

Energía y Salud

Power Generation and Health

Sr. Walter Folch¹

Resumen

La producción de emisiones contaminantes a la atmósfera, como resultado de la producción de energía termoeléctrica a partir del uso de combustibles fósiles, es un hecho conocido.

El trabajo informa acerca de cuales son estos productos de emisión en la producción termoeléctrica en Chile, y cuales de ellos se están monitoreando en forma regular.

Informa asimismo acerca de las normas chilenas y de la OPS de calidad del aire establecidas como aceptables, quedando de manifiesto, que con excepción de las normas relativas al CO, todas las demás (MP, SO₂, NO₂ y O₃) las normas chilenas son mucho más permisivas que las de la OMS.

Por la razón anterior, los resultados de las mediciones hechas a nivel de emisión de algunas centrales termoeléctricas del país, en general se encuentran dentro de límites normales.

El trabajo entrega información acerca del impacto en la salud de la población que tienen estos contaminantes, producto de la revisión en el año 2005 por la OPS de varios estudios comprendidos entre los años 1994 y 2004 en la región.

Finalmente el trabajo entrega información acerca del costo económico de la contaminación atmosférica, que fue estimado en el estudio para la "Estimación de los Beneficios Sociales de la Reducción de Emisiones y Concentraciones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana" elaborado en el año 2001.

Palabras clave: Fuentes de energía, generación de energía, calidad del aire, contaminación atmosférica, salud pública, Chile.

Abstract

Environmental pollution as a result of power generation is a Fact. A well-known fact.

This paper reviews the main pollutants resulting from thermoelectric generation en Chile, as well as which ones are regularly monitored in the country. It also informs about Chilean and PAHO/WHO norms, revealing that with one exception, all other norms (MP, SO₂, NO₂ and O₃) are much more permissive in the country

Than advised by those UN organizations. As a result, national monitoring appears acceptable or normal, data which are included in the paper.

Finally, the article presents cost information about environmental pollution derived from the study on "Social Benefits of atmospheric pollutants reduction in the Metropolitan Region" (Santiago, 2001).

Key Words: Energy generation, air quality, air pollution, public health, Chile.

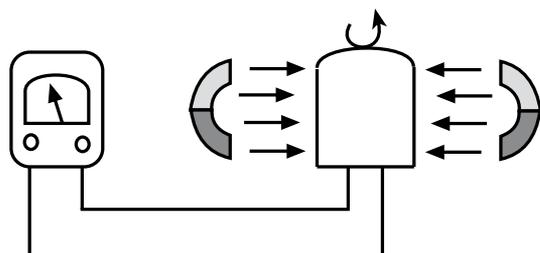
Recibido el 18 de octubre, 2006. aceptado el 30 de noviembre de 2006.

¹ Encargado de Programa Contaminación Atmosférica, Licenciado en Física Aplicada, Universidad de Santiago de Chile. MSc. in Environmental Technology. Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Manchester Reino Unido

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Principio de la generación eléctrica

Faraday en 1831 descubrió que un hilo metálico con una forma geométrica determinada al ser movido en un campo magnético generaba una corriente de electrones a través del hilo metálico.

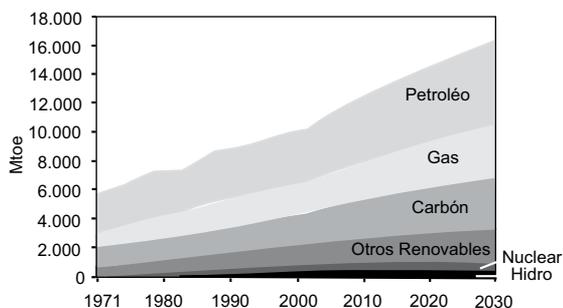


Para generar electricidad, entonces, necesitamos mover el hilo metálico entre un campo magnético. Este trabajo lo podemos hacer habitualmente aprovechando la energía cinética de un río, mareas, viento o utilizando energía geotérmica. Sin embargo, si no disponemos de esta fuerza en forma permanente y segura, se puede generar el movimiento utilizando la energía liberada en el proceso de combustión.

El principio para generar energía eléctrica fue descrito por Faraday en 1831. En efecto, de acuerdo con Faraday al mover un hilo conductor a través de un campo magnético se genera una corriente eléctrica. Este proceso, en forma bastante más sofisticada, es el que se realiza en la termo-generación eléctrica, es decir, se requiere realizar el movimiento de los "hilos conductores", para obtener electricidad. El movimiento se genera a través de la generación de vapor que permite mover una turbina diseñada para tales efectos (turbina de vapor) o bien a través de la utilización de la energía generada por el gran flujo de gases de combustión que se utilizan para mover una turbina. En ambos casos se utilizan en la termo-generación a gran escala, principalmente como combustibles, el carbón, pet coke, petróleo o el gas natural, existiendo una amplia gama de otros combustibles tales como bio-gas, licor negro, biomasa

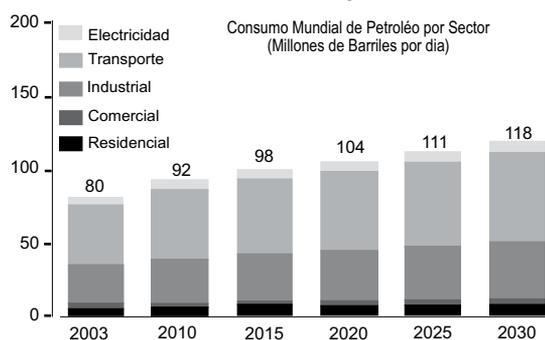
y otros que son utilizados en generación eléctrica a menor escala.

Gráfico 1:
Demanda Mundial por Energía Primaria



Fuente: International Energy Agency

Gráfico 2:
Consumo de Petróleo por Sector



Fuente: Energy Information Administration/International Energy Outlook 2006

Las proyecciones realizadas por la Internacional Energy Agency IEA, sobre los requerimientos mundiales por energía primaria, muestran que para el año 2030, se espera un nivel de demanda aproximado a 16.000 Mtoe (millones de toneladas de petróleo equivalente), siendo la demanda por petróleo, gas y carbón las más significativas.

Lo anterior, sin duda que significará emisiones de contaminantes atmosféricos que impactan la salud de la población (material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes asociados a la combustión).

¿Cuáles son las complicaciones que nacen de usar combustibles fósiles para generar electricidad?

Las emisiones a la atmósfera de los productos de la combustión. Típicamente las emisiones provenientes de centrales termoeléctricas que usan combustibles fósiles son: MP, SO₂, NO₂, CO, CO₂, COV, NH₃, HAP, PCDD (dioxinas dibenzo policlorinadas), PCDF (dibenzofuranos policlorinados)

¿Qué es lo que medimos en nuestro país respecto de la actividad Termoeléctrica?

En Chile las centrales termoeléctricas, en su gran mayoría monitorean las concentraciones ambientales, es decir calidad del aire (contaminantes en inmisión), para algunos de los contaminantes emitidos y también monitorean las emisiones de chimenea para algunos de los contaminantes antes señalados.

Por lo general, se mide concentraciones ambientales de MP, SO₂, NO₂, O₃, COV, y CO. Y esto depende del tipo de combustible que se utilice. Respecto de las emisiones se mide por lo general MP, SO₂, NO₂, CO en forma continua, y en forma discreta las emisiones de otras sustancias tales como Ni, V, As y HC.

A continuación se presenta un resumen de datos de monitoreo de la calidad del aire en el entorno a algunas centrales termoeléctricas ubicadas principalmente en el centro norte del país. Los valores entregados corresponden a los informados a las respectivas autoridades sanitarias locales, y por tanto se consideran datos validados. En el primer recuadro, a continuación, se entregan los datos de las normas de calidad del aire hoy vigentes en el país y se comparan con los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud, a través de la publicación "WHO air quality guidelines global update 2005". Los valores de la OMS se encuentran ubicados en la esquina superior izquierda de cada celda y el valor vigente para Chile se encuentra en la esquina inferior derecha de cada celda.

Las nuevas concentraciones máximas para los contaminantes criterio están vigentes en nuestro

país a partir de abril del 2006, sin embargo, los datos graficados corresponden a mediciones hechas con anterioridad a dicha fecha y han sido comparados con los niveles máximos aceptado a partir de abril de 2006.

Cuadro 1:
Normas de Calidad del Aire para Chile y recomendaciones OMS 2005

Cont.	1 hora	8 horas	24 horas	anual
MP µg/m ³	-	-	50 150	20 50
SO ₂ µg/m ³	-	-	20 250	40 80
NO ₂ µg/m ³	200 400	-	-	40 100
O ₃ µg/m ³	-	100 120	-	-
CO mg/m ³	30 30	10 10	-	-

El cuadro 1 nos muestra, que con excepción de las concentraciones de CO, para el resto de los contaminantes las concentraciones establecidas por la OMS, como límite máximo, son muy inferiores a la norma chilena.

Gráfico 3:
Central Eléctrica Edelnor de Mejillones

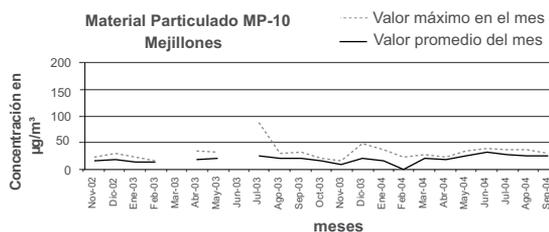
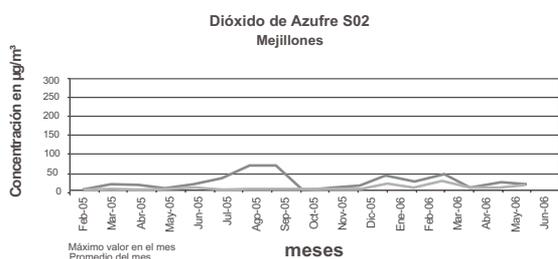


Gráfico 4:
Central Eléctrica Edelnor de Mejillones



El Gráfico anterior nos muestra que la norma para MP10 fue superada en dos mediciones diarias en los meses de septiembre de 1998 y enero de 1999. Las mediciones de SO₂ y NO₂ estuvieron siempre por debajo de la norma.

Mediciones diarias en diferentes períodos en las Centrales Eléctricas Norgener y Atacama, para SO₂, MP10 y O₃, estuvieron siempre por debajo de la norma chilena.

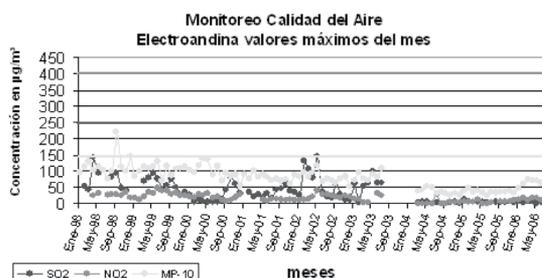
Cuadro 2:
Emisiones características a la atmósfera de la Central Edelnor de Mejillones

Fecha	Emisión Ni mg/m ³	Emisión As mg/m ³	Emisión V mg/m ³ Máx. permitido 5
07-01-2002	0,01545	0,00002	0,00502
08-01-2002	0,01544	0,00002	0,00508
09-01-2002	0,03008	0,00004	0,01198
10-01-2002	0,00000	0,00000	0,00000
11-01-2002	0,02954	0,00004	0,01113
12-01-2002	0,02999	0,00004	0,01181
13-01-2002	0,01600	0,00003	0,00303

Valor máximo permitido para Ni + As 0.5 mg/m³

Los gráficos y el cuadro anteriores muestran que todos los valores diarios medidos no exceden las normas chilenas, pero como vimos en el Cuadro 1, estas son mucho más tolerantes que las normas establecidas por la OMS.

Gráfico 5:
Central Electroandina



Cuadro 3:
Concentración de MP10 en estaciones de Red Nehuenco – San Isidro Quillota

Estación	Año	Meses Medidos N°	Norma Diaria			
			Máximo Año ug/m ³	Días >150ug/m ³ N°	Percentil 98 ug/m ³	% Norma
Bomberos	1999	11	124	0	114	76%
	2000	10	111	0	110	73%
	2004	1	130	0	130	86%
San Pedro	1998	3	97	0	97	64%
	1999	12	157	2	141	94%
	2000	10	137	0	109	73%
UCV	1999	6	97	0	97	65%
Limite Máximo Permissible			150 ug/m ³ Percentil 98			
Latencia 80% de Norma			120 ug/m ³			

El cuadro anterior muestra que la concentración de MP10 en esta Central estuvo siempre por debajo de la norma nacional establecida, sin embargo, ella sobrepasó el límite de 80% de latencia de la norma en dos oportunidades.

Las mediciones de SO₂, CO y NO₂, en estas mismas Centrales, tanto en relación con el límite máximo como con el 80% de latencia, estuvieron siempre dentro de valores normales.

Cuadro 4:
**Concentración de O₃ en estaciones de Red
Nehueno – San Isidro.**

Estación	Año	Meses Medidos N°	Norma Primaria O ₃			
			Norma Horaria			Latencias N°
			Máximo 1hora ug/m ³	% Norma	Exedencias N°	
Bomberos	1999	11	126	79%	0	0
	2000	12	108	68%	0	0
	2001	12	117	73%	0	0
	2002	12	149	93%	0	5
	2003	12	141	88%	0	5
	2004	5	141	88%	0	1
San Pedro	1998	3	118	74%	0	0
	1999	12	124	77%	0	0
	2000	12	117	73%	0	0
	2001	12	81	51%	0	0
	2002	12	134	84%	0	1
	2003	12	155	97%	0	8
UCV	2004	5	142	89%	0	1
	1999	6	125	78%	0	0
	2000	2	98	61%	0	0
	2001	12	120	75%	0	0
	2002	12	145	91%	0	6
	2003	12	124	78%	0	0
Limite Máximo Permisible			160 ug/m ³ Hora			
Latencia 80% de Norma			128 ug/m ³			

El cuadro anterior muestra que el límite de latencia de 80% de la norma, fue sobrepasado en 7 oportunidades.

Impactos en salud debido a la contaminación atmosférica

A continuación se entregan algunos antecedentes relacionados con la cuantificación de los impactos en salud y los costos asociados a las concentraciones ambientales de los principales contaminantes criterio que han sido graficados anteriormente.

El año 2005 la Organización Panamericana de la Salud publicó el documento Evaluación de los efectos de la contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Dicha publicación presenta en lo medular una revisión de la evidencia científica que se ha producido en la región sobre los efectos de la exposición al material particulado.

La revisión consideró las publicaciones realizadas en la región entre los años 1994 y 2004. Se identificaron 85 trabajos, los cuales fueron realizados en Brasil, México, Chile, Perú, Cuba y Venezuela e involucraron a 25 ciudades. Los resultados más detallados por la publicación de OPS, fueron aquellos obtenidos de los 47 estudios de series temporales.

En términos generales, el análisis de los estudios sugiere que variaciones temporales en las concentraciones de material particulado contribuyen a la morbilidad y mortalidad adicionales. Un aumento de 10 µg/m³, en la concentración de Material Particulado en el ambiente se relacionó con el incremento de la mortalidad diaria por todas las causas, enfermedades respiratorias y enfermedad cardiovascular

Particularmente la publicación señala que de acuerdo a los estudios realizados en la región un aumento de 10 µg/m³, en la concentración ambiental de material particulado produce un aumento de 0.61% de muertes diarias para todas las causas. (95% IC: 0.16; 1.07). Este valor resulta concordante con los informados en otras regiones del mundo.

Cuadro 5:
**Aumento porcentual de muertes diarias según
la variación de concentración de material
particulado en el aire.**

Lugar	Cambio de % (IC)	Referencia
Todas las causas, todas las edades		
Asia	0.49 (0.23;0.76)	HEI, 2004
Europa	0.60 (0.40;0.80)	Katsouyanni, 2001
América Latina	0.61 (0.16;1.07)	PAHO
EE.UU.	0.21 (0.09;0.33)	Dominici, 2003
En todo el mundo	0.65 (0.51;0.76)	Stieb, 2002

Costo económico de la contaminación atmosférica

Finalmente, del estudio para la Estimación de los Beneficios Sociales de la Reducción de Emisiones y Concentraciones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana, elaborado en el 2001, para la reformulación del Plan, se estimó como beneficio social medio por cada unidad reducida en la concentración ambiental de material particulado MP-2.5 y Ozono O3, el siguiente:

Cuadro 6: Beneficio social medio por cada unidad reducida en la concentración ambiental de material particulado MP 2.5 y ozono

EFECTOS	M\$ por ug/m ³ anual de PM2.5			M\$ por ppb max 1 hr de O3		
	Valor Medio	90% CI		Valor Medio	90% CI	
Muertes (exp crónica)	49.252	(32.154	- 65.423)			
Muertes (exp aguda)	9.844	(5.905	- 13.740)	1.771	(590	- 2.949)
Bronquitis Crónica	1.625	(1.046	- 2.021)			
Días Perdida Trabajo	799	(706	- 891)			
Días de Actividad Restringida Menor	664	(407	- 936)	468	(221	- 738)
Admisiones Hospitalarias	85	(64	- 103)	104	(53	- 168)
Consultas y Visitas Emergencia	54	(25	- 82)	39	(26	- 54)
Ataques de Asma	20	(5,6	- 41)	13	(3,4	- 28)
Bronquitis Aguda	1	(0	- 2)			

1ppbv= 1.97µg/m³

Referencias

1. Pagina Web de la Internacional Energy Agency IEA www.iea.org
2. Departamentos de Acción Sanitaria de las Secretarías Regionales Ministeriales de Salud
3. Estimación de los Beneficios Sociales de la Reducción de Emisiones y Concentraciones de Contaminantes Atmosféricos en la Región Metropolitana, elaborado en el 2001, para la reformulación del Plan
4. Guías de Calidad del Aire 2005 WHO. www.who.org