

# METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE EQUIPO BIOMÉDICO

Pacheco A<sup>1</sup>, Pimentel AB<sup>1</sup>, Rodríguez R<sup>1</sup>, Ortiz M<sup>2</sup>, Salazar R<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Biomédica, INER, <sup>2</sup>Lab. de Inv. en Procesamiento

de Imágenes y Señales Biomédicas, UAMI, <sup>3</sup>Licenciatura en Ingeniería Biomédica UAMI

Calz. de Tlapán 4502, col. Sección XVI, CP 14080, Email: [ingbio@diego.iner.gob.mx](mailto:ingbio@diego.iner.gob.mx), [castpach@prodigy.net.mx](mailto:castpach@prodigy.net.mx)

## RESUMEN

Se presenta una Metodología para la Evaluación de Equipo Biomédico (MEEB), basada en la definición de variables en tres campos de evaluación; dichas variables pretenden cuantificar el estado físico, técnico y funcional del equipo en su entorno clínico y económico. La evaluación está programada en un lenguaje visual y entrega valores numéricos y gráficas que permiten alertar sobre la pertinencia de mantener en evaluación los equipos biomédicos en funcionamiento.

**Palabras clave:** *Evaluación tecnológica, equipo biomédico.*

## 1. INTRODUCCION

El desempeño de los equipos biomédicos puede ser evaluado desde diversos ángulos, en particular son de interés los aspectos técnico, clínico y económico. Para las instituciones de salud es de importancia conocer el estado físico y funcional que guardan sus equipos en relación con su capacidad de satisfacer las necesidades clínicas para las que fueron adquiridos y la conveniencia económica de su funcionamiento. Regularmente, estas instituciones basan sus decisiones de sustituir y/o reubicar sus equipos biomédicos en la experiencia o en criterios cualitativos, en muchos casos sesgados por presiones comerciales y modas en las técnicas médicas. En instituciones de alta capacidad instalada, en donde la cantidad de equipos se cuenta por cientos, la tarea de evaluarlos periódicamente se complica y requiere de una forma ordenada de obtener datos a partir de variables cuantitativas que permitan medir los aspectos relevantes de cada equipo.

Diversos autores han propuesto metodologías para evaluar equipos biomédicos [1,2,3,4]. Algunos autores, han definido un conjunto de aspectos técnicos, clínicos y económicos; sin embargo, no proponen una forma cuantitativa de evaluarlos [1,3]. En otros casos, las evaluaciones son rígidas, ya que emplean ponderaciones binarias, en función de presencia o ausencia del aspecto evaluado [2,4], sin considerar que muchos aspectos presentan un comportamiento gradual en su desarrollo en el

tiempo. En todos los casos, los métodos propuestos han sido diseñados países desarrollados, donde la económicas y la integración de la tecnología médica con el usuario y el técnico es sumamente diferente a lo que acontece en los países latinoamericanos. Bajo esta premisa, este trabajo tiene como objetivo el diseño de una Metodología de Evaluación de Equipo Biomédico que permita cuantificar la pertinencia de los equipos biomédicos, ofreciendo información confiable y objetiva, en función de todos los aspectos que involucran su funcionamiento.

## 2. METODOLOGÍA

La MEEB cuenta con tres campos de evaluación, el técnico (T), representa un 45% del peso total de la evaluación, el económico (E) con 30% y el clínico (C) con 25%. Cada campo se forma por un grupo de variables que permiten cuantificar todos los factores importantes en el estado, desempeño y consumo de los equipos biomédicos. A cada variable se le asigna un valor tomando en cuenta límites establecidos que van desde el desempeño óptimo del equipo hasta el valor mínimo de esta variable cuando el equipo ya no es funcional, posteriormente este valor es multiplicado de acuerdo a una escala ponderada por la relevancia de este factor. Este nivel de importancia se obtiene al observar si éste aspecto puede por sí solo detener el funcionamiento del equipo, además si es posible revertir este proceso. En otras palabras una variable se considera Muy Importante (MI) si detiene el funcionamiento del equipo y no es reversible, Importante (I) si logra detener el funcionamiento del equipo pero el proceso de reversión si es posible, o si el proceso no es reversible pero no detiene al equipo, y por último se considera Poco Importante (PI) si es reversible y su ausencia no detiene el funcionamiento del equipo.

*Evaluación Técnica.* Evalúa aspectos relacionados con el ámbito funcional y técnico del equipo, atendiendo además ciertos aspectos relacionados con la obsolescencia y la estandarización. Este campo es el más importante de la evaluación, no solo por tener el porcentaje más alto, además contiene variables tan

significativas que por sí solas pueden determinar que el equipo obtenga una evaluación no aprobatoria.

Las variables en esta evaluación son: edad (PI) ponderada por la intensidad de uso, porcentaje de tiempo fuera de servicio por falla o mal uso durante un año (I), número de años con soporte de refacciones (MI), número de años con soporte de consumibles (MI), soporte técnico humano (MI), manual de usuario (I), manual de servicio (I), normas de seguridad(I), especificaciones técnicas del equipo (I) y homogeneización (PI) . *Evaluación Clínica:* Este campo esta basado en aspectos subjetivos, por lo que su cuantificación se realiza mediante la aplicación de un cuestionario que pretende explorar desde el punto de vista del usuario el desempeño del equipo en su aplicación clínica, el cumplimiento respecto a las expectativas del área en la que se desempeña, y el grado de conocimiento del usuario sobre el funcionamiento del equipo. Las variables evaluadas son : utilidad, (MI) contribución (MI), confiabilidad (I), periodicidad de uso(PI), facilidad de uso (PI) y utilidad del equipo en comparación con la ausencia de éste(PI). *Evaluación Económica:* Evalúa los aspectos relacionados con los costos implícitos en el uso del equipo por medio de tres indicadores que son: análisis de reemplazo (I), costo de mantenimiento sobre costo de sustitución (I) y costo de operación equipo evaluado sobre costo de operación del equipo sustituto(I). Para obtener el valor del análisis de reemplazo es necesario conocer el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), el cual nos indica los costos relacionados con un equipo y homogeniza el impacto de los costos iniciales en todo su período de vida útil, proyecta a un determinado número de años los costos de operación y mantenimiento. Se calcula el CAUE para el equipo sustituto y se compara con el CAUE del equipo evaluado, el menor de ellos es la mejor opción.

Una vez que cada una de las variables obtiene su valor correspondiente, se integra a la ecuación de su campo correspondiente, por lo que la evaluación puede ser atendida desde el punto de vista de cada uno de los campos. Finalmente el valor final de nuestra evaluación lo encontramos integrando la expresión:

$$V=0.45*T+0.30*C+0.25*E$$

El valor numérico **V** es un reflejo del nivel de desempeño y estado en el que se encuentra el equipo. El valor de **V** se ubica en una escala de 0 a 100%. Sí

**V** < 50% , entonces es *Equipo en Mal Estado* y se recomienda reemplazo inmediato. Sí todos los campos obtienen una puntuación mayor de 50% y **V** > 50% pero **V** < 70 % , entonces el equipo se considera en *Aceptable Estado* y no se da plazo para reemplazo pero se recomienda volver a evaluar en 1 años. Sí **V** > 70%, entonces el equipo está en *Buen Estado* y se recomienda volverlo a evaluar en 3 años. La Tabla 1 nos muestra un ejemplo de la evaluación técnica del MEEB, los datos son reales obtenidos de un Ventilador Puritan Bennett modelo 7200 .

**Tabla 1**  
Evaluación técnica

<b>Evaluacion Tecnica</b>		
Edad	5 Años	100%
Intensidad de uso	75%	75%
Tiem fuera desc	0 Dias	100%
Sop Refac	10 años	100%
Sop Cons	10 años	100%
Sop Tec humano	Mayor a 3 años	100%
Manual Usuario	Disponible	100%
Manual Servicio	Disponible	100%
Seguridad	Cumple	100%
Especificaciones	Cumple	50%
Homogenización	Equipo único	100%
Tiem fuera mal uso	0 Dias	100%
<b>RESULTADO</b>		<b>780000</b>
<b>PORCENTAJE</b>		<b>81.25%</b>

El desarrollo anterior es almacenado en una base de datos utilizando una plataforma visual en ambiente Windows, esta interfase permite además revisar la evaluación de una forma gráfica, informar el tiempo de la siguiente evaluación y mostrar el estado actual del equipo. Se intenta concatenar este software con la base de datos del equipo médico del Instituto, obteniendo de forma automática datos del equipo e información necesaria para la evaluación.

### 3. RESULTADOS

En un principio aplicamos datos simulados con propuestas parciales, en donde revisamos el comportamiento de nuestras fórmulas, estas propuestas fluctuaban desde condiciones óptimas del equipo hasta condiciones extremas. Se hizo una caracterización de cada una de las fórmulas, se hicieron ligeros cambios a las estructuras planteadas

en un principio con el fin de redondear y afinar la ecuación final. Posteriormente la evaluación fue aplicada en equipos con características diferentes escogidos al azar con el fin de revisar el comportamiento del MEEB. En la Tabla 2 presentamos los resultados de la evaluación de 5 de estos equipos.

**Tabla 2**

Equipo	T	C	E	Total
Electrolitrometro	34.1	33.3	30.0	32.6
Ecocardiógrafo	81.5	23.4	80.0	66.4
Ventilador	93.3	35.9	55.0	67.4
Electrocauterio	61.5	78.4	75.0	69.7
Espirómetro	86.6	94.8	80.0	86.6

Estos datos son obtenidos con ayuda del software descrito anteriormente y graficados de tal forma que podemos apreciar el grado de funcionalidad en cada campo, la figura 1 nos muestra la grafica correspondiente al análisis visual. En ella podemos apreciar el valor obtenido por el análisis en cada campo del sistema, el plano se forma al unir los valores de cada uno de los ejes, que representan a cada campo. La gráfica obtenida presenta un degradado de colores que varía desde rojo en el centro hasta un verde claro en los extremos, esto es un indicador visual del análisis, al alejarse del centro se encuentran los vértices del triángulo, coloreados de un color más verde, representativo del buen estado del equipo.

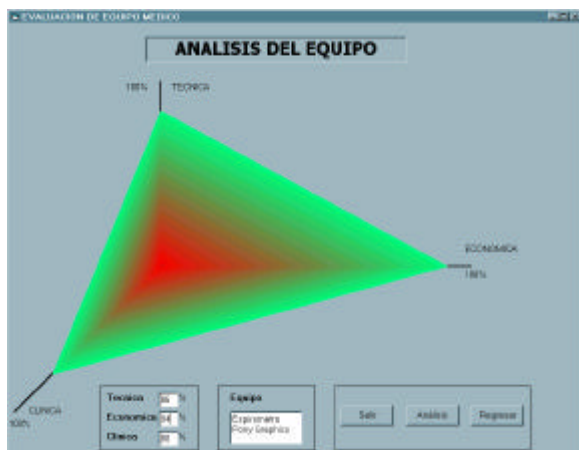


Fig. 1. Analisis del equipo.

#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son producto de la aplicación de la metodología propuesta; la validez de

ellos y su cercanía al estado físico y funcional real de los equipos fue contrastada con la opinión de quienes mayor contacto y experiencia tienen sobre estos equipos, su percepción coincide con dichos resultados cuantitativos. Es importante resaltar que aun cuando pudiera considerarse cierto grado de arbitrariedad en las escalas y valores con los que son calificados las variables, esta metodología ofrece un valor cuantitativo que permite alertar sobre el estado que guardan los equipos y como se comporta en los tres campos de evaluación. La intención fundamental de esta evaluación es encontrar índices que alerten sobre el estado físico y funcional de los equipos, de una manera periódica, metódica y constante, sobre una amplia base de equipo, que de otra forma sería imposible evaluar.

#### 5. CONCLUSIONES

Esta metodología ofrece información necesaria y suficiente para la toma de decisiones en desincorporación y/o reubicación de equipos. Es un método el cual respalda en forma cuantitativa cualquier acción y decisión que afecte directamente al equipo ya sea para su mantenimiento preventivo anual, un mantenimiento correctivo o compra de consumibles. La forma de evaluación fue diseñada considerando sólo aspectos medibles y objetivos; el valor de **V**, alerta sobre aquellos equipos que requieren ser sustituidos o reubicados, de acuerdo al valor que se obtenga en cada campo. El campo **T**, evalúa el estado físico y funcional del equipo; **C** lo hace en su contexto de funcionamiento; mientras que **E**, permite visualizar su rendimiento respecto al gasto de manutención. La perspectiva inmediata de este trabajo es incorporarla a un sistema automatizado de administración de equipo biomédico, lo que nos permitirá simplificar la evaluación constante, aprovechando la base de datos incorporada en este sistema.

#### REFERENCIAS

- [1] J. Tobey Clark, Raymond Forsell, Biomedical Instrumentation & Technology, Vol. 14, 271-276, july/august 1990.
- [2] Fennigkoh, L. A "Medical Equipment Replacement Model", Journal of Clinical Engineering, Vol. 17, No. 1, pag 41-47, 1992
- [3] Capuano M, "Technology Adquisition Strategies for Clinical Engineering, Biomedical Instrumentation & Technology", Vol. 23, 335-357, july/august 1997.
- [4] Cohen T, "Validating Medical Equipment Repair and Maintenance Metrics: A Progress Report", Biomedical

Instrumentation & Technology, Vol. 22, 23-32, january/february 1997.

- [5] Infante A. Evaluación de Tecnología en Salud. Revista Panamericana de Salud Pública. Vol 2, No 5, Noviembre de 1997.
- [6] Miller M. Lyfe Cycle Analysis in Value Engineering. Annual Conference and Exhibition of the American Society for Healthcare Engineering. 1995
- [7] Bronzino Joseph, Handbook of biomedical Engineering, 1995

# **METODOLOGIA PARA EVALUACION DE EQUIPO BIOMÉDICO**

## **ABSTRACT**

We show you a methodology for biomedical equipment evaluation, it has its bases over the definition of variables from three evaluation fields, those variables pretend to quantify the physical, technical and functional state of the equipment, inside of his clinical and economical environment. The evaluation has been programmed in a visual language, and it deliver numerical values and graphics, that let us be alert over the pertinence of keep in evaluation the biomedical devices