

Riesgos ambientales y de seguridad en calderas a carbón de las pequeñas y medianas empresas «PYME», ubicadas en el municipio de Itagüí, Antioquia

Safety and environmental risks of coal fired boilers in small and medium-sized enterprises «SMEs», located in Itagüí town, Antioquia

Dubán A. Toro-Cataño, Jairo Ramírez-García y Diego L. Sepúlveda-Mejía

Recibido 12 julio 2016 / Enviado para modificación 7 marzo 2017 / Aceptado 2 junio 2017

RESUMEN

Objetivo Caracterizar los riesgos ambientales y de seguridad presentes en calderas con combustible de carbón de las pequeñas y medianas empresas, ubicadas en el municipio de Itagüí.

Método Estudio descriptivo transversal: Se seleccionó una muestra a conveniencia de ocho calderas y sus operadores. La caracterización de las calderas se realizó por medio de la aplicación de cuatro instrumentos para evaluar y valorar los riesgos de seguridad, el nivel de seguridad, los riesgos ambientales y los impactos ambientales.

Resultados El resultado del riesgo de seguridad mostró que el 62 % de las calderas presentó un nivel de riesgo no aceptable. El resultado del nivel de seguridad presentó que el 62 % de las calderas obtuvieron una valoración deficiente. El resultado del riesgo ambiental indicó que el 100 % de las calderas presentó un nivel de riesgo alto de afectación al entorno ambiental y un nivel de riesgo medio de afectación a los operadores. Con respecto a la valoración del impacto ambiental se observó que el 100 % de las calderas en estudio presentaban afectación de significancia alta sobre el componente aire, y afectación de significancia media sobre los componentes agua y suelo.

Conclusiones Debido al bajo nivel de seguridad y al alto nivel de riesgo ambiental encontrado en las calderas estudiadas, las PYME deben conocer los riesgos existentes con el fin de disminuir la prevalencia de afectación de la salud de los calderistas e impactos al medio ambiente. Así mismo, implementar medidas de gestión encaminadas a la prevención y control de los riesgos caracterizados.

Palabras Clave: Presión de vapor, seguridad de equipos, riesgos laborales, exposición a riesgos ambientales, factores de riesgo (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective To describe the environmental and safety risks present in coal fired boilers in small and medium-sized enterprises, located in Itagüí town.

Method Cross sectional descriptive study: An appropriate sample of 8 boilers with its corresponding operators was selected. The description of the boilers was carried out through the implementation of four instruments to evaluate and assess security risks; its level of safety, the environmental risks and the environmental impacts.

Results The security risk outcome showed that 62 % of the boilers presented an unacceptable level of risk. The safety level outcome showed that 62 % of boilers obtained a poor rating. The environmental risk outcome indicated that 100 % of the boilers had a high level of environmental impact and a medium level of impact for operators. Regarding the environmental impact assessment, 100 % of the boilers under study showed a high level of impact on the air component and medium level of impact on water and soil components.

DT: Administrador en Salud. Énfasis en Gestión Sanitaria y Ambiental, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

d_tr_2358@hotmail.com

JR: Ing. Químico. M. Sc. Salud Ocupacional e Ingeniería Ambiental. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, Colombia.

jairoamirez@elpoli.edu.co

DS: Ing. Instrumentación y Control. M. Sc. Salud Ocupacional. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, Colombia.
dsepulveda@elpoli.edu.co

Conclusions Due to the low level of safety and the high level of environmental risk found in the boilers under study; SMEs should be aware of the current risks in order to reduce the exposure of the operators to health danger and the environmental impacts as well. Moreover, it is needed to implement management measures aimed to prevent and control the risks described.

Key Words: Vapor pressure, equipment safety, occupational risks, exposure to environmental risk, risk factors (source: MeSH, NLM).

En Colombia, el sector de pequeñas y medianas empresas «PYME», presenta un acceso restringido a la tecnología y prima la utilización de máquinas y equipos de tecnologías atrasadas (1). De acuerdo con lo anterior, en el contexto empresarial es frecuente encontrar que en las PYME manufactureras y de servicios, sus procesos productivos utilicen transferencia de calor. Se emplean calderas como equipos indispensables para la generación de vapor. Según la Asociación Colombiana de Ingenieros «Aciem», el país cuenta con aproximadamente 15 000 calderas instaladas, las cuales no tienen una intervención clara del estado en que operan (2).

Además, en el país el sector de las PYME cuenta con un recurso humano semicalificado y no calificado que en mayor probabilidad es la causa de riesgos y accidentes (1), al presentar los niveles más altos de siniestralidad y una baja cultura en la planificación y aplicación de un conjunto de acciones preventivas necesarias para abordar la problemática (3).

En Colombia y particularmente en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá «AMVA» (4), no se tiene conocimiento de la existencia de estudios asociados a la gestión integral de calderas, en los que se pretenda identificar tanto las características de los riesgos de seguridad a los que están expuestos los trabajadores de dichos equipos, como el estado de operación, mantenimiento y sus condiciones de seguridad.

De igual forma, no se cuenta con estudios relacionados con la identificación y caracterización de los riesgos e impactos ambientales que pueden ocasionar las calderas y que pueden afectar la salud de los trabajadores, como también al recurso agua y al recurso suelo, dado que los estudios existentes (4), se centran en la verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión al aire que, por normatividad vigente, las fuentes fijas deben cumplir.

Adicionalmente, no se tiene información sobre estudios que valoren los niveles de riesgo existentes en los equipos de generación de vapor, de acuerdo con la probabilidad de incidentes, accidentes y consecuencias que se puedan presentar. Igualmente se carece de una verificación de las

medidas de prevención y control que deben conocer y aplicar las personas que tienen bajo su responsabilidad la operación y mantenimiento, para garantizar unas adecuadas condiciones de seguridad, salud laboral y minimización de los efectos contaminantes al medio ambiente.

METODOLOGÍA

Estudio descriptivo transversal, abordado desde una perspectiva observacional con la aplicación de algunos parámetros estadísticos, los cuales permitieron determinar y caracterizar de forma particular los riesgos, causas y efectos existentes, generados por la operación y mantenimiento de las calderas con combustible de carbón, que pueden afectar la salud de los trabajadores, la seguridad de los equipos y el recurso ambiente.

Para la selección del tamaño muestral se realizó la revisión de la base de datos del sector empresarial del municipio de Itagüí de empresas que utilizaban calderas a carbón. Se encontraron 20 empresas Pyme que cumplieran con las condiciones del estudio de utilizar calderas con combustible de carbón. Se remitió a cada empresa una invitación para participar en el estudio. Solo respondieron ocho empresas, debido a que el criterio de selección se obtuvo según la disponibilidad y posibilidad de la empresa de participar en el estudio.

La recolección de la información se obtuvo mediante el diligenciamiento de cuatro instrumentos: el primero se usó para identificar los peligros y evaluar los riesgos de seguridad y tecnológicos de las calderas, al igual que las condiciones laborales de los operadores y jefes de mantenimiento (basado en la Guía para la identificación de los peligros y valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, GTC 45 (5); el segundo para identificar y evaluar los factores de riesgo ambiental, tanto del recurso ambiente como del área de trabajo (basado en la norma UNE 150008:2008 (6); el tercero para valorar los riesgos de seguridad existentes (elaborado por Sepúlveda y Ramírez, 2010)(*); y el cuarto para identificar los aspectos y evaluar los impactos ambientales generados por la operación de las calderas (basado en la Metodología de Conesa, 2010 (7).

(*) Sepúlveda D, Ramírez J. [Determinación de las condiciones de seguridad de las calderas a vapor de las empresas afiliadas a Positiva compañía de seguros / ARP, sucursal Antioquia] Trabajo de grado Maestría en Salud Ocupacional [2009]. Se localiza en: Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública, Medellín.

Para el estudio, la verificación del diligenciamiento de los instrumentos de recolección de información se realizó por medio de una prueba piloto que se aplicó en una empresa que cumplía los criterios de inclusión, con el fin de validar la calidad de la información y verificar que las variables, métodos, técnicas e instrumentos de recolección de información fueran apropiados, coherentes y entendibles.

De acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud (8), que determina las disposiciones para la investigación en salud, el estudio se catalogó con riesgo mínimo, dado que los instrumentos utilizados durante la investigación fueron autorizados por el Comité de Ética de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia. Además, la participación de las empresas y de los trabajadores fue voluntaria, al garantizar la confidencialidad por medio del consentimiento informado en el que la información registrada y los resultados obtenidos serían utilizados únicamente con fines de investigación.

RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados, inicialmente se realiza un análisis del tipo de empresa y el tipo de caldera utilizada, posteriormente se hace un análisis del nivel de riesgo ambiental y de seguridad, así como la valoración del nivel de seguridad e impacto ambiental generado por la operación de calderas de carbón.

Relación de la clasificación del tipo de empresa con el tipo de caldera utilizada

Según la clasificación por tamaño de empresa y el tipo de caldera utilizada para la generación de vapor, se evidenció que las calderas pirotubulares son las más utilizadas en las medianas empresas (37 %) y en pequeñas empresas (25 %), mientras que las calderas de tipo combinada (Pirotubular-acuotubular) se utilizaban en pequeñas empresas (25 %); no obstante, las calderas de tipo acuotubular eran utilizadas sólo en el 12,5 % de las medianas empresas (Tabla 1).

Tabla 1. Relación del tipo de caldera y sus características, según clasificación por tamaño empresarial de las empresas Pyme participantes en el estudio

Empresa	Tamaño empresa	Tipo de caldera	Potencia (BHP)	Alimentación combustible
1	Mediana	Pirotubular	200	Manual
2	Pequeña	Combinada	200	Automática
3	Mediana	Pirotubular	150	Automática
4	Mediana	Pirotubular	200	Automática
5	Pequeña	Combinada	150	Automática
6	Pequeña	Pirotubular	100	Manual
7	Mediana	Acuotubular	300	Automática
8	Pequeña	Pirotubular	200	Automática

Riesgos de seguridad y tecnológicos presentes en las calderas objeto de estudio

Según el proceso de puesta en funcionamiento de las calderas, la preparación y aplicación de tratamiento químico al agua de alimentación, el 100 % de las calderas se encuentran expuestas a un nivel de riesgo poco aceptable, dado que los parámetros fisicoquímicos del agua de la caldera no eran los adecuados para garantizar una óptima generación de vapor. De igual manera, se observó que los operadores están expuestos a un nivel de riesgo poco aceptable, ante el contacto con sustancias causticas y/o corrosivas (Tabla 2).

Entre tanto, en el proceso de operación y vigilancia de la caldera, la actividad de producción de vapor presentó en el 100 % de los equipos y operadores una exposición a un riesgo no aceptable por la alta probabilidad de fallos, incidentes y accidentes, causados por una inadecuada vigilancia durante la operación y funcionamiento de la caldera (Tabla 2).

De igual forma para la realización de la purga de la caldera, se encontró que los operadores realizan su operación y mantenimiento de forma insegura, exponiéndose a un nivel de riesgo poco aceptable, debido a que únicamente el 25 % de los operadores se encontraban capacitados y cuentan con un protocolo de prevención de emergencias en el sitio de trabajo (Tabla 2).

No obstante, el proceso de realización de inspección y mantenimiento de la caldera, presentó que únicamente el 38% de los operadores se encuentran debidamente capacitados. Los operadores realizaban el registro de las inspecciones e incidentes, y contaban con un protocolo de prevención de emergencias al alcance; sin embargo, se encontró que las calderas estaban expuestas a un nivel de riesgo poco aceptable debido a que presentaban falta periódica de inspecciones de la resistencia del material, realización de pruebas de funcionamiento y calibraciones de dispositivos de control y seguridad, además de falta de protocolos de mantenimiento preventivo, de prevención de emergencias y seguridad durante la realización de la inspección y mantenimiento. Por tanto, se podrían presentar emergencias por explosión, pues dichas calderas no cuentan con las medidas de prevención y control apropiadas, al presentar un nivel de riesgo no aceptable (Tabla 2).

Riesgos ambientales presentes en las calderas objeto de estudio

En el proceso de operación y vigilancia de las calderas, para la actividad de suministro de carbón, se observó que el 100 % presentó una estimación de riesgo alto de afectación ambiental del recurso aire por la calidad de carbón utiliza-

Tabla 2. Valoración de la aceptabilidad de los factores de riesgo de seguridad y tecnológicos asociados a la caldera y condiciones laborales de los operadores, en los procesos de: puesta en funcionamiento, operación y mantenimiento de las calderas objeto de estudio

Proceso	Actividad	Factor de riesgo	Aceptabilidad del riesgo	Empresas (%)
Puesta en funcionamiento	Preparación y dosificación de químicos	Contacto con superficies calientes	Poco aceptable	100
		Incorrecta preparación y dosificación de químicos	Poco aceptable	100
		Falta de capacitación y protocolos de emergencia	Poco aceptable	100
Producción de vapor		Fugas en los tubos de conducción de vapor	Poco aceptable	100
		Fallo válvulas de seguridad	Poco aceptable	100
		Fallo control de nivel de agua	Poco aceptable	100
		Falta de capacitación y protocolos de emergencia	No aceptable	62
Purga de la caldera		Incorrecta operación y mantenimiento	Poco aceptable	100
		Falta de capacitación y protocolos de emergencia	No aceptable	75
Operación y vigilancia	Falta de vigilancia de aparatos de control y seguridad	Falta de registro de operación e incidentes	No aceptable	62
		Incendio	No aceptable	37
		Explosión	No aceptable	100
	Vigilancia funcionamiento	Falta vigilancia operación de la caldera	Poco aceptable	100
		Falta de capacitación y protocolos de emergencia	No aceptable	100
		Falta de registro de inspecciones, mantenimientos e incidentes	No aceptable	62
		Exceso de presión	Poco aceptable	100
Inspección y mantenimiento	Inspección y mantenimiento	Falta de resistencia de material	Poco aceptable	100
		Explosión	No aceptable	87
		Falta manual y protocolo de inspección, mantenimiento y emergencias	No aceptable	62

do para la combustión, mientras que el 62 % presentó una estimación de riesgo medio de afectación por exposición a contaminantes químicos en el área de trabajo de los operadores de dichos equipos. De igual forma, en la actividad de suministro de carbón se evidenció que más del 50 % de las calderas evaluadas presentaron una estimación de riesgo medio por fallos e incidentes del sistema de emisión de gases de combustión que afectan al recurso aire, al indicar que las condiciones de prevención y controles existentes en estos equipos no son adecuadas (Tabla 3).

En cuanto a la producción de vapor, se observó que los operadores de las calderas se encontraban ante un riesgo medio de afectación por el nivel ruido generado durante la operación de la caldera y equipos auxiliares. Por otra parte, se evidenció que los calderistas, así como los recursos aire, agua y suelo, se encontraban expuestos a un riesgo medio de afectación por fallos, incidentes y accidentes durante el proceso de producción de vapor.

De la actividad de purga de la caldera, se encontró que el 75 % no presentaban un protocolo de prevención de emergencias ante una fuga, derrame o vertido de aguas con cargas contaminantes, al presentar un riesgo alto de afectación al recurso agua y suelo. Por el contrario, los operadores se encontraban expuestos a un riesgo medio de afectación por fuga, derrame o vertido durante la acción de purgar la caldera (Tabla 3).

Durante la realización del proceso de inspección y mantenimiento de las calderas, se evidenció una exposición a riesgo alto de afectación por fugas, derrames y vertimiento de agua con cargas contaminantes, y una exposición de riesgo medio por fallos, incidentes y accidentes de los procesos y sistemas de control y de seguridad en el recurso agua y suelo; no obstante, se observó que el 62 % de los operadores se encontraban expuestos a un riesgo medio de accidentes por derrames y vertidos de cargas contaminantes. Adicionalmente, en igual porcentaje, los operadores se encontraban expuestos a fallos, incidentes y accidentes durante la realización de dichos procesos (Tabla 3).

Nivel de seguridad existente en las calderas en estudio

Con respecto a las condiciones locativas del área de trabajo, el 62,5 % de las calderas presentaron un nivel de seguridad deficiente, al no cumplir con los requisitos mínimos que el espacio de trabajo debe cumplir para garantizar las condiciones de seguridad de los procesos y actividades (Figura 1).

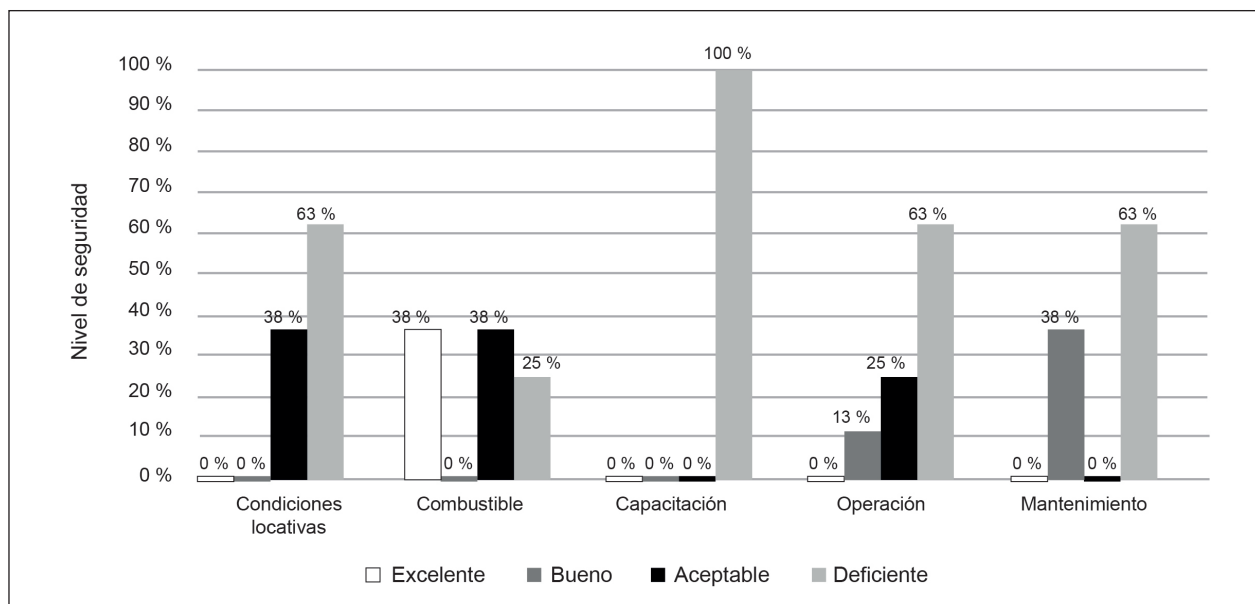
En cuanto a las condiciones de manejo y uso del combustible, el 25,0 % de las calderas presentaron un nivel de seguridad deficiente, al no cumplir con los requisitos de seguridad de las herramientas y equipos (Figura 1).

En cuanto a la capacitación recibida por los operadores de la caldera por parte de la empresa, se puede decir que

Tabla 3. Valoración de los factores de riesgo ambiental asociados al entorno medio ambiental y al entorno del espacio de trabajo, en los procesos de operación y mantenimiento de las calderas objeto de estudio

Proceso	Actividad	Factor de riesgo	Exposición potencial a	Aceptabilidad de riesgo entorno medio ambiental	Empresas (%)	Aceptabilidad de riesgo entorno del espacio de trabajo	Empresas (%)
Operación y vigilancia	Suministro de carbón	Calidad del carbón	Aire	Alto	100	Medio	62
		Liberación de material particulado y gases del sistema de control de emisiones	Aire	Medio	50	Medio	50
		Liberación de material particulado y gases por fallo del tiro inducido y/o tiro forzado	Aire	Medio	50	Medio	50
		Fuga por fallo en los procesos y en el sistema de seguridad	Aire	Medio	62	Medio	62
	Producción de vapor	Ruido interno	Aire	Medio	100	Medio	100
		Explosión	Aire y Agua	Medio	62	Medio	62
		Fuga, derrame y/o vertido por fallo en los procesos y sistemas de seguridad	Agua y Suelo	Medio	50	Medio	50
Purga de la caldera	Derrame y/o vertido de aguas alcalinas con cargas contaminantes, químicos y fosfatos sin tratar	Agua y Suelo	Alto	75	Medio	100	
	Derrame y/o vertido por fallo en los procesos y en los sistemas de seguridad	Agua y Suelo	Medio	62	Medio	62	
Inspección y mantenimiento	Inspección y mantenimiento	Vertido y/o derrame de aguas alcalinas con cargas contaminantes químicos y fosfatos	Agua y Suelo	Alto	100	Medio	37
		Explosión	Agua y Suelo	Medio	62	Medio	62
		Fuga, derrame y/o vertido por fallos en los procesos y sistemas de seguridad	Agua y suelo	Medio	62	Medio	62

Figura 1. Distribución porcentual del nivel de seguridad de los criterios evaluados de las condiciones: locativas (lugar de trabajo), combustible, capacitación del operador, operación y mantenimiento de las calderas en estudio



el total de los operadores no ha recibido capacitación periódica para desempeñar las labores de operación y control de la caldera de forma más segura (Figura 1).

De acuerdo con las condiciones de operación de la caldera, se observó que el 62,5 % presentaron un nivel de seguridad deficiente, al no contar con un protocolo o instructivo establecido de operación de la caldera, no tener un protocolo de prevención de emergencias, ni realizar el registro y documentación de las condiciones de operación y de los incidentes operacionales (Figura 1).

Por último, con relación a las condiciones de mantenimiento de la caldera, se encontró que el 62,5 % de las empresas presentaron un nivel de seguridad deficiente, al no contar con un protocolo o instructivo establecido de mantenimiento preventivo, de seguridad, de prevención de emergencias y contingencias, además del registro y

documentación de las condiciones de mantenimiento y los incidentes ocurridos durante su operación (Figura 1).

Impactos ambientales generados por las calderas objeto de estudio

El proceso de puesta en funcionamiento de las calderas determinó que el 100 % presentaban en los aspectos ambientales evaluados una estimación de impacto ambiental moderado en los recursos agua y suelo respectivamente, si bien producen vertimientos de contaminantes químicos y residuos especiales su incidencia no afecta de manera severa la calidad del agua y suelo (Tabla 4).

Por su parte en el proceso de operación y vigilancia de la caldera, se evidenció que en la actividad de alimentación de carbón el 87 % de las calderas se utilizaba un carbón de baja calidad, que al analizar los resultados

Tabla 4. Valoración de los impactos ambientales asociados a los factores de riesgo ambiental en los procesos de: puesta en funcionamiento, operación y mantenimiento de las calderas objeto de estudio

Proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental potencial	Exposición potencial a	Estimación impacto ambiental	Empresas (%)
Puesta en funcionamiento	Preparación y dosificación de productos químicos de tratamiento de agua	Generación de vertimiento ocasionados por derrame de productos químicos	Contaminación del agua	Agua	Moderado	100
		Generación de residuos peligrosos por recipientes y empaques de tratamiento químico	Aumento de la cantidad de residuos peligrosos a manejar	Suelo	Moderado	100
		Consumo de carbón	Aumento de la demanda de los recursos naturales	Aire	Severo	87
Operación y vigilancia	Suministro de carbón a la caldera		Contaminación del aire por emisiones de material particulado	Aire	Moderado	100
		Generación de emisiones de partículas y contaminantes atmosféricos por gases de combustión	Contaminación del aire por emisiones de gases NO _x y SO _x	Aire	Moderado	100
			Contaminación del aire por emisiones de gases CO y CO ₂	Aire	Moderado	100
	Purga de la caldera	Generación de vertimiento de aguas alcalinas con cargas contaminantes químicos y fosfatos sin tratar	Aumento deterioro de la calidad del agua	Agua	Moderado	100
		Generación de residuos especiales por lodos de la purga	Aumento de la cantidad de residuos especiales a manejar	Suelo	Moderado	100
Inspección y mantenimiento	Retiro de hollín, cenizas y escoria de la caldera y sistema de control de emisiones	Generación de vertimiento por incorrecto almacenamiento y/o disposición de hollín, cenizas y escoria	Contaminación del agua	Agua	Moderado	100
		Generación de residuo no peligroso: hollín, ceniza y escoria	Afectación del suelo por disposición final	Suelo	Moderado	100
	Mantenimiento general	Generación de vertimiento y/o filtraciones por derrame de sustancias químicas	Contaminación del agua	Agua	Moderado	62
		Generación de residuos peligrosos por recipientes y empaques de aceite, para lubricado y usado	Contaminación del suelo	Suelo	Moderado	50

granulométricos del carbón utilizado y el análisis de los gases de combustión, presentaron una valoración de impacto severo. Sin embargo, del análisis de la generación de emisiones: CO₂, NO_x, SO_x y material particulado (cenizas) por el uso de dicho combustible, se determinó que el 100 % de las calderas presentaban una valoración de impacto moderado sobre el recurso aire, dado que en sus instalaciones se tiene un sistema de control de los gases contaminantes, aun así, se encontró la falta de un plan de contingencia en caso de falla del sistema de control de emisiones atmosféricas.

En cuanto a la actividad de purga de la caldera, según los análisis fisicoquímicos, se determinó que el 100 % de las calderas presentaban una valoración de impacto moderado sobre el recurso agua y suelo, dado que las cantidades de vertimiento de aguas residuales con contaminantes químicos y la generación de lodos se desarrolla en diferentes momentos y no es continua, lo que su incidencia no cambia las condiciones de calidad de estos recursos (Tabla 4).

El proceso de mantenimiento de las calderas, presentó que la actividad generación de vertimientos ocasionado por aguas con hollín, ceniza y escoria en el 100 % de las calderas, un impacto moderado sobre el recurso agua y suelo, además la actividad vertimiento de aguas con sustancias contaminantes presentó en el 62 % de las calderas un impacto moderado sobre los recursos agua y suelo respectivamente, dado que las cantidades de vertimiento se realizan de acuerdo al desarrollo de la actividad de mantenimiento, y su frecuencia no afecta las condiciones de calidad de este recurso. Mientras que la generación de residuos no peligrosos (hollín, ceniza y escoria) en el 100 % de las calderas y la generación de residuos peligrosos (recipientes y empaques, residuos líquidos de aceite) en el 50 % de las calderas presentaron un impacto moderado sobre el recurso agua y suelo respectivamente, dado que cantidades obtenidas de dichos residuos se producen al realizar la actividad de mantenimiento del equipo de manera esporádica, donde generalmente dicha afectación se puede presentar por la incorrecta disposición residuos peligrosos (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Se resalta que la limitación del estudio corresponde a los resultados obtenidos únicamente en calderas con combustible de carbón de pequeñas y medianas empresas que fueron identificadas de la base de datos suministrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Secretaría de Ambiente del Municipio de Itagüí y que voluntariamente quisieron participar en el estudio, cuyos resultados no pueden ser generalizados en las demás empresas Pymes del Municipio de Itagüí.

En las Pymes participantes, la valoración obtenida de los factores de riesgo tecnológico permitió identificar una exposición en conjunto a un nivel de riesgo poco aceptable en los componentes: encendido, operación y mantenimiento de la caldera; se observa que principalmente los riesgos se pueden presentar por fallos en los sistemas de control y seguridad así como la falta de correcta inspección y mantenimiento de los aparatos de control y seguridad; situación similar a lo identificado por ACERCAR (9), donde las causas de errores, fallos y daños en calderas pirotubulares y acuotubulares, se pueden presentar por inadecuados procedimientos de manejo, así como de abusos o descuidos durante la operación y mantenimiento de los equipos.

En consecuencia del análisis de los resultados obtenidos en la valoración de la matriz de riesgos de seguridad, se tiene que los operadores de las calderas se encuentran expuestos a un nivel de riesgo moderado, por fallos de los aparatos de control y seguridad, ausencia de procedimientos claros para la operación de la caldera y aplicación de protocolos de prevención de emergencias, situaciones similares a las reportadas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) 2001 (10), donde los operadores de calderas y jefes de mantenimiento se encuentran expuestos principalmente a riesgos físicos y accidentes. Adicionalmente, Idrovo (11), en su estudio ha señalado que la exposición a agentes y condiciones presentes en el ambiente laboral son reconocidos como factores de riesgo de ocurrencia de enfermedades ocupacionales.

Con respecto a la valoración obtenida de los factores de riesgo ambiental se observó que en conjunto las calderas presentan en general un nivel de riesgo medio de afectación a los recursos: aire, agua y suelo. Mientras que, en el entorno laboral, los operadores se encuentran expuestos a un nivel de riesgo moderado por las condiciones de trabajo y mantenimiento de las calderas y los posibles accidentes por derrame y/o vertido de productos químicos, y los posibles riesgos por: liberación de gases y material particulado, explosión en el hogar de la caldera, explosión por bajo nivel de agua y/o sobrepresión de vapor, explosión durante las actividades de inspección y pruebas de mantenimiento. Factores de riesgo similares a los identificados por la Organización internacional de Trabajo (OIT) en el 2001 (10), a los que los trabajadores de las calderas pueden estar expuestos.

En cuanto a la valoración del nivel de seguridad de las calderas objeto de estudio, el 87,5 % de las calderas presentaron un nivel de seguridad deficiente, mientras que el restante presentó un nivel de seguridad aceptable; Resultados similares a los reportados por Ramírez y Sepúlveda (*), en el que el 70 % de las calderas presen-

taron un nivel de seguridad deficiente y las restantes un nivel de seguridad aceptable.

Es importante resaltar los resultados de los criterios analizados: condiciones locativas del área de la caldera, operación y mantenimiento, donde el 62 % de las calderas obtuvieron un nivel de seguridad deficiente al no cumplir con las condiciones de seguridad mínimas, presentaron resultados similares a los reportados por Ramírez y Sepúlveda (*). Por otra parte, en los criterios que evaluaron la formación, conocimientos y capacitación que los operadores han recibido por parte de las empresas, se encontró la no realización de dichas actividades, caso contrario a lo reportado por Ramírez y Sepúlveda (*) donde el 55 % de los operadores han recibido formación.

Con respecto a los resultados del análisis de valoración de los impactos ambientales generados por el proceso de manejo y adecuación de la caldera presentó un impacto potencial de significancia moderada sobre el componente suelo por la generación de residuos sólidos (hollín, cenizas, escoria). Similar resultado a lo reportado por el Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente (DAMA) (12), en la Guía ambiental para el proceso de combustión, en que las actividades asociadas al manejo y adecuación de la caldera presentan impactos potenciales de significancia bajo negativo sobre el componente suelo por generación de residuos sólidos.

Así mismo, el proceso de operación de las calderas presentó en la actividad de suministro de carbón un impacto severo sobre el componente aire, por la emisión continua de gases con material particulado y gases contaminantes, no obstante las restantes actividades y sus aspectos ambientales evaluados presentaron un impacto potencial de significancia moderada sobre el componente aire, agua y suelo respectivamente, lo que al comparar con lo encontrado por el DAMA (12), se presentaron similares resultados a las actividades asociadas al proceso de combustión y que obtuvieron impactos potenciales de significancia alto negativo sobre el componente atmosférico por emisión de material particulado y emisión de gases y vapores, mientras que se presentan impactos de significancia medio negativo sobre los demás recursos: hídrico y suelo.

Mientras que el proceso de inspección y mantenimiento de la caldera obtuvo un impacto potencial de significancia moderado sobre el componente hídrico y suelo respectivamente por el desarrollo de actividades asociadas a la limpieza y mantenimiento de equipos, resultados semejantes a lo hallado por el DAMA (12), en el que las calderas presentan impactos potenciales de significancia medio negativo sobre el componente hídrico por generación de vertimientos con cargas contaminantes, y en el componente suelo por generación de residuos sólidos.

En conclusión, las calderas objeto de estudio presentan un significativo riesgo de seguridad y ambiental, un nivel de seguridad deficiente en la mayoría de las calderas y un impacto ambiental potencial con significancia alta en el medio aire y con significancia media en el medio hídrico y suelo. Adicionalmente, dichos resultados pueden aportar a la discusión del establecimiento del reglamento técnico de calderas para Colombia ante los entes responsables de definir la normatividad, que regule la operación, mantenimiento, nivel de seguridad, riesgos e impactos ambientales y las condiciones ocupacionales a las que se encuentran expuestos los calderistas en su labor •

Conflicto de interés: Ninguno.

Agradecimientos: Al Centro de Investigación y Grupo de Investigación Salud y Ambiente (GISA) de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia por la financiación y a la Secretaría de Medio Ambiente del Municipio de Itagüí, por su apoyo.

REFERENCIAS

1. Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM. Las calderas una bomba de tiempo para los ciudadanos [Internet]. Disponible en: <https://goo.gl/MUcW1j>. Consultado 23 de junio de 2015
2. Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Documento Conpes 3484 de 2007. Política nacional para la transformación productiva y la promoción de las micro pequeñas y medianas empresas: un esfuerzo público-privado. Bogotá: Conpes; 2007. p. 4.
3. Saldaña M, García S, Lavios J, Sánchez R. Implantación de sistemas de prevención de riesgos en PYMES, acordes con OSHAS 18001. [Internet]. Disponible en: <https://goo.gl/RETN-gr>. Consultado 22 de junio de 2015.
4. Sepúlveda D, Ramírez J. Condiciones de seguridad en calderas de vapor en empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales en Antioquia. Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2011; (29):145-152.
5. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones (ICONTEC). GTC - 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, 2010. Bogotá: Icontec; 2010.
6. Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Análisis y evaluación del riesgo ambiental, UNE 150008:2008. Madrid: AENOR, 2008. [Internet]. Disponible en: <https://goo.gl/ThMteW>. Consultado 10 de julio de 2015.
7. Conesa V. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 4 ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa; 2010. p. 87-99.
8. Colombia. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Bogotá: El Ministerio; 1993.
9. Secretaría Distrital de Recurso Ambiente. Programa ACERCAR. Fallas y riesgos en la operación de calderas. [Internet]. Disponible en: <https://goo.gl/SdyWoD>. Consultado 24 de julio de 2015.
10. Organización Internacional del trabajo OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Guía de Profesiones. [In-

- ternet]. Disponible en: <https://goo.gl/yWv9iB>. Consultado 15 de julio de 2015.
11. Idrovo J. Estimación de la incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia, 1985-2000. Rev. de salud pública (Bogotá). 2003; 5 (3): 263 – 261. <https://goo.gl/bK9yRA>.
12. Departamento técnico administrativo de recurso ambiente – DAMA. Guía ambiental para el proceso de combustión. [Internet]. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá; 2004. Disponible en: <https://goo.gl/rjfb5o>. Consultado 24 de julio de 2015.