



GLOBAL JOURNAL OF RESEARCHES IN ENGINEERING: J  
GENERAL ENGINEERING

Volume 18 Issue 5 Version 1.0 Year 2018

Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal

Publisher: Global Journals

Online ISSN: 2249-4596 & Print ISSN: 0975-5861

## Determinación Del Nivel De Seguridad En Calderas Piro-tubulares, Mediante La Aplicación Del Software Soscal

By Sepúlveda Mejía, Diego L., Ramírez García, Jairo, Roldán Aguilar, Óscar L.  
& Vásquez Echavarría, Gladis H.

*Abstract-* Este trabajo presenta los resultados de la aplicación del software de seguridad en calderas –SOSCAL- cuyo objetivo fue establecer el nivel de seguridad en calderas piro-tubulares de empresas ubicadas en la ciudad de Medellín y en el oriente cercano del departamento de Antioquia, Colombia, seleccionadas a conveniencia por la disponibilidad de estas para la aplicación de este instrumento, con el fin de controlar los riesgos asociados a la operación de estos equipos. Dicho instrumento es pionero a nivel mundial, ya que no se tiene evidencia de un aplicativo informático similar que evalúe el nivel de seguridad y dé recomendaciones para el control de los posibles riesgos encontrados.

*Keywords:* seguridad en calderas, aplicativo informático, nivel de seguridad.

*GJRE-J Classification:* FOR Code: 091599



DETERMINACIONDELNIVELDESEGURIDADENCALDERASPIROTUBULARESMEDIANTELAAPLICACIONDELSOFTWARESOSCAL

*Strictly as per the compliance and regulations of:*



RESEARCH | DIVERSITY | ETHICS

© 2018. Sepúlveda Mejía, Diego L., Ramírez García, Jairo, Roldán Aguilar, Óscar L. & Vásquez Echavarría, Gladis H. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), permitting all non commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# Determinación Del Nivel De Seguridad En Calderas Piro tubulares, Mediante La Aplicación Del Software Soscal

Sepúlveda Mejía, Diego L. <sup>α</sup>, Ramírez García, Jairo <sup>σ</sup>, Roldán Aguilar, Óscar L. <sup>ρ</sup> & Vásquez Echavarría, Gladis H. <sup>ω</sup>

**Abstract-** Este trabajo presenta los resultados de la aplicación del software de seguridad en calderas – SOSCAL - cuyo objetivo fue establecer el nivel de seguridad en calderas piro tubulares de empresas ubicadas en la ciudad de Medellín y en el oriente cercano del departamento de Antioquia, Colombia, seleccionadas a conveniencia por la disponibilidad de estas para la aplicación de este instrumento, con el fin de controlar los riesgos asociados a la operación de estos equipos. Dicho instrumento es pionero a nivel mundial, ya que no se tiene evidencia de un aplicativo informático similar que evalúe el nivel de seguridad y dé recomendaciones para el control de los posibles riesgos encontrados.

El nivel de seguridad en las calderas piro tubulares se evalúa con base en 5 dominios: mantenimiento, operación, capacitación, combustible y ambiental, y condiciones locativas, ya que son los aspectos que tienen relación con la seguridad de las calderas, y de acuerdo a la validación de expertos que se hizo durante el diseño inicial del instrumento, cada dominio tiene un nivel de afectación diferente a la seguridad de dichos equipos, que si se llega a presentar una explosión, no solo puede afectar al personal e infraestructura de la empresa, sino también al vecindario y al medio ambiente.

Los resultados principales están relacionados a que el 24 % de las empresas participantes tienen sus calderas con un nivel de seguridad deficiente (nivel más bajo de seguridad), y el 41 % de las empresas tienen un nivel de seguridad aceptable; así mismo los dominios de menor calificación, fueron mantenimiento, y capacitación, que tienen gran incidencia en la operación segura de estos artefactos.

Como conclusiones se tiene que este software es un soporte para la gestión del riesgo tecnológico en las calderas piro tubulares, y aportar a la comunidad local, nacional, e internacional, un software de libre acceso, para que las empresas lo apliquen y puedan establecer un plan de acción con base en las recomendaciones dadas por este.

**Keywords:** seguridad en calderas, aplicativo informático, nivel de seguridad.

## I. INTRODUCTION

El desarrollo de este aplicativo informático SOSCAL es un producto de investigación del trabajo de grado de un estudiante para optar el título de Ingeniería Informática, y parte del instrumento desarrollado por Sepúlveda y Ramírez (2011) el cual

*Author α:* Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid / Facultad de Ingenierías, Medellín, Colombia. e-mail: dlsepulveda@elpoli.edu.co

*Author σ:* Universidad de Antioquia / Facultad Nacional de Salud Pública, Medellín, Colombia. e-mail: jairaga03@yahoo.com.mx

determina el nivel de seguridad de calderas con base en cinco dominios que tienen relación directa con la seguridad de estos equipos: mantenimiento, operación, capacitación, combustible y ambiental, y condiciones locativas. En el dominio de combustible el software tiene la posibilidad de evaluar los combustibles sólidos como el carbón y gaseosos como el gas natural; dentro de la muestra seleccionada se tienen dos empresas que utilizan el ACPM como combustible, las cuales pertenecen al Sector Educativo. Para la evaluación del nivel de seguridad mediante SOSCAL se asimila el combustible líquido como combustible gaseoso.

El aplicativo SOSCAL además de establecer el nivel de seguridad de las calderas piro tubulares, mostró posibles escenarios que se pueden presentar de acuerdo con la falencia encontrada, y presenta recomendaciones para el control de los riesgos encontrados al evaluar cada ítem en los diferentes dominios. Este aplicativo informático es un aporte del sector académico a los diferentes actores del sector productivo que utilizan calderas en sus procesos, a los entes gubernamentales responsables del cumplimiento de la normatividad relacionada con el control del riesgo tecnológico, y se enmarca dentro de la Ley de Gestión del Riesgo de Desastres (2012), y la Resolución Metropolitana 912 de 2017 (2017), la cual normatiza la operación de las calderas en la Ciudad de Medellín. A nivel mundial no se tiene evidencia de la existencia de instrumentos similares para determinar el nivel de seguridad en estos equipos, los cuales están relacionados directamente con el riesgo tecnológico, y el posible impacto catastrófico que pueden tener en el entorno, en caso de una explosión.

Se realizó una prueba piloto a conveniencia de 17 empresas ubicadas en la ciudad de Medellín y el oriente cercano, que utilizan calderas piro tubulares en sus procesos productivos, las cuales permitieron la aplicación del SOSCAL para establecer el nivel de seguridad de sus calderas. Los tipos de combustible que utilizan están distribuidos de la siguiente manera: 7 a carbón, 8 a gas natural y las 2 restantes ACPM.

## II. METODOLOGIA

Estudio descriptivo de corte transversal, a partir de la aplicación del software SOSCAL, que permitió

determinar el nivel de seguridad de las calderas pirotubulares, de una muestra a conveniencia en 17 empresas, localizadas en la ciudad de Medellín y el oriente cercano, pertenecientes 10 de ellas al sector manufactura, 3 al sector alimentos, 2 al sector servicios y 2 al sector educativo, de las cuales 8 utilizan gas natural, 7 carbón y 2 ACPM. La selección de dichas empresas se dio por el conocimiento directo de los investigadores con los responsables del área de mantenimiento o Salud y Seguridad en el Trabajo de las empresas seleccionadas.

Vale aclarar que según la normatividad ambiental de la ciudad de Medellín (2005) no está permitido el uso de ACPM en calderas y fuentes fijas, pero por tratarse de 2 Instituciones de Educación Superior se permite este combustible por su poco tiempo de operación, ya que se usa únicamente para algunas prácticas de laboratorio.

El nivel de seguridad se determinó mediante el análisis de las categorías o dominios asociados a la seguridad de las calderas, con base en la ponderación dada por Sepúlveda y Ramírez (1), en una escala de 1 a 100: mantenimiento (30 puntos), operación (30 puntos), capacitación (20 puntos), combustible y ambiental (10 puntos), y condiciones locativas (10 puntos).

SOSCAL además de determinar el nivel de seguridad de las calderas, presenta algunas recomendaciones generales a desarrollar con base en las falencias encontradas en cada dominio, al describir los posibles escenarios relacionados con los riesgos de cada ítem evaluado.

Con la aplicación de esta prueba piloto y la publicación de este artículo se espera contribuir a la difusión del conocimiento en la operación segura de las calderas ubicadas en la ciudad de Medellín y oriente cercano, y podrá servir de guía para el control del riesgo tecnológico relacionado con estos equipos y ayudar a mejorar las competencias técnicas de los operadores de los mismos.

### III. RESULTADOS

Del análisis de resultados mediante la aplicación del software SOSCAL, se observa que el 6% de las calderas presenta un nivel de seguridad Excelente (100 puntos), el 29% presentan un nivel de seguridad buena, aceptable el 41% de las calderas analizadas, y el 24% restante presenta nivel de seguridad deficiente, como se muestra en la Figura 1.

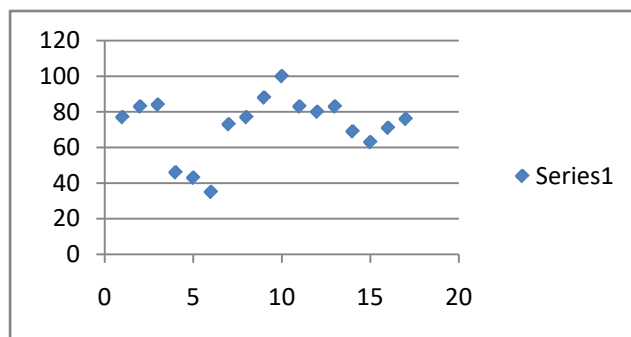


Figure 1: Distribución del nivel de seguridad de las calderas en estudio

Llama la atención que las calderas con la calificación más baja en sus niveles de seguridad son las de menor calificación en los dominios de mantenimiento y operación, que son los dominios que mayor incidencia tienen en la operación segura de las calderas. De estas calderas el 75% usan como combustible gas natural y ACPM, siendo una situación en la que se debe prestar mayor atención, porque los administradores piensan que las calderas al funcionar de manera automática no requieren de la presencia de un operador responsable de este equipo y capacitado en su operación segura (Sepúlveda y Ramírez, 2011). Con relación al dominio de mantenimiento es común en estas calderas la no realización de las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, y el no seguimiento de los procedimientos requeridos en la realización de las tareas de alto riesgo, como son el aseguramiento de energías, y el trabajo en espacios confinados. Coincide la condición de estas calderas con bajo nivel de seguridad a lo reportado por Soler, A. (5), quien reporta en su estudio que el 16% de las causas de accidentes con calderas obedecen a un mantenimiento e inspección inadecuados, a pesar de ser un aspecto que puede disminuir el riesgo de accidentes. El mantenimiento correcto, es decir aquel recomendado por el fabricante del equipo, es uno de los aspectos que garantiza la prevención en la operación de estos, y puede eliminar o limitar las acciones nocivas a que pueden verse sometidas las partes a presión de este tipo de aparatos (Soler,A.).

Con relación al dominio de operación, es común en las calderas de menor nivel de seguridad la no existencia del respectivo instructivo de operación; no existencia de alarma sonora y/o visual; el no registro y monitoreo de las condiciones de operación; y la ejecución de actividades diferentes a la operación de la caldera por parte del calderista. Condiciones que reflejan una posible situación crítica que debe ser intervenida, ya que no se tiene conocimiento de cómo operan las calderas, así como en caso de presentarse una emergencia, no se tiene la respectiva alarma para indicar dicha situación de peligro. Igualmente Soler encontró que el 15% de los accidentes en calderas se

deben a la “operación y manipulación incorrectas realizadas por el operario que se halla al frente de una caldera”, y que podría solucionarse mediante una correcta formación del operario. Así mismo Toro, D. (2013) encontró que la operación segura de las calderas se ve altamente afectada por la no existencia de protocolo o instructivo de operación, y por el no registro de las condiciones de operación de estos equipos.

Respecto al dominio de capacitación, se tiene que en el 50% de las calderas de más baja calificación sus operadores no han recibido capacitación en la operación segura de estos equipos. Se observa de manera general que las empresas no tienen programas de reinducción para sus calderistas. También (Toro, D.) reporta en su estudio que los operadores no han recibido capacitación periódica para el desempeño seguro de las calderas.

A partir del año 2017 en Medellín, Colombia, se expide la Resolución Metropolitana 912, la cual está orientada principalmente al control de contaminantes atmosféricos, al control y eficiencia de las calderas a través del registro y monitoreo de sus condiciones de operación y mantenimiento. Así mismo esta resolución exige que los operadores de calderas tengan las competencias técnicas necesarias para la operación segura de las calderas, y que sean reentrenados semestralmente.

En la muestra seleccionada se encontró que el 24% de las calderas tienen un nivel de seguridad deficiente, y mostró, al igual que los estudios realizados por Toro, D., y Sepúlveda y Ramírez, que aún se encuentran calderas operando con un nivel de seguridad deficiente, siendo una situación que debe llamar la atención de los entes gubernamentales para la definición de normas precisas para la operación segura de las calderas.

#### IV. CONCLUSIONES

El software SOSCAL es un aplicativo informático que ayuda a identificar de manera fácil el nivel de seguridad en la operación de las calderas pirotubulares, siendo un soporte a las áreas de mantenimiento y de gestión de riesgos. Para la operación segura de estos equipos, no solo por la valoración del nivel de seguridad, sino también por las recomendaciones propuestas al encontrar aspectos susceptibles de mejora en su calificación.

Se pudo evidenciar a nivel académico la no disponibilidad de una herramienta informática disponible a nivel mundial, ni literatura relacionada que ayude a identificar el nivel de seguridad de las calderas de manera automática.

En la muestra seleccionada se encontró que el 24% de las calderas tienen un nivel de seguridad deficiente, y un 41% aceptable, siendo el más alto porcentaje de calificación, y que debe llamar la atención

de la academia y las autoridades respectivas, para que se normatice y vigile la operación y mantenimiento de las calderas en nuestro país.

Mediante la aplicación del SOSCAL se espera que se establezca un plan de acción en las empresas que lo apliquen, para controlar los posibles riesgos catastróficos, y contribuya al mejoramiento de las condiciones de seguridad de los trabajadores y población cercana a la ubicación de las calderas.

El software SOSCAL al ser de libre uso es una herramienta informática que ayuda a la generación de conocimiento sobre la seguridad en calderas, y se espera que sea una guía de consulta para todas las empresas con calderas pirotubulares, ya que se encuentra disponible en la página web del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (<http://webnet.Elpoli.edu.co/soscal>).

#### REFERENCES RÉFÉRENCES REFERENCIAS

1. Sepúlveda D, y 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.
2. Congreso de Colombia. Ley 1523 de 2012. Política Nacional de gestión del riesgo de desastres. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documentos/24189/390483/11.+LEY+1523+DE+2012.pdf/4e93527d-3bb8-4b53-b678-fbde8107d340?version=1.2>. Consultado 2018, enero 25.
3. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Resolución Metropolitana 912 de 2017. Por medio de la cual se adoptan medidas en el sector industrial que contribuyan al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia.
4. Ministerio del Medio Ambiente. Decreto 948 de 2005. Por el cual se reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Colombia.
5. Soler C., Albert. Aspectos de seguridad en el mantenimiento de calderas. [Internet]. Disponible en: [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1010848](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1010848). Consultado 2018, enero 23.
6. Toro Cataño, Dubán A. Riesgos de seguridad y ambientales en calderas a carbón de pequeñas y medianas empresas (Pymes), ubicadas en el municipio de Itagüí, Antioquia, 2013. Tesis de grado para la obtención del título de “Administrador de Servicios de Salud, con énfasis en gestión sanitaria y ambiental”, Universidad de Antioquia. Facultad Nacional de Salud Pública. 2013
7. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Software de Seguridad en Calderas – SOSCAL- Disponible en: <http://webnet.elpoli.edu.co/soscal/>