



Principales defectos en las instalaciones eléctricas de las grúas torre desmontables para obra

Deficiencies in the electrical systems of portable tower cranes at construction sites

• Juan Carlos Rubio-Romero
• José Miguel Simón-Donaire
• M^a Carmen Rubio-Gómez

Dr. Ingeniero Industrial
Ingeniero Industrial
Dra. Ingeniero de Caminos

Universidad de Málaga
Universidad de Málaga
Universidad de Granada

Recibido: 23/06/08 • Aceptado: 28/10/08

ABSTRACT

- Tower cranes are a common fixture at any major construction site. The assembly of tower cranes as well as their maintenance and operation can be the source of important risks for the workers. However, research work carried out in this field is mostly based on the analysis of information from work accident reports, rather than the monitoring of actual working conditions at operating construction sites.
- The objective of this research study is to identify and detect frequent deficiencies in the electrical systems of portable tower cranes during the implementation phase of construction work. The results will be conducive to establishing a set of corrective measures that can be implemented by project designers, installers, maintenance experts, users, and government agencies. For this reason we inspected 110 portable tower cranes at various construction sites. The data was collected and recorded on an ad hoc checklist. It was then analyzed and statistically treated with the software application SPSS.13 for Windows. The principal elements or variables where deficiencies were most frequently detected were the following: (i) documents certifying the existence of a maintenance contract, (ii) electric control box, (iii) control pushbutton panel, (iv) ground lead. Any defect in these elements is potentially the source of a high risk situation because of the serious consequences that can ensue. The detection of such defects at constructions sites signifies that the installations are defective and thus unsafe. Ground leads along with non-conforming differential switches are extremely dangerous, and constitute a high risk factor that must be controlled and eradicated through the joint efforts of all agents involved.
- **Key words:** Industrial Safety, tower cranes, construction safety, electrical systems, occupational prevention risk.

RESUMEN

Las grúas torre están presentes en casi la totalidad las obras de construcción, especialmente en edificación. Tanto las operaciones de montaje como el mantenimiento y manipulación de las mismas generan riesgos importantes para los trabajadores. No obstante los trabajos de investigación desarrollados en este campo se basan en el análisis de la información procedente de los partes de accidente de trabajo, pero no en las condiciones de funcionamiento durante la fase de ejecución de obra.

El objetivo del trabajo de investigación que se presenta es identificar los principales defectos en las instalaciones eléctricas de las grúas torre desmontables en la fase de ejecución de obra, a fin de servir para la implantación de las acciones correctivas que se consideren oportunas por proyectistas, instaladores, conservadores, usuarios y la propia administración. Para ello se han inspeccionado 110 grúas desmontables de obra durante los años 2003 y 2004, mediante la utilización de una lista de chequeo *ad hoc* y la posterior tabulación y tratamiento estadístico de los datos obtenidos mediante SPSS.13 para Windows. Los principales elementos o variables en las que se han encontrado defectos y su frecuencia son: documentación de acreditación del contrato de conservación, cuadros eléctricos, botonera de mando, toma de tierra. El elevado riesgo que supone el defecto en las mismas por las graves consecuencias que conlleva, nos lleva a la conclusión de que el nivel de seguridad de dichas instalaciones es insuficiente. Tomas de tierra no eficaces junto con interruptores diferenciales no conformes suponen un elevado riesgo que es preciso atajar con el esfuerzo conjunto de los agentes implicados.

Palabras Clave: seguridad industrial, grúas torre, instalaciones eléctricas, seguridad en la construcción, prevención de riesgos laborales

1. INTRODUCCIÓN

En base al protagonismo de las grúas torre como equipos imprescindibles para la ejecución de las obras y de los potenciales riesgos derivados del proyecto, montaje, mantenimiento y manipulación de las mismas, se desarrolla un proyecto de investigación cuyo objetivo es analizar estos riesgos durante la fase de construcción de la obra. Los resultados proporcionan información de utilidad para proyectistas, instaladores, conservadores, usuarios y administración con competencias en la materia.

En este artículo se exponen los resultados correspondientes al análisis de las condiciones de seguridad de dichas instalaciones, concretamente los referentes a “riesgo eléctrico” por la gravedad de los accidentes que de este pueden derivarse y por no estar este análisis lo suficientemente desarrollado.

Existen condicionantes propios del sector construcción como la intensificación del proceso de industrialización mediante la prefabricación en taller y la presencia cada vez mayor de equipos para la manipulación mecánica de cargas que traen consigo un incremento de la siniestralidad relacionada con la manipulación mecánica de cargas. En este sentido, según el INSHT (2002) los accidentes mortales causados por el agente material denominado “medios de elevación” se situaban en el quinto lugar en importancia, sin diferenciar por sectores, incluso con mayor número de accidentes mortales que el agente “andamios y escaleras”. Por otro lado, según la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo los contactos eléctricos en el sector de la construcción suponen el 12,9% de los accidentes que se producen en el mismo, muy por encima del porcentaje que suponen en los demás sectores, 1,3% en el sector agrario, 6,2% en la industria y 3,2% en los servicios (INSHT, 2007)

Por otro lado hay que tener en cuenta que las medidas de seguridad de estos equipos de trabajo presentan una regulación específica (tabla 1) que tiene que ser considerada en la metodología de trabajo¹

Existen condicionantes propios del sector construcción como la intensificación del proceso de industrialización mediante la prefabricación en taller y la presencia cada vez mayor de equipos para la manipulación mecánica de cargas que traen consigo un incremento de la siniestralidad relacionada con la manipulación mecánica de cargas.

REGULACIÓN RELACIONADA CON LAS GRÚAS TORRE EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

- REAL DECRETO 2291/1985, de 8 noviembre, que aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, Boletín Oficial del Estado, de 11 de diciembre de 1985, núm. 296, p. 39103 - 39105
- REAL DECRETO 474/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo de las comunidades europeas 84/528/CEE sobre aparatos elevadores y de manejo mecánico. Boletín Oficial del Estado, de 20 de mayo de 1988, núm. 121, p. 15323 - 15325
- REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas. Boletín Oficial del Estado, de 11 de diciembre de 1992, núm. 297, p. 41972 - 41994
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, de 10 de noviembre, núm. 269, p. 32590 - 32611
- REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado, de 31 de enero de 1997, núm. 27, p. 3031 - 3045
- REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado de 7 de agosto de 1997, núm. 188, p.37486-37489
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, de 25 de octubre de 1997, núm 256, p. 30875 - 30886.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (ITC-BT-32.Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte e ITC-BT-33 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales para obras) Boletín Oficial del Estado, de 18 de septiembre de 2002, núm. 224, p. 33084 - 33086
- REAL DECRETO 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-2» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones. Boletín Oficial del Estado, de 17 de julio de 2003, núm. 170, p. 27845

¹ Durante el proceso de evaluación de este artículo, varios años después de la realización de la investigación, ha sido publicada la nueva Directiva de Máquinas a través del Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, que entrará además realmente en vigor en su mayor parte, el 29 de diciembre de 2009. A partir de dicha fecha, los fabricantes de grúas torre desmontables deberán satisfacer los requisitos generales y complementarios que le afecten especificados en dicho Real Decreto, y especialmente los requisitos esenciales complementarios de seguridad y salud para neutralizar los peligros derivados de las operaciones de elevación recogidos en el punto 4 del anexo I del mismo.

Al analizar el estado del conocimiento en la materia que nos ocupa, se ha detectado que los trabajos de investigación desarrollados se basan en el análisis de la información procedente del parte de accidentes de trabajo como los desarrollados por **Häkkinen** (1978), **Suruda** et al (1997), **Neitzel** et al. (2001), **Shepherd** (2000), **McCan** (2003), **Mohan** (2005), **Nores** et al (2004), pero no en el estudio de las condiciones de montaje y funcionamiento durante la ejecución de la obra, por lo que en el diseño de la metodología se ha optado por la búsqueda de información sobre la seguridad de grúas torre en fase de funcionamiento al margen de que ocurriera o no accidente laboral. No obstante investigaciones como las desarrollada por **Häkkinen** (1993) basada en el estudio de informes de accidentes de trabajo, ponen de manifiesto que los principales accidentes laborales relacionados con la manipulación de cargas son: a) Caída de la carga, b) accidentes al asegurar las cargas o al recibirlas, c) elevación de personas, d) desmontaje de la grúa, e) giros en grúas móviles, f) contacto con líneas eléctricas aéreas

La inspección de las grúas para evaluar las variables incluidas en la lista de chequeo se realizó tanto con la grúa desmontada como con la grúa montada.

La evaluación de cada una de las variables incluidas en la lista de chequeo se ha realizado atribuyendo durante la inspección los siguientes significados a cada valor numérico:

- 1: Si el elemento a evaluar no presenta defectos.
- 2: Si el elemento a evaluar presenta defectos, está deteriorado o no conforme con la normativa de aplicación.
- 0. Si el elemento a evaluar no se aplica a dicha grúa.

Por último, en relación a la metodología, indicar que los valores globales obtenidos para cada variable presentados en el siguiente epígrafe de resultados, se han calculado como la media aritmética de los valores atribuidos a las grúas estudiadas a las que era de aplicación dicha variable. Por lo tanto el valor global de cada variable presenta un rango cuyos extremos van del 1 al 2.

Tabla 2 • Lista de chequeo para la inspección de las Grúas Torre ² . (Fuente: normativa de aplicación)			
A. GRUPO DE VARIABLES RELACIONADAS CON LA DOCUMENTACIÓN			VALORACIÓN
1	2	0	
1. Proyecto de instalación (según Anexo II de la ITC-MIE-AEM-2)			
2. Manual del fabricante (según norma UNE 58-101-92 parte 3)			
3. Certificado de fabricación o Declaración “CE” de conformidad			
4. Ficha técnica			
5. Manual de instrucciones de utilización (según anexo IV de la ITC)			
6. Acreditación de la formación del gruista			
7. Acreditación del contrato de conservación de la grúa (según art. 8º de la ITC)			
B. GRUPO DE VARIABLES RELACIONADAS CON LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA			VALORACIÓN
1	2	0	
8. Instalación Eléctrica			
9. Armario eléctrico de la grúa			
10. Interruptores			
11. Tensiones (voltaje)			
12. Botonera de mando			
13. Interruptor de emergencia			
14. Tierras contra contacto indirecto			

2. METODOLOGÍA

La metodología del proyecto se basa en el estudio de las condiciones de seguridad frente a riesgo eléctrico de una muestra de 110 grúas torre desmontables. Para ello se diseña una lista de chequeo con un total de 14 variables (tabla 2). La lista se estructura en dos grupos: El grupo A incluye las variables relacionadas con la documentación de acuerdo a las exigencias normativas. En el grupo B se incluyen las variables relacionadas con la instalación eléctrica.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios a partir de las inspecciones realizadas, se procede a la tabulación y posterior tratamiento estadístico de los mismos mediante la utilización del software SPSS versión 13 para Windows.



² El sombreado de las casillas indica las variables evaluadas durante la inspección realizada mientras la grúa se encontraba desmontada, previamente a su montaje.

3. RESULTADOS SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD DE LA NORMATIVA APLICABLE A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LAS GRÚAS TORRE DESMONTABLES

En primer lugar, en relación a la muestra estudiada, hay que subrayar que tan solo el 14,5 % de las grúas estudiadas tenían menos de 3 años de antigüedad, mientras que más de la mitad tenía más de 10 años.

En segundo lugar destacar que sólo el 2,7% de las grúas estudiadas pertenecen a la tipología de grúas torre desmontable móviles sobre carriles, que ninguna grúa disponía de cabina para el gruista, y que sólo el 10% de las grúas eran autoportantes o autodesplegables.

Además, ninguna de las grúas presentaba una altura de instalación mayor que la altura autoestable.

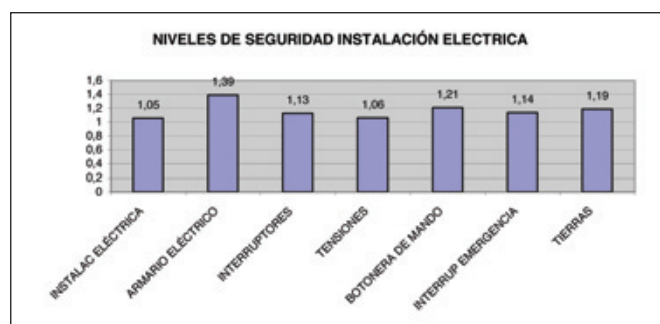
A continuación se presentan los resultados más significativos de las variables estudiadas.

A. En relación al grupo de variables relacionadas con la documentación de las grúas torre

Solo las variables nº4 ficha técnica (en el 13,63% de los casos), nº6 de acreditación de la formación del gruista (en el 81% de los casos, requisito que era exigible ya desde 3 años antes del momento de realizar la investigación), y nº7 de acreditación del contrato de conservación (en el 27,7% de los casos), presentaban defectos en cuanto a la existencia de dicha documentación.

Respecto a la acreditación del contrato de conservación, el 93,3% de las que no lo poseían, eran grúas con más de 13 años de antigüedad.

B. En relación al grupo de variables relacionadas con la seguridad de la instalación eléctrica de la grúa torre



Gráfica 1

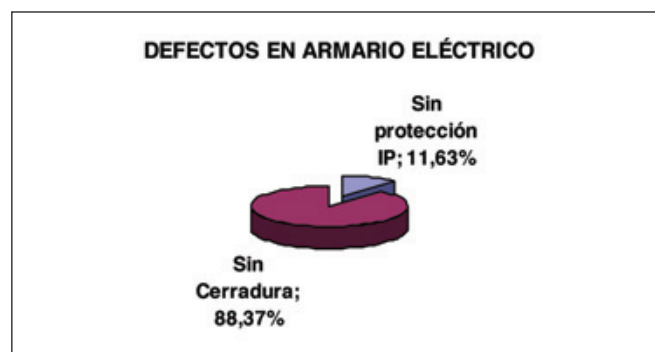
Niveles de seguridad de la Instalación Eléctrica en las grúas torre.

(Fuente: elaboración propia)

La variable nº 11 también denominada instalación eléctrica que evalúa el estado general de la instalación de una forma global, posee un índice de seguridad próximo a la unidad, 1,0545, lo que indica que tan sólo el 5,45 % de los casos presentaban defectos en esta variable.

La variable con peor índice de seguridad es la nº 12 que se refiere al armario eléctrico, que presenta algún tipo de defecto en el 39,1 % de los casos. En cuanto a los defectos de estos

armarios, el más común en el 88,37 % de los casos era que el armario no presentaba cerradura en el mismo para evitar las manipulaciones por personal no cualificado. El resto de defectos encontrados en dichos armarios, en el 11,63%, se debe a que el cuadro se encuentra en el exterior y no posee o no se aprecia protección con un grado de protección conforme a norma (el grado de protección se denominado IP).

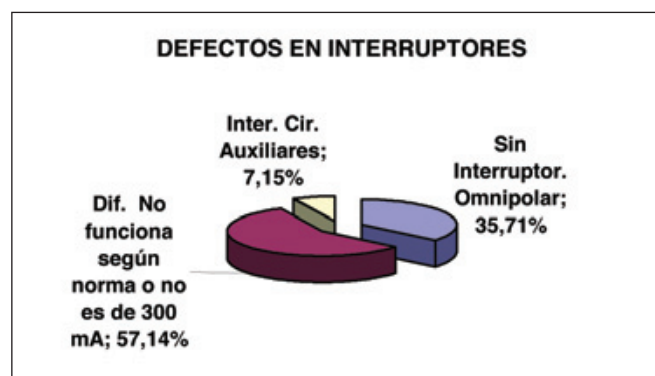


Gráfica 2

Distribución de defectos en Armario Eléctrico

(Fuente: elaboración propia)

La variable nº 13 sobre interruptores presenta algún tipo de defecto en el 12,73 % de los casos, siendo el defecto más común en el 57 % de los casos el que el interruptor diferencial no actúa según norma de fabricación, o bien no es el adecuado, seguido de la no presencia de interruptor onnipolar en el cuadro (36 % de los casos). En algunos casos puntuales (7 %) se mezclaban los circuitos de la obra con los propios de la grúa, por ejemplo con los circuitos de alumbrado, etc.



Gráfica 3

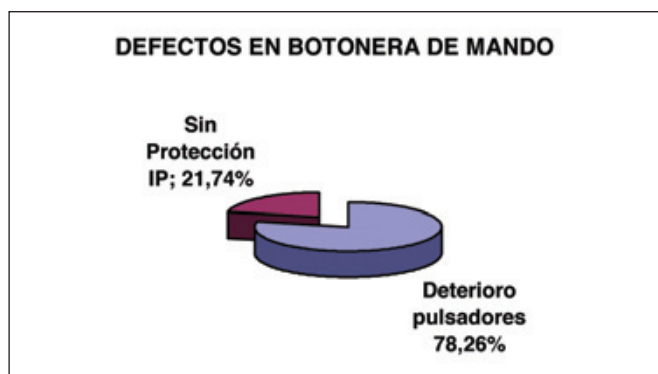
Distribución de defectos en Interruptores

(Fuente: elaboración propia)

La variable nº 14 sobre tensiones (voltaje) presenta defectos en el 6,36 % de los casos, siempre referidos a la tensión de contacto. El defecto se produce cuando se obtiene un valor de tensión de contacto superior a 24 V. Este defecto puede deberse tanto a que el interruptor diferencial de 300 mA se encuentre defectuoso y no derive a tierra correctamente, como a que la instalación de tierra no sea adecuada, presentando una resistencia superior a 80 .

La variable nº 15 *botonera de mando* presenta defectos en el 20,91 % de los casos, siendo el más común el deterioro de la misma en relación con el estado de pulsadores en el 78 % de los casos. Hay que subrayar que el marcado de grado de protección IP-45 no puede comprobarse en muchas ocasiones, debido a que se encuentra borrado.

Debido a que el defecto predominante en la botonera es que se encuentra deteriorada, analizando la correlación de *Pearson* con la variable de la *acreditación del contrato de conservación*, se obtiene un índice de valor 0.689, lo que indica que aquellas grúas sin contrato de conservación suelen tener la botonera en mal estado.



Gráfica 4
 Distribución de defectos en Botonera de mando
 (Fuente: elaboración propia)

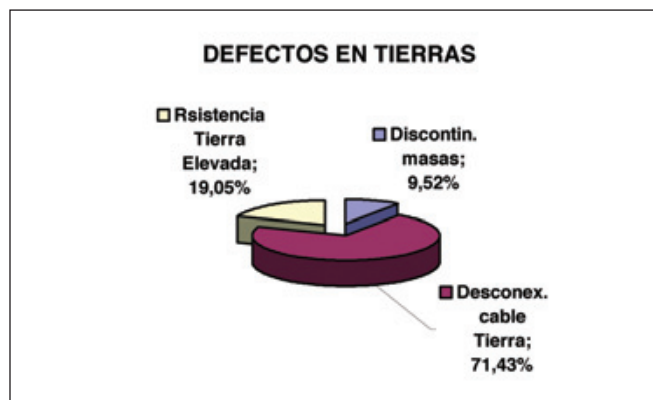
La variable nº 16 sobre el interruptor de emergencia presenta defectos en el 13,64 % de los casos, siendo el defecto predominante, en un 73 % de los casos, que no existe interruptor de emergencia o se instalan pulsadores de emergencia no válidos, como por ejemplo interruptores de paro/marcha en vez de interruptores de emergencia.



Gráfica 5
 Distribución de defectos en Interruptor de Emergencia
 (Fuente: elaboración propia)

Aunque el 80,9 % de las instalaciones poseen puesta a tierra para contactos indirectos, existen defectos en un 19,09 %. El defecto más común es la desconexión del cable de tierra a la estructura de la grúa (71,43 % de casos). Este defecto se suele

corregir *in situ* durante la inspección. El resto de defectos se puede observar en la gráfica adjunta.



Gráfica 6
 Distribución de defectos en Tierras
 (Fuente: elaboración propia)

4. CONCLUSIONES

Hay que subrayar en primer lugar la novedad del trabajo que se presenta frente a otros realizados hasta ahora, puesto que estos se han basado en el análisis de los partes de accidente oficiales, una vez producidos estos, mientras que esta investigación se ha fundamentado en los datos obtenidos durante la inspección *in situ* de las condiciones de seguridad de los equipos estudiados, lo que puede permitir la anticipación a situaciones que hasta el momento no se hubiesen actualizado en forma de accidentes con lesiones.

Entre los hallazgos que obtenidos, hay que destacar sin duda por su relevancia y potenciales efectos negativos en la siniestralidad relacionada con las grúas torre, la escasa formación específica que se constata de los gruístas, que en el momento de realizar el estudio era una carencia en el 81% de los casos.

Otros hallazgos detectados son que la cerradura del cuadro eléctrico en el 39,1 % de los casos no hacía su función de impedir el acceso al personal especializado o de grado de protección adecuada, la falta de toma de tierra en el 19,1 %, los defectos en la botonera de mando en el 20,91 %, o los interruptores diferenciales no conformes en el 12,73% de los casos.

Sin embargo, hay que destacar también especialmente la falta de acreditación del contrato de conservación en el 13,6%

Los resultados proporcionan información de utilidad para proyectistas, instaladores, conservadores, usuarios y administración con competencias en la materia.

de los casos, que podría explicar parte de los otros defectos encontrados.

En definitiva, el nivel de seguridad de dichas instalaciones es insuficiente, suponiendo un importante riesgo que es preciso atajar con el esfuerzo conjunto de los agentes implicados.

5. AGRADECIMIENTOS

Los resultados que aquí se presentan se han obtenido con la financiación de la Junta de Andalucía, a través de la Orden de 19 de julio de 2005, para el desarrollo de actividades de estudio de la Prevención de Riesgos Laborales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. Aparatos pesados de elevación. UNE 58-101-92. Madrid: AENOR, 1992.
- Häkkinen K. "Crane accidents and their prevention". *Journal of Occupational Accidents*. 1978, 1, p. 353-361.
- Häkkinen K. "Crane accident and their prevention revisited". *Safety Science*. 1993, 16, p. 267-277
- INSHT. *Análisis de la mortalidad por Accidentes de Trabajo 2002* [En línea]. Disponible en www.mtas.es/insht/statistics/mort02_AC.htm#
- INSHT. *VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo*. [En línea]. Disponible en http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Informe_VI_ENCT.pdf
- McCan M. "Deaths in construction related to personnel lifts". *Journal of safety Research*. 2003, 34, p. 507-514
- Mohan S, Zech MC. "Characteristics of worker accidents on NYDOT construction projects". *Journal of Safety Research*. 2005, 36, p.353-360
- Neitzel RL, Seixas NS, Ren KK. "A review of crane safety in the construction industry". *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2001, 16 (12), p. 1106-1117
- Nores FJ, Blanco-Montero JM. *Equipos de Trabajo Vinculados a Riesgos Graves de Caída de Altura en las Obras de Construcción*. La Coruña: APECCO, 2006. 270 p. Fondo Bibliográfico de la Construcción. Depósito legal C3406-2006
- Shepherd GW, Kahler RJ, Cross J. "Crane fatalities – a taxonomic analysis". *Safety Science*. 2000, 36, p. 83-93.
- Suruda A, Egger M, Liu D. (1997): Crane-Related Deaths in the US Construction Industry in *electronic library of construction occupational safety and health* [en línea], centers for disease control and prevention [ref. octubre de 1997]. Disponible en

LEGISLACIÓN

- España. REAL DECRETO 2291/1985, de 8 noviembre, que aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención, Boletín Oficial del Estado, de 11 de diciembre de 1985, núm. 296, p. 39103 - 39105
- España. REAL DECRETO 474/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo de las comunidades europeas 84/528/CEE sobre aparatos elevadores y de manejo mecánico. Boletín Oficial del Estado, de 20 de mayo de 1988, núm. 121, p. 15323 - 15325
- España. REAL DECRETO 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre maquinas. Boletín Oficial del Estado, de 11 de diciembre de 1992, núm. 297, p. 41972 - 41994
- España. LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, de 10 de noviembre, núm. 269, p. 32590 - 32611
- España. REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Boletín Oficial del Estado, de 31 de enero de 1997, núm. 27, p. 3031 - 3045
- España. REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Boletín Oficial del Estado de 7 de agosto de 1997, núm. 188, p.37486-37489
- España. REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, de 25 de octubre de 1997, núm 256, p. 30875 - 30886.
- España. REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (ITC-BT-32. Instalaciones con fines especiales. Máquinas de elevación y transporte e ITC-BT-33 Instalaciones con fines especiales. Instalaciones provisionales y temporales para obras) Boletín Oficial del Estado, de 18 de septiembre de 2002, núm. 224, p. 33084 - 33086
- España. REAL DECRETO 836/2003, de 27 de junio, por el que se aprueba una nueva Instrucción técnica complementaria «MIE-AEM-2» del Reglamento de aparatos de elevación y manutención, referente a grúas torre para obras u otras aplicaciones. Boletín Oficial del Estado, de 17 de julio de 2003, núm. 170, p. 27845
- España. REAL DECRETO 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. Boletín Oficial del Estado, de 11 de octubre de 2008, núm. 246, p.40995-41030.