

INFORME

“OBSERVATORIO MEDIO AMBIENTAL DOMICILIARIO 2011”

INFORME Nº: 923411

FECHA: 16-06-2011

“Asociación de Empresas Distribuidoras de Gas Natural”

“La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración, inspección técnica, estudio o peritaje especificado, acotando únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones, procesos o antecedentes analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por DICTUC ni reproducir total o parcialmente el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.”

INF-AES-014-11

1. Tipo Informe Informe Técnico	2. Cuerpo del Informe 13 hojas (incluye portada)
3. Título del Proyecto OBSERVATORIO MEDIO AMBIENTAL DOMICILIARIO 2011	4. Fecha Informe 19 de Abril de 2011
5. Autor (es) M.Sc. Fabián Hormazábal Pollicardo	6. Contrato Aceptación de Propuesta AES-P-104-10
7. Nombre y Dirección de la Organización Investigadora DICTUC S.A.; Pontificia Universidad Católica de Chile Vicuña Mackenna N° 4860, Casilla 306 – Correo 22, Macul – Santiago	8. Período de Investigación Del 03 de Enero al 15 de Abril de 2011
9. Antecedentes de la Institución Mandante Nombre: Asociación de Empresas Distribuidoras de Gas Natural Dirección: Isidora Goyenechea 3250, Oficina 802 RUT: 65.164.220-5 Teléfono: (56 2) 249 76 26	10. Contraparte Técnica Nombre: Carlos Cortés Cargo: Secretario Ejecutivo
11. Correlativo INF-AES-014-11	12. Antecedentes AES-P-104-10

Fabián Hormazábal Pollicardo
Sub Gerente Área Energía Sustentable

División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica

DICTUC S.A.

<p>“La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración, inspección técnica, estudio o peritaje especificado, acotando únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones, procesos o antecedentes analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por DICTUC ni reproducir total o parcialmente el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.”</p>	INF-AES-014-11
---	----------------

RESUMEN EJECUTIVO

Durante el año 2010, DICTUC realizó un estudio sobre la contaminación intradomiciliaria producida por diversos artefactos de calefacción que combustionan dentro del hogar, y que no tienen ducto de evacuación de gases. Como resultado se pudieron determinar las emisiones de CO, NO_x y SO₂ generadas por estufas nuevas, a gas y parafina. Como continuación de lo realizado en 2010, este año se ha llevado a cabo un segundo estudio, en el cual se ha considerado el análisis de artefactos nuevos y usados, a gas y parafina, además de incluir la medición de material particulado fino. Para esto se realizaron mediciones de laboratorio con el fin de cuantificar los niveles de contaminación generada por los distintos artefactos de calefacción utilizados en Chile, dentro de una cámara de pruebas con un nivel de ventilación conocido.

A partir de estas mediciones se estimó la concentración que se alcanzaría en una habitación de 50m³ (con un nivel de ventilación equivalente a 1 cambio por hora), y se comparan los resultados con valores de referencia. Finalmente se asigna un valor entre 0 y 10 para cada contaminante y se definen categorías dependiendo de los valores resultantes del OMAD de acuerdo a lo siguiente:

OMAD	Categoría
0	Óptimo
0 - 2	Regular
2 -10	Malo
> 10	Peligroso

A partir de los resultados obtenidos con el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- Todos los artefactos de calefacción a combustión, sin ducto de evacuación de gases al exterior, contaminan los ambientes interiores. Lo anterior no implica necesariamente que artefactos con ducto no generen contaminación interior.
- El brasero es el artefacto que genera las mayores emisiones de CO y SO₂; sin embargo, su utilización es menor comparada con los otros equipos.
- Entre los artefactos a gas y parafina más utilizados, las estufas con mecha son las que presentan las mayores emisiones de CO y PM fino.
- Las estufas a parafina, independiente de su tecnología, son las que generan las mayores emisiones de SO₂.
- Las estufas a parafina de nueva tecnología son las que presentan las mayores emisiones de NO_x.
- Independiente del combustible utilizado y de la tecnología del artefacto, existe una tendencia a que estufas usadas presenten mayores índices de emisión que artefactos nuevos.

Observatorio Medio Ambiental Domiciliario 2011**Contenido**

1. Introducción	5
2. Alcances	5
3. Contaminantes intradomiciliarios	6
3.1. Material Particulado	6
3.2. CO	7
3.3. SO ₂ y NO _x	7
3.4. Contaminación domiciliaria y ambiental externa	8
4. Metodología	8
4.1. Artefactos	8
4.2. Mediciones	9
4.3. Cálculo del indicador OMAD	10
5. Resultados y análisis	11
5.1. Medición de emisiones	11
5.2. Indicador OMAD	12
6. Conclusiones	13

Informe

“Observatorio Medio Ambiental Domiciliario 2011”

1. Introducción

Durante el año 2010, DICTUC realizó un estudio sobre la contaminación intradomiciliaria producida por diversos artefactos de calefacción que combustiónan dentro del hogar, y que no poseen un ducto de evacuación de gases. Como resultado se pudieron determinar las emisiones de CO, NO_x y SO₂ generadas por estufas nuevas, a gas y parafina. En este primer estudio no se incluyó la medición de material particulado, contaminante médicamente reconocido como causante de distintas enfermedades respiratorias, además de muertes en adultos mayores y niños.

Como continuación de lo realizado en 2010, este año se ha llevado a cabo un segundo estudio, en el cual se ha considerado el análisis de artefactos nuevos y usados, además de incluir la medición de material particulado fino. Para esto se realizaron mediciones de laboratorio con el fin de cuantificar los niveles de contaminación generada por los distintos artefactos de calefacción utilizados en Chile.

Antes de detallar la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el presente estudio, se hará un resumen de las principales características de los contaminantes medidos y sus efectos sobre la salud de las personas.

2. Alcances

Es importante mencionar que tanto en el estudio realizado en 2010 como el llevado a cabo en 2011, solo se han considerado artefactos a gas y parafina que descargan sus contaminantes al interior de las viviendas. En ambos estudios no se han analizados artefactos que, aun teniendo ducto de evacuación de gases, de igual forma podrían generar contaminación intradomiciliaria. En este sentido, por ejemplo, no se ha considerado que los artefactos con ducto de evacuación podrían generar contaminación intradomiciliaria al momento de abrir la cámara de combustión para suministrar el combustible (en el caso de la leña), o que los gases descargados al exterior podrían ingresar a las viviendas mediante infiltraciones de aire por puertas, ventanas o rendijas. Del mismo modo, tampoco son materia de este estudio los niveles de emisión al exterior de artefactos con chimenea, sean estos a gas, parafina o leña.

3. Contaminantes intradomiciliarios

El uso de cualquier tipo de combustible como energético para calefaccionar una vivienda no sólo produce la liberación del calor necesario para lograr confort térmico, sino que también la emisión de gases y partículas respirables. Entre los gases contaminantes producidos por artefactos de calefacción a gas o parafina se destacan el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO₂) y los óxidos de nitrógenos (NOx), mientras que entre las partículas respirables se encuentran las gruesas y las finas.

3.1. Material Particulado

El material particulado (PM) es una compleja mezcla de pequeñas partículas sólidas y líquidas, tales como ácidos, compuestos orgánicos, metales, polvo, entre muchos otros.

Los efectos de las partículas sobre la salud de las personas están directamente relacionados con el tamaño que éstas tengan. Partículas con un diámetro superior a 10 micrones se denominan “no respirables”, ya que no son capaces de entrar al sistema respiratorio humano. Por su parte, las partículas con un diámetro igual o inferior a 10 micrones se consideran “respirables”, pudiendo llegar hasta los alvéolos pulmonares y la sangre, si es que su diámetro es inferior a 2,5 micrones (material particulado fino). De esta forma, mientras menor sea el tamaño de las partículas mayor es el daño causado.

En la siguiente tabla se muestran los efectos sobre la salud de las personas, asociados a la exposición prolongada a material particulado fino.

Tabla 1
Efectos de la exposición a material particulado fino sobre la salud de las personas (fuente: EPA)

Efectos con suficiente evidencia	Efectos sin suficiente evidencia
Mortalidad en adultos mayores	Inducción de asma
Mortalidad infantil	Efectos de desarrollo fetales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratoria
Bronquitis crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales
Visitas a salas de urgencia	Desórdenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral y escolar	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
Irritación de ojos	Arritmia cardiovascular

3.2. CO

El CO es un gas incoloro, inodoro e insípido, cuyo principal efecto sobre las personas es la disminución de la capacidad de oxigenación a nivel pulmonar y celular. Este gas, en elevadas concentraciones, puede causar vómitos, intoxicaciones e incluso la muerte. En la **Figura 1** se muestran los efectos del CO sobre las personas.

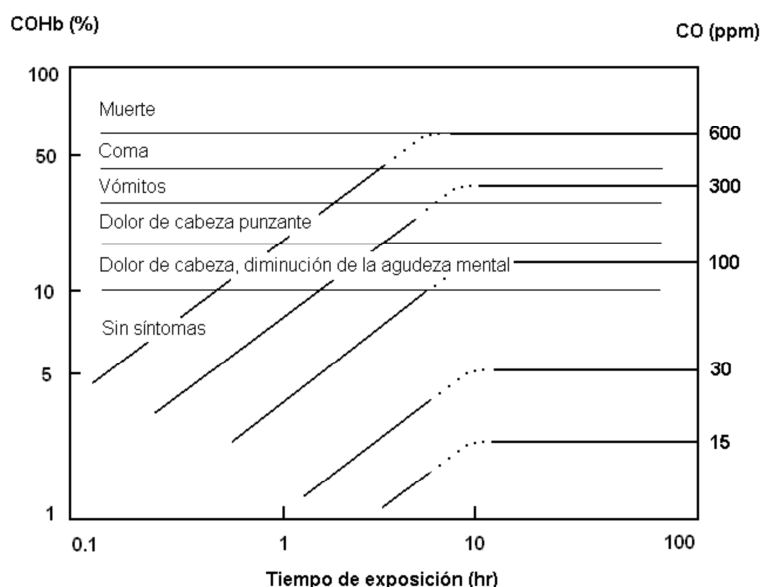


Figura 1
Efectos del CO sobre la salud de las personas

En la figura anterior se puede ver que a mayor concentración de CO o a mayor tiempo de exposición a este gas, peores son las consecuencias. Así por ejemplo, la exposición a 100ppm de CO causa problemas sólo después de 10 horas, aproximadamente. Sin embargo, si la concentración es 600ppm, al cabo de 1 hora ya se presentan dolores de cabeza, pudiendo incluso producirse la muerte si la exposición se extiende por 10 horas.

3.3. SO₂ y NO_x

El SO₂ y el NO_x son gases que irritan las vías respiratorias, reducen la función pulmonar y aumentan la vulnerabilidad de las personas a adquirir enfermedades como resfríos o problemas broncopulmonares. Si bien en altas concentraciones estos gases no causan una muerte rápida como el CO, la exposición por tiempos prolongados puede generar complicaciones respiratorias severas en las personas, especialmente si se trata de niños o ancianos. La exposición a elevadas concentraciones de NO_x puede producir accidentes cardiovasculares e infartos agudos al miocardio en adultos.

3.4. Contaminación domiciliaria y ambiental externa

Pese a las consecuencias que puede tener en la salud de la población, en Chile la contaminación intradomiciliaria no tiene regulación, esto es, no existen límites a las emisiones presentes dentro de los hogares, como sí la hay para el caso de la contaminación ambiental externa. Para esta última existen planes de prevención y descontaminación, en los cuales se limitan las concentraciones ambientales de los contaminantes más importantes.

Durante los días más fríos del invierno se presentan los períodos más críticos de contaminación ambiental. Sin embargo, durante estos días también se utilizan por varias horas los artefactos de calefacción doméstica. Más aún, en días de alerta o preemergencia ambiental se recomienda no salir de las casas, sin considerar que dentro de los propios hogares pueden existir concentraciones elevadas de contaminantes debido al uso de estufas sin ductos de evacuación de gases al exterior, concentraciones que incluso pueden resultar más riesgosas que las que existen a nivel externo.

Surge así la necesidad de contar, por un lado, con mediciones que den cuenta de los niveles de contaminación presentes al interior de los hogares y, por otro lado, con estudios que entreguen recomendaciones a los usuarios para minimizar los riesgos de exponerse a niveles peligrosos de contaminantes en ambientes cerrados.

4. Metodología

Para realizar el presente estudio se contemplaron los siguientes aspectos:

4.1. Artefactos

En Chile existe una gran variedad de artefactos y sistemas de calefacción, los cuales se pueden agrupar según se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Clasificación de Artefactos o Sistemas de Calefacción Domésticos

Tipo	Combustión interior	Descarga contaminantes al interior del hogar
Calefacción central	No	No
Eléctrica	No	No
Estufas fijas con ducto de evacuación	Si	No(*)
Estufas fijas sin ducto de evacuación	Si	Si
Estufas móviles a gas o parafina	Si	Si
Braseros	Si	Si

(*) Pese a no tener descarga interior, su emisiones eventualmente podrían generar contaminación intradomiciliaria. Lo anterior no fue cuantificado en este estudio.

En este estudio se consideraron mediciones de artefactos que combustionan dentro del hogar, sin poseer ducto de evacuación de contaminantes al exterior. No es alcance de este estudio determinar los efectos de otros sistemas de calefacción sobre la contaminación intradomiciliaria según lo mencionado en el punto 1.

En particular, los tipos de artefactos medidos fueron los siguientes:

- Estufa convectiva a gas natural, nueva y usada
- Estufa convectiva a gas licuado, nueva y usada
- Estufa radiante a gas natural, nueva y usada
- Estufa radiante a gas licuado, nueva y usada
- Estufa tradicional a parafina, nueva y usada
- Estufa moderna a parafina sin mecha, nueva y usada
- Estufa moderna a parafina con mecha, nueva y usada
- Brasero a carbón

4.2. Mediciones

Las mediciones de los artefactos se realizaron en una cámara de ensayos de 19,8m³ con nivel de ventilación de 2,3 cambios por hora. Los parámetros medidos fueron las concentraciones de CO, SO₂, NO_x y PM fino registrados al interior de la cámara mientras los artefactos se encontraban en operación a potencia máxima. Para medir la concentración de los respectivos contaminantes se utilizó un analizador de gases y un equipo para monitoreo de material particulado.

4.3. Cálculo del indicador OMAD

El indicador OMAD —Observatorio Medio Ambiental Domiciliario— se calcula a partir de las mediciones de laboratorio, considerando lo siguiente:

- Concentraciones medidas en la cámara de pruebas para un nivel de ventilación dado.
- A partir de lo anterior se estima la concentración que se alcanzaría en una habitación de 50m^3 , con un nivel de ventilación equivalente a 1 cambio por hora.
- Para el caso de los gases, se compara la concentración anterior con la recomendada en el Decreto Supremo N°594/1999, del Ministerio de Salud, que “Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”, y se asigna un valor entre 0 y 10 para cada contaminante.
- Para el caso del PM fino, se compara la concentración con un valor de referencia de 10 ug/m^3 y se asigna un valor entre 0 y 10.
- Se definen categorías, dependiendo de los valores resultantes del OMAD según lo siguiente:

Tabla 3
Categorías OMAD

OMAD	Categoría
0	Óptimo
0 - 2	Regular
2 -10	Malo
> 10	Peligroso

Cabe enfatizar que en Chile no existe normativa para la concentración de contaminantes intradomiciliarios, sólo existen valores de referencia o recomendados.

5. Resultados y análisis

5.1. Medición de emisiones

En la **Tabla 4** se pueden observar los resultados de la medición de emisiones de CO, SO₂ y NO_x dentro de la cámara de ensayos para cada tipo de artefacto. Para el caso del MP, se presenta el aumento de MP fino al utilizar cada artefacto dentro de la cámara. Lo anterior se presenta de esa forma, debido que el ambiente suele contener una cantidad no despreciable de PM fino, aun cuando no existan artefactos a combustión. Además, se muestra una estimación de la concentración que se generaría de cada contaminante en un espacio de 50m³, con 1 cambio por hora de ventilación.

Tabla 4
Mediciones directas con ventilación controlada y estimación de concentraciones para un espacio de 50m³ y 1 cambio por hora de ventilación (cph)

Tipo	CO ppm		SO ₂ ppm		NO _x ppm		PM fino ug/m ³	
	Med. 19,8m ³ 2,3 cph	Est. 50m ³ 1 cph	Med. 19,8m ³ 2,3 cph	Est. 50m ³ 1 cph	Med. 19,8m ³ 2,3 cph	Est. 50m ³ 1 cph	Med. 19,8m ³ 2,3 cph	Est. 50m ³ 1 cph
GN Convectiva Nueva	4,60	4,19	0,010	0,009	1,40	1,28	0,45	0,41
GN Convectiva Usada	1,80	1,64	0,000	0,000	1,50	1,37	1,74	1,58
GN Radiante Nueva	5,60	5,10	0,020	0,018	0,70	0,64	1,08	0,99
GN Radiante Usada	3,40	3,10	0,010	0,009	0,28	0,26	1,31	1,19
GLP Convectiva Nueva	1,20	1,09	0,020	0,018	1,50	1,37	0,43	0,39
GLP Convectiva Usada	1,30	1,18	0,000	0,000	1,70	1,55	2,04	1,86
GLP Radiante Nueva	5,50	5,01	0,000	0,000	0,70	0,64	1,29	1,17
GLP Radiante Usada	5,60	5,10	0,010	0,009	0,90	0,82	1,30	1,18
Parafina Tradicional Nueva	9,90	9,02	0,600	0,546	0,70	0,64	2,50	2,28
Parafina Tradicional Usada	14,0	12,7	0,700	0,638	0,50	0,46	3,96	3,61
Parafina Moderna Sin Mecha Nueva	1,00	0,91	0,600	0,546	2,00	1,82	1,27	1,16
Parafina Moderna Sin Mecha Usada	1,40	1,28	0,600	0,546	2,00	1,82	2,18	1,99
Parafina Moderna Con Mecha Nueva	7,40	6,74	0,650	0,592	2,10	1,91	2,35	2,14
Parafina Moderna Con Mecha Usada	9,40	8,56	0,750	0,683	2,00	1,82	3,42	3,11
Carbón Brasero	320	291	3,260	2,969	0,20	0,18	1,41	1,29

5.2. Indicador OMAD

A partir de los resultados estimados de la **Tabla 4** se calcula el indicador OMAD para cada contaminante y para cada tipo de artefacto, teniendo en consideración los valores de referencia:

$$OMAD = \frac{\text{Valor estimado}}{\text{Valor límite}} \times 10$$

Los valores límites de referencia corresponden a 40ppm para el CO; 1,6ppm para el SO₂, 2,4ppm para el NOx y 10ug/m³ para el PM fino.

De esta manera resultan los indicadores presentados en la **Tabla 5**.

Tabla 5
Indicador OMAD para cada tipo de artefacto

Tipo	OMAD			
	CO	SO ₂	NOx	PM
GN Convectiva Nueva	1,0	0,1	5,3	0,4
GN Convectiva Usada	0,4	0,0	5,7	1,6
GN Radiante Nueva	1,3	0,1	2,7	1,0
GN Radiante Usada	0,8	0,1	1,1	1,2
GLP Convectiva Nueva	0,3	0,1	5,7	0,4
GLP Convectiva Usada	0,3	0,0	6,5	1,9
GLP Radiante Nueva	1,3	0,0	2,7	1,2
GLP Radiante Usada	1,3	0,1	3,4	1,2
Parafina Tradicional Nueva	2,3	3,4	2,7	2,3
Parafina Tradicional Usada	3,2	4,0	1,9	3,6
Parafina Moderna Sin Mecha Nueva	0,2	3,4	7,6	1,2
Parafina Moderna Sin Mecha Usada	0,3	3,4	7,6	2,0
Parafina Moderna Con Mecha Nueva	1,7	3,7	8,0	2,1
Parafina Moderna Con Mecha Usada	2,1	4,3	7,6	3,1
Carbón Brasero	72,9	18,6	0,8	1,3

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos con el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- Todos los artefactos de calefacción a combustión, sin ducto de evacuación de gases al exterior, contaminan el aire interior. Lo anterior, no implica, necesariamente, que artefactos con ductos no generen contaminación intradomiciliaria ni tampoco que estos últimos no emitan contaminación importante al exterior.
- El brasero es el artefacto que genera las mayores emisiones de CO y SO₂, sin embargo su utilización es menor comparada con los otros equipos.
- Entre los artefactos más utilizados, las estufas con mecha a parafina son la que presentan las mayores emisiones de CO y PM fino.
- Las estufas a parafina, independiente de su tecnología, son las que generan las mayores emisiones de SO₂.
- Las estufas a parafina de nueva tecnología son las que presentan las mayores emisiones de NO_x.
- Independiente del combustible utilizado y de la tecnología del artefacto, existe una tendencia a que estufas usadas presenten mayores índices de emisión que artefactos nuevos.