra # 4       | Exterior (2 m de altura sobre el piso), sobre el muro que limita la panadería y el patio de la farmacia, 1 m de distancia e igual altura del punto de emisión del equipo generador.                                      | 65.8                            | 1052.0          |
| Muestra # 5       | Exterior, patio trasero de vivienda colindante con la panadería, encima del lavadero (2 m de altura), pegado al muro que limita con la panadería, muy por debajo del punto de emisión del equipo (tubería adaptada 10 m) | 28.7                            | 144.5           |
| Muestra # 6       | Exterior, patio trasero de vivienda colindante con la panadería, 5 m del punto anterior, próximo a la entrada del patio a la sala de la vivienda.  | 28.7                            | 154.0           |
| Muestra # 7       | Exterior, patio trasero de la vivienda, en igual punto que la muestra # 5, 40 minutos después de la primera muestra, muy por debajo del punto de emisión señalado.   | 33.7                            | 428.8           |

De acuerdo a los resultados anteriores y su comparación con las CMA correspondientes, se considera que la ubicación actual de al menos el primero (muestras 1, 2 y 3) y el tercer (muestras 5, 6, 7) equipos objeto de muestreo, resulta incompatible con el mantenimiento de la calidad sanitaria del aire en las zonas habitadas inmediatas, lo que puede dar lugar a diverso grado de afectación a la salud de las personas allí residentes, en especial en aquellas de mayor susceptibilidad individual, tales como niños pequeños, ancianos, asmáticos, neumópatas o cardiopatas crónicos.

Estas concentraciones pueden presentar grandes variaciones temporales, en virtud de factores tales como: la temperatura del aire y su gradiente vertical (peor situación en la noche); la velocidad y dirección

del viento y la perturbación de ésta por la sombra aerodinámica de las edificaciones circundantes; la calidad del combustible empleado, y el estado técnico del equipo generador.

**TABLA 2. Valores de medias, máximos y mínimos SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>**

| Contaminante    | Mínimo (µg/m <sup>3</sup> ) | Máximo (µg/m <sup>3</sup> ) | Media (µg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| SO <sub>2</sub> | 13.70                       | 117.90                      | 51.2200                    |
| NO <sub>2</sub> | 144.50                      | 720.30                      | 413.6600                   |

Se hicieron estimaciones puntuales y por intervalos de confianza al 95 % de las concentraciones medias de contaminantes.

- Intervalo de confianza SO<sub>2</sub>

Media = 51.2 µg/m<sup>3</sup>

IC: [0; 103.6]

- Intervalo de confianza NO<sub>2</sub>

Media = 413.66 µg/m<sup>3</sup>

IC: [86.96; 740.35]

Como puede verse los valores del intervalo de confianza al 95 % para el SO<sub>2</sub> se encuentran en un rango que van desde -1.16 (se tomó como límite inferior el 0) hasta 103.6 µg/m<sup>3</sup> por lo cual se puede inferir que los valores en la población no superan la norma establecida de 500 µg/m<sup>3</sup> con una confiabilidad del 95 %.

El valor medio de concentración de NO<sub>2</sub> supera la norma establecida de 85 µg/m<sup>3</sup> en la población con una confiabilidad del 95 %.

Se calculó como indicador de trasgresión de la concentración máxima admisible del NO<sub>2</sub>, el índice de trasgresión de la concentración del contaminante de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Concentración media} - \text{CMA}}{\text{CMA}} \times 100 = 386.67 \%$$

Se puede ver que la concentración del contaminante supera la CMA en el 386.67 %. Al realizar el coeficiente de correlación de Spearman obtuvimos los resultados de la Tabla 3.

**TABLA 3. Coeficiente de correlación de Spearman**

| Contaminantes   | Correlacion | Significación |
|-----------------|-------------|---------------|
| NO <sub>2</sub> | 0.667       | 0.219         |
| SO <sub>2</sub> | 0.667       | 0.219         |

Como puede verse en la Tabla 3 la correlación entre las concentraciones de contaminantes no es significativa, a pesar de que esta alcanza una magnitud de 0.667, por lo cual podemos concluir que esta correlación se debe al azar.

Lukanin en 1988, señaló que incluso en un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento puede alcanzar los valores representados en la Tabla 4, en la que se puede apreciar que la toxicidad de los motores Diesel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín.<sup>11</sup> La toxicidad de los motores de encendido por chispa y carburador depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno. No se determinó la concentración de monóxido de carbono por no contar con un equipo para muestrearlo.<sup>12</sup>

**TABLA 4. Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión de MCI**

| Componentes tóxicos     | Motores Diesel | Motores de carburador |
|-------------------------|----------------|-----------------------|
| Oxidos de nitrógeno (%) | 0.35           | 0.45                  |
| Dióxido de azufre (%)   | 0.04           | 0.007                 |
| Hollín (mg/l)           | 0.3            | 0.05                  |

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el efecto invernadero, fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos. De acuerdo con estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos; de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de gases del efecto invernadero, la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década. Consecuentemente, se producirán incrementos en el nivel del mar que pudiera ser de alrededor de 1 m para el año 2100.<sup>6</sup>

A pesar de lo antes expuesto en el contexto internacional el uso de la GE ha sido impulsada por diversos factores. De acuerdo con datos de la CIGRE de 1999, en diversos países del mundo se ha incrementado el porcentaje de la potencia instalada de GE, en relación con la capacidad total instalada. Así, en países como Dinamarca y Holanda, alcanza valores de hasta el 37%, y en otros, como Australia, Bélgica, Polonia, España y Alemania, tan solo del 15% y en el caso de Estados Unidos, del 5%.

En lo relativo al potencial en GE en el mundo, se cuenta con la siguiente información.

- Se estima que en los próximos 10 años el mercado mundial para la GE será del orden de 4 a 5 mil millones de dólares.
- Estudios del Electrical Power Research Institute y del Natural Gas Foundation prevén que, de la nueva capacidad de generación eléctrica que se instalará al año 2010 en Estados Unidos, del 25% al 30% será con GE.
- Con base en estimaciones de la Agencia Internacional de Energía, los países desarrollados serán responsables del 50% del crecimiento de la demanda de energía eléctrica mundial en los próximos 20 años, equivalente a 7 millones de MW, donde el 15% de esta demanda le corresponderá a GE.<sup>13</sup>

## Conclusiones

Los valores de las medias aritméticas para el Dióxido de nitrógeno fue superior a los valores de las CMA, no así en el caso del dióxido de azufre que fue muy inferior a las CMA.

No se encontró ninguna correlación entre dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Los

motores de combustión interna emiten gran concentración de dióxido de nitrógeno al ambiente.

### Recomendaciones

Los GE deben ser ubicados en lugares distantes donde no causen molestias a la población.

Se debe profundizar en este estudio y realizar estudios de morbilidad en población cercana a la ubicación de estos GE, así como realizar estudios de ruido.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1- <http://vanguardia.co.cu/index.php>. Juventud Rebelde. 17 de Enero de 2006. Discurso del Comandante en Jefe Fidel Castro.
- 2- Gutiérrez Torres R y col. El motor de combustión interna y su impacto ambiental. [www.Monografías.com](http://www.Monografías.com)
- 3- Jovaj, M.S. y Maslov, G.S. Motores de automóvil. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1978.
- 4- Jovaj, M.S. y col. Motores de automóvil. Editorial Mir. Moscú. 1982.
- 5- Las flotas de camiones y el desafío de los combustibles alternativos. *Revista Auto & Truck International en Español*. Volumen 71. No. 4. Julio-Agosto, 1994
- 6- Pichs, R. Efecto Invernadero y mercado verde. *Revista Prisma de Cuba y las Américas*. Año 20, No 263-264. Septiembre - Octubre, 1994.
- 7- World Health Organization. United Nations Environment programme. GEMS/Air Methodology Reviews : Quality Assurance in urban air quality monitoring. WHO/UNEP. 1994 v.1
- 8- Norma UNE 77234 1998. Calidad del aire. Determinación de la concentración máxima de dióxido de azufre. Método del tetracloromercuriito (TCM)/pararosanilina.
- 9- CETESB. Método de referencia para determinar dióxido de nitrógeno en atmósfera. Brasil, 2001.
- 10- Norma cubana 39:1999. Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios. Oficina Nacional de normalización. 1999.
- 11- Lukanin, V.N. y col. Motores de combustión interna. Editorial Mir. Moscú. 1988.
- 12- *Revista Top-Auto*. No. II. Noviembre. 1995.
- 13- <http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=1917>