



FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI



*II CAIM 2010
Segundo Congreso Argentino
de Ingeniería Mecánica
San Juan - Noviembre 2010*

El mantenimiento operativo de equipos sometidos a presión. Su integridad funcional y principales parámetros a tener en cuenta.

Julio Gaitán, Arnoldo Reutemann, Omar Romero

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Santa Fe - Departamento de Ingeniería Mecánica
Lavaisse 610 - Santa Fe - Argentina
Tel/Fax: +54-342-4608585 - E-mail: jgaitan@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN

La evaluación de calderas y recipientes sometidos a presión, y su mantenimiento, constituyen una herramienta esencial que siempre debe ser tenida en cuenta, pues ello está interrelacionado con factores muy importantes tales como, la seguridad operativa, confiabilidad y preservación del medio ambiente.

Partiendo de algunos estudios previos desarrollados por los autores, y teniendo en cuenta varias circunstancias recurrentes observadas durante la inspección realizada en un gran número de equipos, este Trabajo concentra su atención en ciertas situaciones alarmantes con las que se convive diariamente en las Industrias.

Se presenta un análisis cuantitativo de las principales falencias registradas en una muestra representativa y heterogénea de equipos a presión, situados en seis provincias argentinas, pertenecientes a industrias alimenticias, metalmecánicas, de procesos, tabacaleras, del cuero, frigoríficos, papeleras, y otras, estableciéndose las principales conclusiones y efectuándose las recomendaciones pertinentes para concienciar y sensibilizar a todos los actores involucrados, con la finalidad de minimizar riesgos inherentes a accidentes y derrames fortuitos, a efectos de resguardar el presente y futuro de la sociedad.

Palabras Claves: Calderas - Equipos a presión - Evaluación - Mantenimiento - Riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro País se observa muy poca información respecto a datos estadísticos inherentes al estado funcional de calderas y equipos sometidos a presión y es por ello que, adoptando como antecedente algunos estudios técnicos preexistentes [1, 2], este Trabajo, que forma parte del Proyecto RESECA Proyecto 25/O097 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología - Universidad Tecnológica Nacional, se sustenta en casos reales que permiten observar diferentes patologías y situaciones operativas que se repiten con una asiduidad casi sistemática. Tareas de investigación llevadas a cabo a lo largo de varios años, la asistencia técnica brindada a numerosas industrias y los resultados obtenidos, muchos de ellos sorprendentes [3], denotan algunas situaciones alarmantes que se reiteran, infiriéndose que hay una directa relación causa-efecto que está relacionada con el deficiente mantenimiento operativo de los equipos, y en lo administrativo, con falencias en el sistema de contralor obligatorio sobre calderas y recipientes a presión.

2. PROCEDIMIENTO UTILIZADO

Como ya se señalara, se parte de la información recabada en más de doscientos casos relevados en inspecciones rutinarias realizadas en equipos industriales ubicados en Provincias del centro-este de la República Argentina y en particular, en auditorías técnicas requeridas en ocasión de colapsos accidentales.

2.1. Base de datos

Para codificar y metodizar esta información se ha conformado una base de datos, en un entorno Microsoft Excel [4] de sencilla interacción, que permite observar y seleccionar los diferentes casos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Equipo	Industria	Capacidad térmica o volumen	Presión de trabajo	Edad	Marca	Ubicación	Tipo de fluido	Combustible
2	001 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	19 m ²	500 kPa	desconocida	Arrigoni	Santa Fe	vapor saturado	aceite
3	002 - Caldera humotubular 2 PH	de procesos	10 m ²	500 kPa	desconocida	Pefía	Santa Fe	vapor saturado	gas-oil
4	003 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	93m ²	880kPa	32 años	Mellor Goodwin	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
5	004 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	100m ²	800kPa	desconocida	Gonella	Santa Fe	vapor saturado	gas natural
6	005 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	200m ²	1000kPa	15 años	Salcor Caren	Santa Fe	vapor saturado	gas natural
7	006 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	15m ²	600kPa	desconocida	desconocida	Santa Fe	vapor saturado	leña
8	007 - Caldera acutubular	alimenticia	160m ²	1100kPa	34 años	Mellor Goodwin	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
9	008 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	30m ²	600kPa	31 años	Fontanet	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
10	009 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	45m ²	700kPa	desconocida	Gonella	Santa Fe	vapor saturado	leña
11	010 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	35m ²	500kPa	desconocida	Gonella	S. del Estero	vapor saturado	leña
12	011 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	30m ²	600kPa	31 años	Fontanet	Santa Fe	vapor saturado	leña
13	012 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	125m ²	1.060kPa	27 años	Caren Walther	B. Aires	vapor saturado	gas natural
14	013 - Caldera humotubular 2 PH 1R	alimenticia	30m ²	600kPa	31 años	Fontanet	Santa Fe	vapor saturado	leña
15	014 - Caldera acutubular	alimenticia	660m ²	3.200kPa	20 años	Caren	Santa Fe	vapor saturado	gas / fuel oil
16	015 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	30m ²	700kPa	28 años	desconocida	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
17	016 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	65m ²	860kPa	31 años	Caren	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
18	017 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	10m ²	700kPa	30 años	Pefía	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
19	018 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	10m ²	700kPa	30 años	Pefía	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
20	019 - Caldera acutubular	alimenticia	100m ²	800kPa	30 años	Fab. Arg. Cal.	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
21	020 - Caldera humotubular 2 PH	de procesos	25m ²	600kPa	31 años	Fontanet	Santa Fe	vapor saturado	aceite
22	021 - Recipiente cilíndrico - Tanque	alimenticia	0,45m ³	1.200kPa	1 año	desconocida	Santa Fe	amoníaco	
23	022 - Recipiente cilíndrico - Separ.	alimenticia	0,014m ³	1.600kPa	1 año	Gram	Santa Fe	aceite y amon.	
24	023 - Recipiente cilíndrico - Tanque	alimenticia	2,43m ³	1.200kPa	1 año	Gram	Santa Fe	amoníaco	
25	024 - Recipiente cilíndrico - Inter.	alimenticia	0,27m ³	2.200kPa	1 año	Gram	Santa Fe	amoníaco	
26	025 - Recipiente cilíndrico - Inter.	alimenticia	0,27m ³	2.200kPa	1 año	Gram	Santa Fe	amoníaco	
27	026 - Caldera humotubular 3 PH 1R	alimenticia	65m ²	800kPa	32 años	Caren	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
28	027 - Caldera humotubular 2 PH 2R	alimenticia	30m ²	500kPa	33 años	Fontanet	Santa Fe	vapor saturado	leña
29	028 - Caldera humotubular 2 PH	alimenticia	50m ²	700kPa	desconocida	Gonella	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
30	029 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	100m ²	900kPa	30 años	Gonella	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30

Figura 1 Parte del registro general

De esta forma, mediante el uso de los botones ubicados en la parte inferior de la ficha correspondiente, pueden elegirse los distintos registros con las opciones de grabar y/o imprimir la información, como así también crear un nuevo registro, (ver Figura 2). Asimismo el software permite filtrar la información contenida, seleccionándola por atributos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Equipo	Industria	Capacidad térmica o volumen	Presión de trabajo	Edad	Marca	Ubicación	Tipo de fluido	Combustible
2	077 - Caldera humotubular 3 PH	alimenticia	125m ³	900kPa	29 años	Salcor	Santa Fe	vapor saturado	fuel-oil 70/30
3									
4									
5									
6									
7	ANALISIS SITUACIONAL								
8									
9	Componente/ Instrumento	diámetro	mínimo espesor medido	espesor de cálculo	coeficiente de seguridad	cantidad			
10	CUERPO CILINDRICO	2.295mm	17,70mm	17,27mm	2%				
11	HOGAR LISO								
12	HOGAR CORRUGADO	875mm	11,91mm	8,14mm	32%				
13	PLACA TUBULAR ANTERIOR	2.295mm	13,30mm	21,54mm	menos 62%				
14	PLACA TUBULAR POSTERIOR	2.295mm	22,85mm	20,91mm	8%				
15	CABEZAL ANTERIOR / SUPERIOR								
16	CABEZAL POSTERIOR / INFERIOR								
17	VALVULAS DE SEGURIDAD	63mm				dos			
18	VALVULAS CALIBRADAS	NO							
19	INDICADORES DE NIVEL	9,5mm				dos			
20	CONTROL MAGNETICO DE NIVEL	19mm				uno			
21	CONTROL CONDUCTIVO DE NIVEL	19mm				uno			
22	MANOMETROS	19mm				uno			
23	BOMBAS DE AGUA	51mm x 51mm				dos			
24	INYECTOR	NO							
25	PRESOSTATO a 900kPa	13mm				uno			
26	PRESURETROL diferencial 100kPa	13mm				uno			
27	TERMOMETRO	NO							
28	TAPON FUSIBLE	25mm				uno			
29	CONCLUSIONES								
30	EQUIPO REGISTRADO	NO							
31									
32	ESTADO FUNCIONAL	muy bueno							
33		bueno							
34		regular							
35		malo							
36	SE DISMINUYO PRESION	retiró servicio							
37									

Figura 2 Ficha del equipo 077

2.2. Conformación de la muestra

Para una mejor comprensión del modelo analizado, se detallan a continuación los tipos de industria y naturaleza del equipamiento considerado. Puede observarse que se trata en su mayoría de industrias alimenticias, lo que se relaciona directamente con el área geográfica descrita.

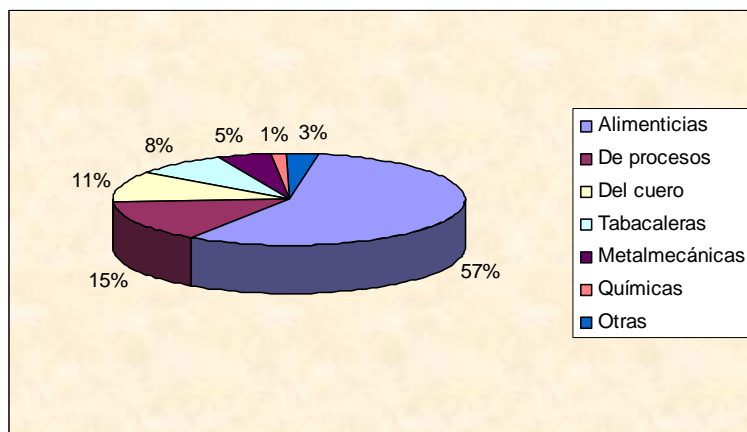


Figura 3 Distribución por industrias

Respecto a los recipientes sometidos a presión analizados, se distinguen dos grupos mayoritarios, a saber, 38% de tanques conteniendo diferentes fluidos y 31% de calderas de vapor, es decir lo que se clasifica internacionalmente como "recipiente a presión con fuego".

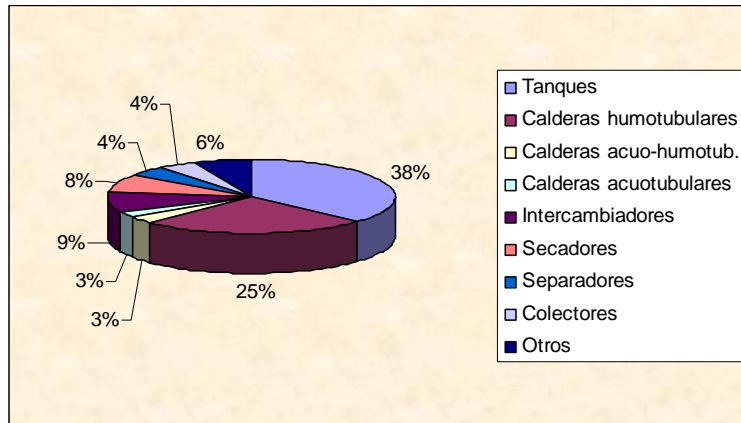


Figura 4 Tipo de equipamiento

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Teniendo en cuenta lo expuesto, se procede a extraer información de la citada base de datos, metodizando el análisis y expresando los resultados para cada uno de los parámetros seleccionados en función de su importancia técnica, de seguridad, económica y medioambiental. Se señalan a continuación los más relevantes y algunos que se reiteran asiduamente en las diferentes inspecciones realizadas.

3.1. Válvulas de seguridad

Se denota que el 36% de los equipos observados estaba operando sin sus correspondientes válvulas de alivio [5] por sobre presión. No menos sorprendente es el dato que otro 26% del equipamiento a presión funcionaba con sus válvulas de seguridad descalibradas, es decir que, en caso de una súbita presurización del recipiente, jamás podían producir el alivio deseado.

El conocimiento adquirido por las circunstancias o situaciones vividas, nos permite postular que, por falta de información adecuada, los operarios maquinistas consideran a las válvulas de seguridad como "un inconveniente operativo" y en muchos casos, sus supervisores les sugieren modificar el timbre para evitar pequeñas pérdidas de fluido, lo que se relaciona erróneamente con dinero que se vierte por la citada válvula.

3.2. Manómetros y presostatos

Se observa que el 39% del equipamiento no poseía manómetro y otro 21% lo tenía descalibrado y/o su funcionamiento era defectuoso. Ello significa que únicamente el 40% de los recipientes presurizados, contaban con manómetros en correcto funcionamiento. Las explicaciones recibidas frente a ésta peligrosa anomalía, señalan siempre que estos instrumentos nunca son controlados por personal especializado.

Respecto a seguridad y fiabilidad, puede agregarse como dato de importancia que aproximadamente el setenta por ciento de la muestra analizada no poseía presostato de control por sobre presión, lo cual constituye un panorama mucho más crítico aún.

3.3. Espesores de control

Un elemento importante en la rutina de control de los equipos a presión, es la medición de espesores de chapa en áreas críticas del cuerpo cilíndrico, cabezales, hogar y placas tubulares de calderas, y su comparación analítica respecto a criterios de cálculo de consistencia internacional, a efectos de determinar el correspondiente coeficiente de seguridad operativo. En nuestro caso, de los datos extractados de la base, se denota que el 29% de las zonas controladas presentaba un coeficiente de seguridad mayor al veinte por ciento, y casi la mitad de la muestra (un 45%) tenía espesores de pared con un coeficiente inferior al 5% y en algunos casos negativos, pero estaban en servicio.

3.4. Aspecto medioambiental

Un matiz común a todas las industrias relevadas que poseen instalaciones térmicas por las que circula amoníaco como fluido frigorígeno, es que en ellas se observó que la totalidad de los recibidores, separadores e intercambiadores con amoníaco, es decir un 15% de la muestra estudiada, ventean sus válvulas de seguridad al medio ambiente, lo que entraña un total desconocimiento de las normas y especificaciones de higiene y seguridad industrial, y reglamentaciones de protección al medio ambiente. Los argumentos esgrimidos por el personal responsable de esta anomalía fueron siempre de índole económica, dada la inversión que implicaría revertir esta situación.

Si bien hemos tomado conocimiento de un solo caso grave que involucró la eventual apertura de una válvula de seguridad descargando amoníaco al medio ambiente, se estima, sin lugar a dudas, que se trata de un problema muy serio, que debe ser tratado como tal.

4. CONCLUSIONES

Se señala que la alarmante situación planteada, extractada de una muestra aleatoria de equipos sometidos a presión, únicamente podrá revertirse cuando los principales actores se involucren seriamente en el problema suscitado y observen elementales criterios de ingeniería aplicables no sólo al citado equipamiento, sino también a sus instalaciones auxiliares.

A no dudar, la mayoría de las situaciones expuestas pudieron haberse evitado si se hubiesen aplicado técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo, y en particular con la asistencia de profesionales especializados en estas rutinas de inspección. Algunas soluciones implican un simple accionar. Tal el caso de las válvulas de seguridad descalibradas o con pérdidas de fluido, lo que puede impedirse con un sencillo mantenimiento diario que no insume más que unos pocos minutos de atención.

No debe soslayarse el hecho de que los equipos que conforman esta muestra analizada, fueron inspeccionados a solicitud de las respectivas empresas, desconociéndose el estado real en que se encuentran aquellos ubicados en industrias que no solicitan el asesoramiento de profesionales de la ingeniería especialistas en el tema.

Por último, se estima necesario resaltar que los resultados obtenidos en el presente trabajo constituyen un aporte de importancia, inherente al desarrollo socioeconómico de nuestra sociedad, con el objeto de minimizar los riesgos causados por explosiones, derrames y contaminación ambiental, a efectos de proteger y resguardar el presente y futuro de las personas, las que por ende se constituyen en destinatarias directas del estudio.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Bórtoli y J. Gaitán, © *Análisis de falla de materiales en la industria de procesos*, software argentino Patente 212.928, Santa Fe, Argentina, 2002.
- [2] P. Brambilla, *Inspeção de caldeiras*, Instituto Santista de Qualidade Industrial, São José dos Campos, Brasil, 1998.
- [3] J. Gaitán, *Actas de III Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica, Inspección, estudio y diagnóstico de falla en la cámara de retorno de una caldera leñera*, pp 132-136, Las Villas, Cuba, 2004.
- [4] Microsoft Excel®, *Software Microsoft*, 2003.
- [5] Decreto Reglamentario 351/79, *Higiene y seguridad en el trabajo*, título V, cap. 16, Argentina.