

Metodología para la inspección de equipo médico

E. S. Coronel Mendoza^{1*}, Esther Segura Pérez²

¹ Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd, México

² Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd, México

* elsi.coronel@hotmail.com

Resumen— La demanda y la variedad de tecnologías de los equipos médicos está en aumento, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) se calcula que existen 1,5 millones de dispositivos médicos diferentes, de los cuales hasta el 80 % en un país en desarrollo pudieran estar inoperables, causando la falta de disponibilidad del equipo, el cual repercute de manera crítica en la calidad de vida del paciente y en algunos casos del mantenimiento de la vida humana. En este trabajo se propone una metodología de cuatro fases que permite identificar la causa de la falla de los equipos médicos con base a tres enfoques de estrategias de mantenimiento (organización, análisis de fallas y riesgo) e implementada en una cicladora de diálisis peritoneal la cual limpia y retira el exceso de líquido de la membrana peritoneal ya que se estima que para el 2025 existirán alrededor de 212,000 pacientes con insuficiencia renal.

El resultado de la metodología refleja una minimización en el tiempo promedio de inspección en un 30.7 % respecto al año anterior aumentando la disponibilidad del equipo.

Palabras clave— **Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), mantenimiento basado en riesgo (MBR), mantenimiento productivo total (TPM).**

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos y el crecimiento en la investigación, ha tenido como consecuencia una amplia diversidad de tecnologías médicas caracterizadas por su complejidad, las cuales están a nuestra disposición para prestar servicios de salud como la prevención, tratamientos, rehabilitación y diagnóstico de enfermedades.

Para que las instituciones de salud ofrezcan una atención médica de calidad, se requiere que sus equipos funcionen de forma eficiente para garantizar, la disponibilidad y sobre todo la seguridad tanto del paciente como para quienes operan los equipos, por lo cual se requiere de mantenimiento efectivo.

El mantenimiento permite conservar los equipos a un estado de operación normal para el cual fue diseñado, reduciendo los paros durante su funcionamiento, proporcionando mayor disponibilidad y confiabilidad del mismo. A pesar de que cada equipo médico requiere de mantenimiento de acuerdo con su tecnología, existen actividades para su inspección que nos permiten localizar la causa de la falla.

La metodología propuesta se basa en tres enfoques de mantenimiento para equipos en general tales como: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM por sus siglas en inglés), Mantenimiento Total Productivo (Por sus siglas en inglés TMP) y Mantenimiento Basado en Riesgos (por sus siglas en inglés RBI) y otras herramientas, para definir una serie de actividades para el remplazo del equipo. A continuación, se explican.

El TPM propone una serie de actividades enfocadas a reducir los tiempos muertos, las averías y los defectos [1].

El RCM tiene como objetivo determinar las acciones, para minimizar el riesgo y el impacto de fallo de los equipos. A diferencia de otras metodologías de mantenimiento, RCM se centra en los componentes del sistema y de los subsistemas, además de la fiabilidad de estos, es decir la probabilidad condicional de fracaso del equipo, donde el primer criterio es la seguridad, seguido por los costos de producción y operación [2].

El mantenimiento basado en riesgo (falla inesperada en los equipos) se enfoca en reducirlo[3].

El Análisis del Modo y Efectos de Fallo (AMEF o por sus siglas en inglés FMEA) facilita identificar el componente susceptible de averiarse, su implementación se basa en cuantificar los efectos ocasionados por lo fallos [4].

El análisis ABC identifica los artículos que requieren de mayor atención para su control y el análisis VED se basa en valores críticos, los artículos se pueden clasificar en tres categorías: Vitales, esenciales y deseables [5].

La metodología propuesta no considera un programa de mantenimiento del hospital en general, el cual es responsabilidad del departamento de mantenimiento de planearlos y desarrollarlos. La propuesta contempla desde el momento en que el equipo médico es enviado al técnico en mantenimiento para su reparación cabe señalar que el personal técnico puede o no tener experiencia en el funcionamiento y mantenimiento del equipo a evaluar.

II. METODOLOGÍA

1) *Metodologías para el mantenimiento:* De acuerdo con [6] existen tres diferentes estrategias de mantenimiento:

estrategias básicas, intensivas e integrales, dependiendo de las actividades que involucren.

Las estrategias básicas intervienen al presentarse el fallo, mientras que las moderadamente intensivas, involucran mantenimiento correctivo y preventivo, sin embargo, no hay una sistematización ni optimización de las sustituciones de piezas. En las estrategias intensivas, el mantenimiento es sometido a una constante mejoría y las maquinas críticas son identificadas para realizar técnicas de mantenimiento predictivo. En cuanto a las estrategias integrales (RCM, TPM y RBM), se basan en filosofías de producción y de mantenimiento industrial.

Los programas de mantenimiento difieren respecto al equipo médico, su complejidad y la frecuencia de inspección, [7] los clasifica de acuerdo con el servicio (reparaciones menores, mayores y mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo) y los periodos de la ejecución de la inspección (diario, semanal, mensual y trimestral).

2) *Metodología propuesta*: Se basa en tres enfoques (RCM, TPM Y RBI). Esta metodología facilita la identificación de la causa de la falla presentada durante el funcionamiento del equipo, así como mejorar la calidad del mantenimiento y minimizar el tiempo de la inspección. La metodología identifica cuatro módulos con actividades clave para el mantenimiento del equipo: inspección, verificación, detección de la falla y pruebas de liberación. Como lo muestra la Fig. 1.

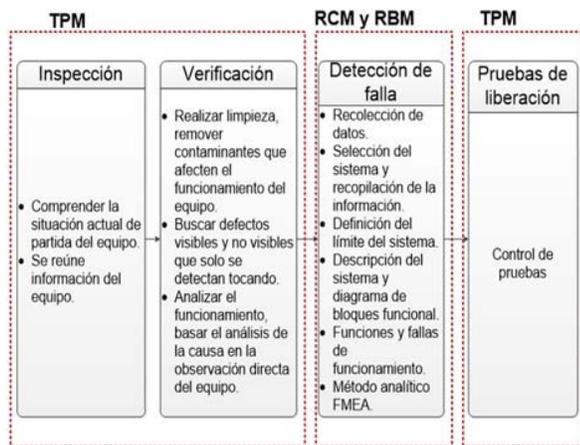


Fig. 1. Base de la metodología propuesta.

Inspección se revisa la situación actual del equipo es decir la razón por la cual se requiere de mantenimiento y se reúne información.

Verificación se buscan defectos visibles que afecten el rendimiento del equipo y su funcionamiento de acuerdo con la observación directa y el manual de operación.

Detección de falla se realiza un análisis de modo de fallo y sus efectos.

Pruebas de liberación se realizan para verificar su funcionamiento correcto y que se corrigió la causa de la falla.

La actividad previa para la implementación de la metodología de mantenimiento es verificar los requerimientos del departamento o taller de mantenimiento, como se muestra en la tabla 1.

TABLA I
REQUISITOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO

1	Historial de mantenimientos previos
2	Manual del equipo
3	Capacitación del personal de mantenimiento
4	Calibración de los instrumentos y herramientas
5	Instalaciones adecuadas
6	Inventario
7	Documentación de la orden de servicio del equipo

III. RESULTADOS

El proceso de mantenimiento del equipo integra las metodologías antes expuestas en cuatro módulos que se muestran en la Fig. 2 y se describen a continuación los resultados obtenidos.

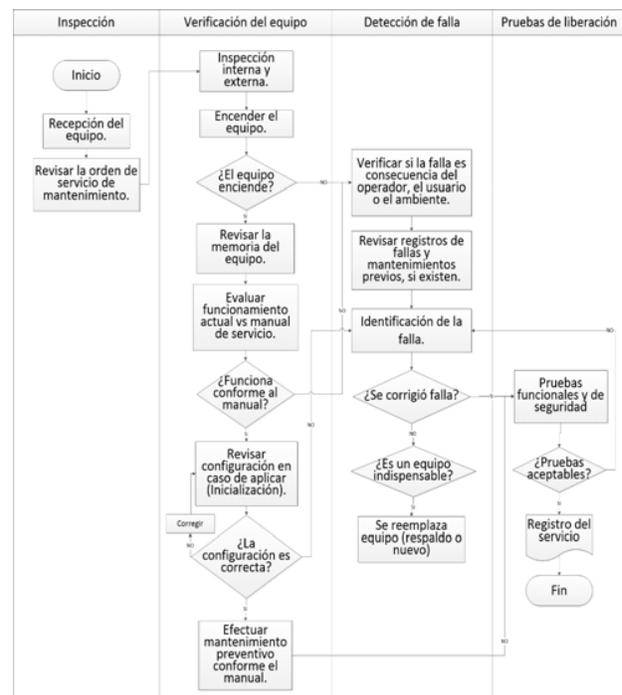


Fig. 2. Proceso del mantenimiento.

Inspección: Se revisaron las condiciones físicas del equipo (libre de contaminantes) de acuerdo con la orden de servicio y la información proporcionada, la cual dependerá de la institución.

Verificación: La revisión visual interna y externa del equipo identificaron desperfectos, los cuales se repararon, ajustaron o cambiaron, para eliminar causas posibles de la falla. En la comparación del estado actual del equipo con los manuales de operación (funcionamiento, configuración y los parámetros operativos) [8], se localizó las funciones del equipo que no cumple con los estándares requeridos.

Detección de la falla: Se identificaron sus modos de fallos, los efectos de la falla y las consecuencias respondiendo a siete preguntas que se son la base del RCM [4].

Visualizando las entradas y salidas del sistema (cicladora), identificando funciones primarias (funciones que un activo tiene que cumplir en un proceso) y secundarias (funciones que el activo está capacitado para cumplir en adición a las funciones primarias) [9].

De cada subsistema se identificaron piezas significativas para su funcionamiento, a través de ABC-VED mostrados en la tabla II. Se realizó la clasificación ABC para identificar los principales componentes de consumo y una clasificación VED para los componentes críticos para su funcionamiento [5]. En la tabla III se muestra los componentes o piezas principales de acuerdo con el análisis anteriormente descrito.

TABLA II
CLASIFICACIÓN ABC-VED

	VITALES		ESENCIALES		DESEABLES		Tota de piezas	% de Piezas
	Categoría	Piezas	Categoría	Piezas	Categoría	Piezas		
A	AV	2	AE	7	AD	1	10	6%
B	BV	3	BE	9	BD	4	16	10%
C	CV	3	CE	42	CD	92	137	84%
		8		58		97	163	100%
% de Piezas.		5%	36%	60%				

TABLA III
COMPONENTES PRINCIPALES

Descripción			
1	Modulo	9	Compresor
2	Pcb	10	A. Tablero
3	Cable ac	11	G. Membrana
4	Cable de corriente	12	Molde
5	Fuente de alimentación	13	Batería
6	Interruptor de alimentación	14	Medo
7	Cable digital	15	Puerta interior
8	Fusible	16	Cuna calefactora

La herramienta FMEA [10] con el apoyo de los diagramas neumáticos y el histórico de fallas del equipo permite la identificación y el acotamiento de las piezas con mayor impacto en su operación, la cual centra su análisis con las piezas identificadas a través de la clasificación ABC-VED y el diagrama de Pareto de fallas.

IV. CONCLUSIÓN

Los diversos enfoques propuestos en la metodología permite la identificación de la falla del equipo a través de cuatro fases (inspección inicial, verificación, identificación de la falla y pruebas de liberación). En cada de una se implementan herramientas de calidad (diagrama de Pareto, Ishikawa, etc.) y de clasificación (ABC-VED) para minimizar el tiempo de la intervención y futuras fallas posibles.

Al implementar la metodología de cuatro fases se logró identificar la causa de la falla y el tiempo promedio que se invirtió en cada una de ellas disminuyó un 30.7% respecto al año anterior como se muestra en la Fig.3. En términos de horas, el tiempo de inspección antes de la implementación en promedio se utilizó 3 horas invertidas por equipo y con la metodología disminuyó a 2 horas.

En trabajos futuros se pretende implementar la metodología a un mayor número de equipos médicos para mejorar la metodología.

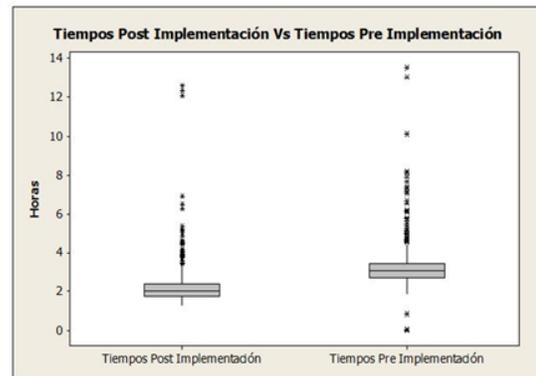


Fig. 3 Tiempo invertido en el mantenimiento antes y después de la metodología.

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a la Universidad Nacional Autónoma de México y al CONACYT por el apoyo brindado.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Seiichi N, "Introducción al TPM: Mantenimiento Productivo Total", Productivity Press Inc, 1988, ch.1, pp.2.



- [2] S.O. Duffuaa and A. Raouf, “Planning and Control of Maintenance Systems”, Springer International Publishing, 2015. ch.11, pp.245-257. DOI 10.1007/978-3-319-19803-3
- [3] Arunraj, N.S. & Maiti, J, “Risk-based maintenance—techniques and applications”, Journal of Hazardous Materials Vol. 142, pp. 653-661, 2007
- [4] F. J. G. Fernández, “Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado”, España: Fundación Confemetal, 2005, ch 7, pp.247.
- [5] Gupta R, Gupta KK, Jain BR, Garg RK, “ABC and VED Analysis in Medical Stores Inventory Control”. Medical Journal Armed Forces, 63(4):325-327, 2007
- [6] F.T. Sánchez Marín, A. Pérez González, J. L. Sancho Bru y P. J. Rodríguez Cervantes, “Mantenimiento mecánico de máquinas”, UNIVERSITAT JAUME I, 2007, ch 1, pp.17
- [7] G. Malagón-Londoño, “Administración Hospitalaria”, Bogotá: Médica Internacional, 2008, ch. 13, pp. 188–350
- [8] *Manual para la localización lógica de fallas y su corrección de equipo para la salud*, Washington: Organización mundial de la salud, 1989, pp. 267–270.
- [9] C. A. Parra and A. Crespo, “Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos”, INGEMAN, 2012., ch. 7, pp. 110–125
- [10] S.O. Duffuaa and A. Raouf, “Planning and Control of Maintenance Systems: Modelling and Analysis, Modelling and Analysis”, Springer, 2015 ch. 7, pp. 110–125.