

Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009

Characterization of the maintenance management of biomedical equipment in emergency services in clinics and hospitals in Medellin period 2008-2009

Caracterização da gestão da manutenção da equipe biomédica em serviços de urgência de clínicas e hospitais de Medellín no período 2008-2009

William Orozco Murillo, MSc¹, Fabián Cortés Mancera, MSc¹

Recibido: febrero 29 de 2012 • Aceptado: febrero 27 de 2013

Para citar este artículo: Orozco W, Cortés F. Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009. Rev Cienc Salud 2013; 11 (1): 35-44.

Resumen

La gestión de mantenimiento es una herramienta de gran impacto que apoya al personal de Ingeniería en el desarrollo, control y dirección de programas de mantenimiento para el equipo médico. *Objetivo:* caracterizar la gestión de mantenimiento en servicios de urgencia de clínicas y hospitales del área metropolitana de Medellín en el período 2008-2009. *Materiales y métodos:* se realizó una encuesta a jefes y técnicos de mantenimiento en once entidades prestadoras de servicios de salud, clasificadas en tercer nivel y pertenecientes a la red de salud del municipio de Medellín. *Resultados:* entre las instituciones encuestadas se encontró que la causa de falla más común en los equipos del servicio de urgencia es el mal manejo de los equipos (75%) por parte de los operarios y que 70% del mantenimiento es realizado por personal con experiencia en el área (tecnólogos en mantenimiento de equipo biomédico e ingenieros biomédicos). En las once instituciones públicas y privadas encuestadas se halló que solo se contaban con cronogramas de mantenimiento y/o con información desactualizada concerniente a las hojas de vida de los equipos, planes de mantenimiento o adquisición y baja de equipos. *Conclusión:* el estudio muestra la existencia de debilidades en ciertos puntos de la gestión, incluyendo mala organización, poca disponibilidad de repuestos originales y falta de capacitación en el personal que maneja los equipos.

Palabras clave: *gestión de mantenimiento, equipo biomédico, servicio de urgencia, Ingeniería Biomédica.*

¹ Instituto Tecnológico Metropolitano. Grupo de Investigación e Innovación Biomédica Sinergia. Correspondencia: williamorozco@itm.edu

Abstract

Maintenance management is a tool that supports Biomedical Engineering staff in the development, control and direction of maintenance programs for medical equipment. *Objective:* to characterize the maintenance management of biomedical equipment in emergency areas of medical institutions in the metropolitan area of Medellín during 2008-2009. *Materials and methods:* a survey was conducted with chiefs and maintenance technicians of eleven institutions classified at level 3, belonging to the health network of the municipality of Medellín. *Results:* among the medical institutions included in the present study, it was found that 80% of equipment failure was related with mishandling of the devices, and 70% of maintenance work developed during the period of study was carried out by qualified Biomedical Technicians/ Technologist. On the other hand, a weakness was observed in programs for medical equipment maintenance of the surveyed institutions, as it was found that most of them had only working PM schedules, and outdated record information of equipment regarding, maintenance, acquisition or decommissioning plans of equipment. *Conclusion:* the study shows the existence of weaknesses in certain areas of the maintenance, such also poor organization and management, and poor availability of original spare parts.

Keywords: maintenance management, biomedical equipment, emergency service, Biomedical Engineering.

Resumo

A gestão de manutenção é uma ferramenta de grande impacto que apoia ao pessoal de Engenharia no desenvolvimento, controle e direção de programas de manutenção para os aparelhos médicos. *Objetivo:* caracterizar a gestão de manutenção em serviços de urgência de clínicas e hospitais da área metropolitana de Medellín no período 2008-2009. *Materiais e métodos:* realizou-se uma enquete a chefes e técnicos de manutenção em onze entidades prestadoras de serviços de saúde, classificadas em terceiro nível e pertencentes à rede de saúde do município de Medellín. *Resultados:* entre as instituições pesquisadas encontrou-se que a causa de falha mais comum nos aparelhos de serviço de urgência é a má gestão dos aparelhos (75%) por parte dos operários e que o 70% da manutenção é realizada por pessoal com experiência na área (tecnólogos em manutenção de equipe biomédica e engenheiros biomédicos). Nas onze instituições públicas e privadas pesquisadas encontrou-se que só contavam-se com cronogramas de manutenção e/ou com informação desatualizada concernente aos currículos dos aparelhos, planos de manutenção ou aquisição e retiro de aparelhos. *Conclusão:* o estudo mostra a existência de debilidades em determinados pontos da gestão, incluindo má organização, pouca disponibilidade de sobressalentes originais e falta de capacitação no pessoal que administra os aparelhos.

Palavras chave: gestão de manutenção, aparelhos biomédicos, serviço de urgência, Engenharia Biomédica.

La gestión de mantenimiento es una herramienta para apoyar al personal médico y de Ingeniería en el desarrollo, el control y la dirección de programas de mantenimiento para el equipo médico, con el objetivo de contribuir a una operación más segura de la tecnología instalada y a un costo efectivo (1).

Las metas de la gestión de mantenimiento para equipos médicos son:

- Proporcionar un entorno seguro y funcional mediante el mantenimiento adecuado de todos los equipos y espacios.
- Otorgar la documentación esencial y necesaria de todos los equipos y espacios.
- Minimizar la cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación de mantenimiento de todos los equipos y espacios (2).

La gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos se hace cada vez más importante en el mundo debido a la creciente demanda de servicios médicos hospitalarios, a los altos costos de la tecnología, a su constante crecimiento y evolución, a la necesidad de mejorar procesos para ser más competitivos y para el mejoramiento de los procesos de calidad, de los equipos de alta, media y baja tecnología, así como para aumentar la seguridad del paciente y del usuario del equipo (3).

Para mejorar los procesos de calidad en la prestación de los servicios de salud, el Gobierno colombiano reglamentó el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en Salud, por medio del Decreto 2309 del 15 de octubre de 2002, cuyo Artículo 10 hace referencia a las condiciones de capacidad tecnológica y científica, pero este decreto no es tan funcional como se desearía para lograr la calidad, la eficiencia y la eficacia que todos se proponen (4, 5).

Dentro de la literatura consultada se encuentran algunos trabajos acerca del estudio de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en varias áreas o servicios de hospitales en Colombia, información relacionada con la caracterización de los proveedores de servicios de mantenimiento en instituciones de salud, con el inventario de equipo médico en algunas áreas de un hospital entre las cuales se encuentra el servicio de urgencia, con la calidad de los servicios de mantenimiento prestados por entidades externas a las instituciones de salud y a la calidad del mantenimiento cuando es efectuado por personal de la misma institución y, por último, un estudio realizado por el Hospital General de Medellín y cuyo objetivo fue elaborar una guía para dar cumplimiento al Programa Nacional de Tecnovigilancia, en el cual se contemplan algunos aspectos de la gestión de mantenimiento como la seguridad de los pacientes, de los equipos médicos y de sus operarios (6-8).

De acuerdo con lo anterior y con los estudios poco profundos que se han realizado en la ciudad de Medellín en cuanto al tema seleccionado se realizó un estudio en el período 2008-2009 en el servicio de urgencia en diferentes instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) públicas y privadas de Medellín, con el objetivo de caracterizar la gestión de mantenimiento de los equipos médicos y el estado de la organización del mantenimiento y así proporcionar información a los gerentes de los hospitales para definir acciones de mejora que les permita acercarse a lo que el Gobierno establece (8).

Materiales y métodos

Tipo de estudio: descriptivo de tipo transversal.
Instituciones participantes: se hizo un muestreo no probabilístico por conveniencia, dirigido a entidades de salud de tercer nivel y en especial al área de mantenimiento del equipo médico de dichas instituciones. Para esto, se

seleccionaron once entidades prestadoras de servicios de salud, de carácter público y privado, clasificadas en tercer nivel y pertenecientes a la red de salud del municipio de Medellín. En todos los casos hubo consentimiento institucional y del personal de mantenimiento para participar en el presente estudio.

Caracterización de la gestión: para la recolección de la información se aplicó una encuesta de diez preguntas al jefe de mantenimiento y a uno de los técnicos con una experiencia no inferior a cinco años en la realización de las actividades de la gestión de mantenimiento en cada una de las instituciones seleccionadas. Dichas preguntas tenían la intención de determinar las fallas de los equipos y algunos aspectos relacionados con la planificación del mantenimiento; es importante destacar que el personal encuestado respondió la totalidad de las preguntas.

En el aplicativo para la encuesta se incluyeron los siguientes aspectos:

- Equipamiento en la sección de urgencias: equipos con los que cuenta el servicio, antigüedad de los mismos en cuanto al número de años posteriores a su compra, equipos que más fallan, errores más comunes, existencias de hojas de vida.
- Personal dedicado al mantenimiento de equipos y dispositivos biomédicos: cargo y profesión del personal encargado de planificar y controlar el mantenimiento de los equipos del servicio y número de personas que forman parte de este proceso.
- Gestión y desarrollo del mantenimiento: procedimiento que se desarrolla para el mantenimiento de los equipos, frecuencia de estos mantenimientos, fortalezas y debilidades que tiene la gestión del mantenimiento en el hospital, articulación de la metrología y la gestión del mantenimiento en el ser-

vicio de urgencia y planes de habilitación, certificación y acreditación de la institución.

Análisis estadístico: los resultados obtenidos fueron digitalizados en Excel, con una codificación estricta que mantenía la reserva de la institución participante; la única indicación hacía referencia a su carácter público o privado y a las variables consultadas (equipamiento, personal y organización de la gestión). Los datos fueron agrupados en frecuencias relativas y absolutas y para su comparación se utilizaron pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales, disponibles en el programa SPSS V13 de Windows (9).

Resultados

Para el estudio objeto de esta investigación se aplicó una encuesta a entidades de salud públicas y privadas de la ciudad de Medellín (figura 1).

De las encuestas realizadas a los jefes y técnicos de mantenimiento en las once instituciones incluidas en el estudio se destacan los resultados acerca de la causas de fallas más comunes en los equipos del servicio de urgencia (figura 2), encontrando en primer lugar, tanto en las instituciones públicas como privadas, el mal manejo de los equipos por parte de los operarios (75%), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = <0,05$), seguido por daños en el cableado (55%) y fallas en los componentes electrónicos (54%). En general, estos hallazgos podrían tener un origen en la alta carga de trabajo que se maneja en los servicios de urgencia de las instituciones, aunque no se descarta la existencia de fallas en la inducción o capacitación del personal que labora en urgencias. Lo anterior podría servir para que los encargados de la gestión, planificación y documentación de los mantenimientos diseñen instrumentos, estrategias y guías de operación de cada equipo, con el fin de disminuir en algún porcentaje las fallas por su mala operación.

Figura 1. Sector económico de las instituciones encuestadas

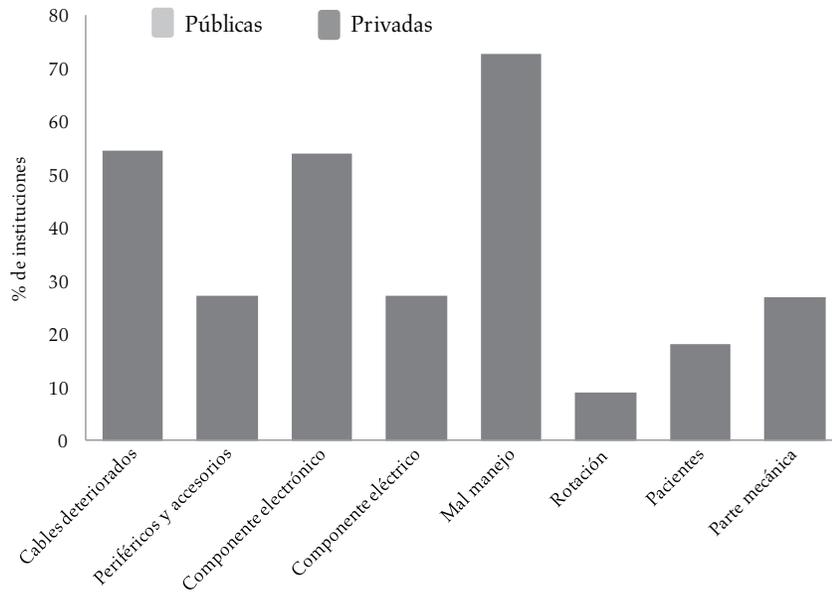
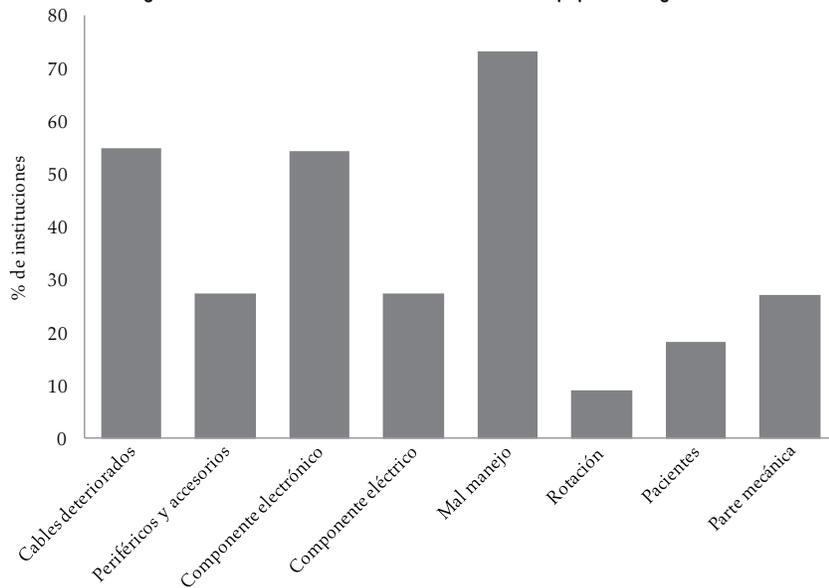


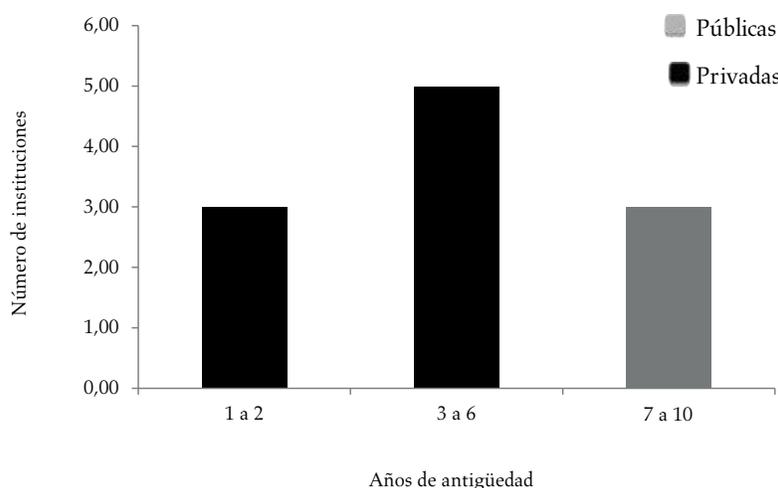
Figura 2. Causas más comunes de falla en los equipos de urgencia



Respecto a la antigüedad de los equipos, se observó que existían equipos con una antigüedad entre 1 y 2 años (tres instituciones), entre 3 y 6 años (cinco instituciones) y entre 7 y 10 años (tres instituciones). Al evaluar el número de años que tenían los equipos según el sector al que pertenecía la institución (pública o privada), se halló que las instituciones públicas

poseían equipos con más años de servicio en promedio (entre 7 y 10 años), sin una diferencia estadísticamente significativa ($p = > 0,05$); esto podría estar reflejando una mayor calidad en el servicio de mantenimiento preventivo realizado por estas instituciones y/o menor cantidad de recursos económicos destinados para compra de nuevo equipamiento (figura 3).

Figura 3. Antigüedad de los equipos en las instituciones encuestadas



A partir de la figura 3 se podría sugerir a los jefes de mantenimiento o a los encargados de la adquisición de los equipos biomédicos en las instituciones de salud públicas, analizar las recomendaciones de la Emergency Care and Research Institute (ECRI) (10), acerca de no tener dispositivos médicos con más de diez años de servicio, ya que esto podría poner en riesgo la seguridad del mismo, de los pacientes y de los operarios; sin embargo, el cumplimiento de lo anterior se dificulta en las instituciones de salud públicas de los países en desarrollo, debido a los pocos recursos económicos destinados a estas actividades (11).

Al indagar por el personal encargado del mantenimiento de los equipos, se encontró que un 70% del mantenimiento es realizado

por tecnólogos en mantenimiento de equipo biomédico (ocho instituciones) e ingenieros biomédicos (tres instituciones) (tabla 1). Aunque las instituciones privadas presentaban en promedio mayor cantidad de personal para el mantenimiento, tanto ingenieros como tecnólogos y otros profesionales en relación con las instituciones públicas (5,3 frente a 2,3), lo cual indica una mayor disponibilidad de recursos, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = > 0,05$). Se observó además que el promedio en cuanto a la cantidad de equipos disponibles en el servicio de urgencia es similar entre las instituciones (22,3 en las públicas y 23,1 en las privadas).

Tabla 1. Personal encargado del mantenimiento de los equipos

Parámetro	Carácter de la institución		Valor de p ^β
	Pública	Privada	
Promedio de equipos	22,3	23,1	>0,05
Número*	2,3	5,3	>0,05
Personal	Ingeniero biomédico	0	3
	TMEB	1	7
	Otros ingenieros	3	3
	Estudiantes MEB	0	4
	Otros ^α	3	8

* Promedio de personal por tipo de institución. ^α Oficiales de construcción, metrologos, administradores, tecnólogos electrónicos, técnicos o personal contratado por outsourcing. ^β Chi cuadrado.

Entre otros aspectos, se halló que un 50% de la articulación de la metrología y la gestión del mantenimiento en el servicio de urgencia era desarrollada por fuera de las instituciones y la otra mitad al interior de estas; en cuanto a los planes de habilitación, certificación y acreditación se encontró que todas estaban habilitadas y que están en el proceso de certificación y acreditación. Como un hallazgo crítico, en las once instituciones se observó que solo se contaba con cronogramas de mantenimiento y/o con información desactualizada concerniente a las hojas de vida de los equipos, a los planes de mantenimiento o adquisición y a la baja de equipos.

Discusión

Teniendo en cuenta el Anexo Técnico No.1 de la Resolución No. 1043 del 3 de abril de 2006 de la Superintendencia de Salud, en el que se establecen las condiciones que deben cumplir los prestadores de servicios de salud para habilitar los servicios de urgencia, se encontró que las once instituciones cuentan con el número mínimo de equipos necesarios para la prestación del servicio y la antigüedad de los equipos en cuanto al número de años de servicio igualmente está dentro del promedio de diez años

(figura 3) (12). Sin embargo, en lo relacionado con las hojas de vida de los equipos se encontró que estas no suministran la totalidad de la información que sugiere dicho Anexo y hay desactualización en lo concerniente a los planes de mantenimiento preventivos, la calibración, la adquisición y la baja de equipos, entre otros.

La calidad de la atención médica se puede obtener con la aplicación de la ciencia y la tecnología a las labores de mantenimiento de los equipos, lo cual puede generar el máximo de beneficios para la salud sin aumentar los riesgos, por ello la mejora de la calidad en el sector salud requiere disponer de estándares, formatos, información o normas que permitan comparar y facilitar la gestión y la planificación de la calidad del mantenimiento, guiando a los responsables en su camino de mejora para proporcionar al usuario la confianza de acceder a un servicio de salud (13).

Lo anterior muestra la debilidad de las entidades de salud encuestadas respecto a una adecuada gestión de mantenimiento. No existe aún una visión global del problema de las tecnologías médicas y su conexión con la prestación de los servicios de salud, lo que ha propiciado que la atención de los equipos se realice con

base en un cronograma de tareas y no con base en el seguimiento y en el historial de fallas y mantenimiento de los equipos, lo que puede poner en peligro la seguridad del paciente y el usuario al carecer de una información actualizada y confiable del verdadero estado funcional del equipo, lo que ocasionaría intervenciones erróneas a las variables técnicas de este (14, 15).

En lo relacionado con el personal dedicado al mantenimiento de equipos biomédicos, se encontró que el número de personas encargadas del mantenimiento no es suficiente en comparación con el número de equipos existentes en la institución, aspecto más marcado en las instituciones públicas. Es preocupante que en muchas de ellas el personal encargado de la gestión, del mantenimiento propio de los equipos y de su manejo no tenga la suficiente capacitación y experiencia para realizar dichas tareas, como en el caso de las instituciones que encargan el mantenimiento a los estudiantes en prácticas y a veces sin el debido acompañamiento (tabla 1) (6). Esto muestra la necesidad que tiene la ciudad de que las instituciones de educación superior con programas de Biomédica realicen estos diagnósticos en las diferentes instituciones de salud, con el fin de formar tecnólogos y profesionales idóneos basados en las necesidades encontradas en las instituciones de salud (16).

De otra parte, se obtuvo que la programación del mantenimiento en las instituciones se hace con base en un cronograma de tareas, ya que en algunas de ellas no se cuenta con la información suficiente de los equipos debido a la ausencia de registros históricos de datos de los mismos (7, 14). Ello permite identificar la existencia de una cultura débil en cuanto a la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento; la gestión de mantenimiento apenas se encuentra en los inicios de su implementación como una actividad sistemática

y sistémica. Asimismo, la gestión de mantenimiento no estaría percibiéndose como una fuente promisoría de innovaciones organizativas para las entidades prestadoras de servicios de salud donde se implementen. La gestión de mantenimiento de los equipos desempeña un papel muy importante, a tal punto que permite garantizar la seguridad del paciente, del operario y del técnico en todo momento (17).

El lenguaje global de la salud pública requiere estándares para el seguimiento y transparencia en la prestación de servicios de salud, de forma que permita ganar la confianza de los usuarios y mejorar la imagen y la caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencias en las entidades de salud, lo cual generaría una percepción de seguridad en la población de interés (18). La acción local y global de la salud pública precisa la gestión de mantenimiento de los equipos en las entidades de salud para que estas sean más competitivas, innovadoras y organizadas en su interior en cuanto a la documentación y cultura de la gestión de mantenimiento de los equipos y de la infraestructura hospitalaria (19).

Frente a las implicaciones gerenciales, las instituciones de salud necesitan tomar conciencia acerca de la importancia que tiene el desarrollo de un conjunto de herramientas y actividades que permitan supervisar la calidad de los servicios prestados a las instituciones por los proveedores de mantenimiento tanto externos como internos, herramientas que pueden ser obtenidas si se hace una adecuada gestión de mantenimiento en las diferentes áreas de atención de hospitales y clínicas (6).

Basados en el presente estudio descriptivo, no existe una claridad conceptual amplia y adecuada por parte de las personas involucradas en el mantenimiento, en el uso y administración de los equipos ni de la importancia que tiene una adecuada gestión de mantenimiento en

el incremento de la vida útil de los equipos en los servicios de urgencia (18,19). Según la búsqueda realizada en bases de datos de literatura biomédica, este reporte se constituye como uno de los primeros estudios realizados en Medellín (Colombia) en cuanto al estado del tema.

Conclusiones

La mayoría de las instituciones que participan en la encuesta tienen deficiencias en la organización de la gestión de mantenimiento, ya que muchos de ellos solo cuentan con un cronograma de mantenimiento y la información concerniente a las hojas de vida de los equipos, planes de mantenimiento, planes de adquisición y baja de equipos no está actualizada.

Gran parte de los daños en los equipos se debe a su mala operación, quizá debido al alto índice de estrés que existe en el servicio de urgencia de los hospitales o por la falta de capacitación en el manejo de los equipos por parte del personal que labora en este servicio.

La metrología todavía no está bien definida en los hospitales, pues no se tienen planes de aseguramiento metrológico bien definidos para los equipos y acoplados con los planes de mantenimiento preventivos que se deben realizar.

Lo anterior se suma a que el personal para el mantenimiento en muchos casos es un grupo de practicantes de las universidades locales.

En los hospitales apenas se está adquiriendo la cultura de la acreditación y certificación, lo que abre las puertas para que las instituciones de educación superior apoyen a los hospitales en estos procesos al igual que en la metrología de los equipos, puesto que en este momento es una de las grandes necesidades que tiene el sector de la salud. Por último, los hospitales requieren capacitación en el manejo de los equipos de bajo y mediano riesgo, con el fin de aumentar su confiabilidad y disponibilidad.

Es necesario que las instituciones de educación superior con programas de Biomédica realicen diagnósticos en las diferentes instituciones médicas para formar tecnólogos y profesionales idóneos basados en las necesidades y debilidades encontradas.

El presente artículo es uno de los primeros reportes descritos en Medellín (Colombia) acerca de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales. Un mayor número de estudios deberá ser realizado con el fin de conocer el estado de dicha gestión.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a las instituciones de salud que participaron voluntariamente en el proyecto, a los jefes de mantenimiento y técnicos que permitieron las entrevistas y al Grupo de Investigación e Innovación Biomédica Sinergia. Igualmente, a la Dirección de Investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), institución universitaria adscrita a la Alcaldía de Medellín, por la financiación del proyecto "Caracterización de la gestión del mantenimiento en servicios de urgencia de la ciudad de Medellín" (P06-202) y a los estudiantes de sexto semestre de Tecnología en Mantenimiento de Equipo Biomédico del ITM, Tatiana Arboleda, Tatiana Grisales y Hans David Grijalba, por su apoyo en la tabulación de las encuestas.

Bibliografía

1. Rodríguez E, Miguel A, Sánchez MC. Gestión de mantenimiento para equipos médicos. En: Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana; Centro de Bioingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ISPJAE; 2001. p. 1-5

2. Carnero M. Simulation of trends of maintenance policies. A case study in a Hospital. En: Memorias: 7th WSEAS International Conference on applied computer & applied computational science (Acacos'08), Hangzhou; World Scientific and Engineering Academy and Society; 2008. p. 294-9.
3. Temple-Bird C, Kaur M, Lenel A, Kawohl W. How to organize the maintenance of your healthcare technology. "How to manage" series for healthcare technology. Guide 5. St Albans: Ziken International Consultants Ltd; 2005.
4. Colombia, Ministerio de Protección Social. Decreto 2309, Por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud, (15 de octubre de 2002).
5. Orozco W. Tendencias actuales de la gestión de mantenimiento hospitalaria e industrial. Medellín: ITM; 2007.
6. Cruz AM, Usaquén S, Vanegas N, Lopera C. Aplicación de técnicas de clustering para caracterizar proveedores de servicios de mantenimiento. *Rev Salud Pública* 2010; 12 (3): 464-73.
7. Cruz AM, Aguilera WA, Días DA. A comparative study of maintenance services using the data-mining technique. *Rev Salud Pública* 2010; 11 (4): 653-61.
8. Vásquez C, Pérez M. Guía para la implementación del Programa Nacional de Tecnovigilancia en el Hospital General de Medellín. *Rev EIA* 2011; 5 (9): 60-78.
9. Montgomery D. *Design and analysis of experiments*. 3ra ed. Nueva York: John Wiley & Sons; 2003.
10. Emergency Care and Research Institute. Medical devices. Application of risk management to medical devices International Organization for Standardization ISO 14971 2000. [Consultado el 18 de febrero de 2013]. Disponible <http://www.gsco.co.kr/data/sample/pds/multi/files/ISO%2014971%20%EC%9C%84%ED%97%98%EB%B6%84%EC%84%9D.pdf>
11. Estrada J, Cifuentes P. Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel: Módulo de Ingeniería Biomédica [informe final de pasantía]. Cali: Universidad Autónoma de Occidente; 2011.
12. Colombia, Ministerio de Protección Social. Anexo Técnico No.1 de la Resolución No. 1043, Manual Único de Estándares y de Verificación (3 de abril de 2006).
13. García AL. Control de las funciones operativas de un departamento de Ingeniería Biomédica. *Rev Mex Ing Biomed* 2007; 28 (1): 13-20.
14. López G, Llamosa L. Diagnóstico de la calibración del equipo biomédico en entidades de salud del departamento de Risaralda. *Rev Salud Pública* 2008; 10 (3), 462-9.
15. Cruz AM, Perilla SP, Pabón NN. Clustering techniques: Measuring the performance of contract service providers. *IEEE Eng Med Biol Mag* 2010; 29 (2): 116-29.
16. Rodríguez E. *Manual de Ingeniería Clínica, Gestão de Tecnologias Médico Hospitalares e Workshop Engenharia Clínica*. Florianópolis: Cujae; 2006.
17. Organización Panamericana de la Salud. *Guía del evaluador de hospitales seguros*. Washington D. C.: Organización Panamericana de la Salud; 2008.
18. Orozco W. Línea de investigación en gestión de mantenimiento con aplicación al equipo hospitalario. *Cintex* 2001; 9: 71-75.
19. Orozco W, Cardona E. *Cartilla técnica del desfibrilador*. Medellín: ITM; 2008.