

## Un Estudio de *Benchmarking* de Proveedores de Mantenimiento de Autoclaves entre Tres Instituciones de Salud

Z. Núñez-Alcántara<sup>1</sup>, A. B. Pimentel-Aguilar<sup>2</sup>, M. R. Ortiz-Posadas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D. F.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Biomédica, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, México, D. F.

**Resumen**—El Departamento de Ingeniería Biomédica del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias realiza la gestión del mantenimiento preventivo/correctivo (MP/C) de sus equipos médicos, y con el fin de optimizar los recursos financieros destinados a estos servicios, ha buscado mejorar los procesos de contratación de sus proveedores de mantenimiento. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un método para analizar el proceso de contratación de servicios de MP/C, mediante la comparación de las propuestas técnica y económica de los proveedores. En este trabajo se aplicó la técnica de *benchmarking* al proceso de adquisición de servicios de mantenimiento para las autoclaves instaladas en tres instituciones de salud de tercer nivel.

**Palabras clave**—*Benchmarking*, mantenimiento preventivo/correctivo subrogado, evaluación de proveedores, autoclaves.

### I. INTRODUCCIÓN

En el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) el Departamento de Ingeniería Biomédica (DIB) realiza la gestión del mantenimiento preventivo/correctivo (MP/C) de los equipos médicos instalados. El DIB ha buscado mejorar los procesos de contratación de estos servicios con el fin de optimizar los recursos económicos destinados a este fin. En este sentido se elabora anualmente un programa que contiene el presupuesto para la contratación de estos servicios. En este proceso se establecen las rutinas de mantenimiento preventivo (MP) de acuerdo al tipo, la marca y el modelo del equipo médico, tomando en cuenta las especificaciones técnicas y el costo del servicio de mantenimiento correspondiente. Sin embargo en la elaboración de este programa, realizar la planeación resulta complejo, ya que implica definir los procedimientos técnicos y el monto económico de estos servicios. Los primeros han sido resueltos mediante las rutinas de mantenimiento específicas para cada equipo médico establecidas por el DIB; no obstante, optimizar los recursos financieros para estos servicios se ha vuelto una meta.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un método que permita analizar el proceso de contratación de servicios de MP/C subrogado, mediante la comparación de las propuestas técnica y económica de los proveedores, utilizando la técnica de *benchmarking* [1] que identifica procesos y prácticas similares entre organizaciones análogas, y tiene por objetivo comparar información específica de estos procesos y mejorar los de la organización que dirige el estudio.

En este trabajo el *benchmarking* se aplicó al proceso de adquisición de servicios de mantenimiento preventivo/correctivo (MP/C) para las autoclaves instaladas en tres instituciones de salud de tercer nivel (IS), el INER y dos instituciones más: IS<sub>1</sub>, IS<sub>2</sub>; lo cual se realizó a través de las tres primeras etapas del *benchmarking*: 1) Determinación del objeto de estudio, 2) Recopilación de la información, y; 3) Análisis de la información [1].

### II. METODOLOGÍA

En este trabajo el *benchmarking* se aplicó al análisis comparativo de las propuestas técnica y económica de los proveedores de MP/C de las tres instituciones de salud mencionadas. Las propuestas consideradas en este estudio fueron las que los proveedores proporcionaron en el año 2014. La información recopilada fue: las rutinas de mantenimiento, los requerimientos que los proveedores deben cumplir para participar en el proceso de contratación de estos servicios, y la lista de proveedores a los cuales se les adjudicó el contrato. A partir de esta lista se solicitaron las propuestas técnica y económica correspondientes a las autoclaves.

#### A. Propuesta Técnica

La propuesta técnica contiene una serie de rutinas de mantenimiento preventivo (MP) que el proveedor debe cumplir y ejecutar en los equipos. En estas rutinas se identificaron tres variables: a) servicio, que se refiere a la ejecución de la rutina; b) concepto, que son las actividades que componen la rutina, y; c) clave, compuesta por una letra, que indica la rutina; y un número, que identifica cada concepto.

Las rutinas de MP dependen del tipo, marca y modelo del equipo, por lo que para un mismo tipo de equipo pueden existir varias rutinas de mantenimiento. Por esta razón, las rutinas de MP de cada equipo fueron comparadas a través de sus conceptos; el concepto que coincidió en todas las rutinas se denominó concepto común. Con estos se formó una rutina que se llamó rutina común —RC— [2], la cual sirvió para estimar el costo en el mercado del servicio de mantenimiento particular.

#### B. Propuesta Económica

La propuesta económica está cotizada en moneda nacional (MN) y contiene dos apartados, el primero muestra

el precio global por la ejecución de la rutina de MP completa; y el segundo contiene los precios desglosados de los conceptos de la rutina en cuestión, con los cuales se establecieron los precios de la RC.

Es importante mencionar que una RC y sus conceptos pueden tener más de un precio, ya que depende del número de rutinas que se compararon para generarla. Por ejemplo, para un equipo médico cuya RC se generó a partir de la comparación de tres rutinas (A, B, y C), es necesario calcular su precio a partir del costo de cada una. Se identifican los precios de cada uno de los conceptos de la RC en las tres rutinas, se suman y se obtiene el precio de la rutina en cada caso; se hace el promedio por concepto y por el total, y se calcula la desviación estándar ( $\sigma$ ), lo cual genera el costo máximo y mínimo de la RC de mantenimiento. El análisis de las rutinas se realizó de forma semi-automática utilizando Microsoft Excel® 2010 [2].

### C. Matriz Comparativa de Conceptos

Se generó una matriz comparativa de conceptos que lista los aspectos y requerimientos que la institución de salud solicita a los proveedores, así como el costo total del servicio de mantenimiento. Dichos requerimientos agregan valor a una cotización y por ende, impactan en el precio de las rutinas de MP. En esta matriz se comparan aspectos de las propuestas técnica y económica, con la finalidad de hacer un análisis costo-beneficio que permita determinar qué institución obtiene la mayor ganancia en capacidad técnica y refacciones, al mejor precio.

La matriz comparativa de conceptos incorpora trece requerimientos que el DIB del INER solicita al proveedor y está dividida en cinco secciones: 1) Datos generales, en la que se registra información del contrato: tipo, marca, modelo y cantidad del equipo considerado en el contrato de mantenimiento. 2) Rutinas de MP, que valora tres aspectos: el número de rutinas definidas, el número de conceptos de cada una y cuántas veces se realiza al año. 3) Capacidad técnica del proveedor, se refiere a los requerimientos que el proveedor debe incluir en la propuesta técnica: materiales de limpieza y lubricación; mano de obra certificada; si en la realización del MP surge algún evento de mantenimiento correctivo (MC), se pide que sean resueltos en menos de 24 horas. 4) Refacciones. Se refiere a las refacciones que son utilizadas en el MP o aquellas que son necesarias en caso de una reparación, que pueden estar incluidas en la propuesta técnica o cotizarse por separado. 5) Propuesta económica, que es el desglose de los precios: por equipo, por rutina y/o por concepto. Es importante mencionar que el número de columnas de la matriz comparativa de conceptos depende del número de instituciones de salud que participen en el estudio.

## III.RESULTADOS

### A. Análisis de la Propuesta Técnica

**INER.** El Instituto contrató el mantenimiento para doce autoclaves de seis marcas y modelos diferentes. Se establecieron seis rutinas de MP con un número de conceptos que variaba entre 13 y 30 conceptos. La RC para las autoclaves del INER quedó definida con ocho conceptos (Tabla I).

**IS<sub>1</sub>.** Esta Institución contrató el mantenimiento para seis autoclaves de marcas y modelos diferentes. En este caso, a partir de una rutina general formada por diez conceptos, se derivaron tres rutinas que contienen un número menor de conceptos, acorde a las características del equipo. La RC para las autoclaves de esta institución quedó conformada por seis conceptos (Tabla I).

**IS<sub>2</sub>.** Esta Institución contrató el mantenimiento para ocho autoclaves de tres marcas y siete modelos diferentes, el número de servicios contratados fue dos al año y en la propuesta no se incluyeron refacciones. Se establecieron siete rutinas de mantenimiento con un número de conceptos que variaba entre cuatro y siete, y la RC quedó definida por cuatro conceptos (Tabla I).

TABLA I  
RUTINA COMÚN PARA LAS AUTOCLAVES EN LAS TRES INSTITUCIONES DE SALUD

IS	Concepto	Descripción de conceptos comunes
INER	1	Revisión de válvulas check
	2	Revisión de válvula de seguridad
	3	Chequeo y corrección de fugas en tuberías
	4	Revisión de válvula reguladora de presión
	5	Efectuar un proceso general de esterilización con carga de prueba comprobando en detalle: presión, temperatura, tiempos requeridos para completar cada fase del ciclo.
	6	Limpieza exhaustiva interna de cámara de esterilización
	7	Limpieza exhaustiva y pulido de puerta y superficies externas metálicas
	8	Limpieza externa de cubierta térmica de la cámara, tuberías y manómetros
IS <sub>1</sub>	1	Revisión de sistema de calefacción
	2	Limpieza de cámara y charola
	3	Tiempo de esterilización
	4	Tiempo total del ciclo
	5	Revisión de la puerta
	6	MP general
IS <sub>2</sub>	1	Desarmado, limpieza, rearmado del equipo
	2	Lubricación
	3	Revisión de conexiones del sistema eléctrico (incluyendo el control digital)
	4	Pruebas de funcionamiento

## B. Benchmarking de las Rutinas Comunes de las Autoclaves

Se realizó un análisis comparativo de los conceptos contenidos en la RC de cada una de las tres Instituciones que participaron en este estudio (Tabla I). Observe que el número de conceptos del INER es el mayor (ocho), seguido del IS<sub>1</sub> (seis) y del IS<sub>2</sub> (cuatro). Asimismo se analizó el contenido de los conceptos, observe que las tres rutinas consideran la limpieza del equipo (resaltado en gris claro). En el INER el concepto “limpieza” se identifica en los conceptos seis, siete y ocho, que identifican las partes donde debe realizarse: cámara de esterilización, puerta del equipo y cubierta térmica de la cámara, tuberías y manómetros. En el caso de la IS<sub>1</sub> la limpieza se indica en el concepto dos, en la cámara y charola del equipo. Para la IS<sub>2</sub> el concepto uno es donde se encuentra explícita esta actividad de forma general.

El *benchmarking* realizado a estas rutinas se hizo para identificar los conceptos genéricos que incluían, tales como limpieza, revisión de partes elementales, etc., con el fin de identificar los nombres comunes de las actividades de mantenimiento realizadas y así poder cuantificarlas e incorporarlas en la sección 2 de la matriz de comparación de conceptos (Tabla III).

## C. Benchmarking de los Precios de las Rutinas Comunes

Se hizo un análisis comparativo de los precios obtenidos para las rutinas comunes (Tabla II). Observe que para el INER, el precio máximo del concepto dos fue \$428MN, que es menor al precio promedio para los conceptos de la IS<sub>1</sub> de \$459MN. En el caso de la IS<sub>2</sub> se observa que el precio promedio de sus conceptos comunes está muy elevado, en relación a los precios de las otras dos Instituciones.

TABLA II  
PRECIOS DE LA Rutina COMÚN-AUTOCLAVE DEL INER, IS<sub>1</sub> E IS<sub>2</sub>

IS	Concepto	Promedio	$\sigma$	Costo mínimo	Costo máximo
INER	1	\$178	± \$70	\$108	\$248
	2	\$428	± \$69	\$358	\$497
	3	\$218	± \$108	\$110	\$325
	4	\$309	± \$112	\$195	\$418
	5	\$283	± \$105	\$178	\$387
	6	\$159	± \$60	\$99	\$220
	7	\$173	± \$54	\$118	\$227
	8	\$125	± \$37	\$88	\$162
IS <sub>1</sub>	Rutina común	\$1883	± \$429	\$1439	\$2298
	Concepto común	\$459	± \$26	\$433	\$485
IS <sub>2</sub>	Rutina común	\$3,011	± \$517	\$2,494	\$3,528
	Concepto común	\$2,275	± \$670	\$1,605	\$2,945
	Rutina común	\$9,099	± 2,680	\$6,420	\$11,779

En el caso de los precios de la RC para las tres Instituciones (Tabla II), observe que la de menor precio (\$1,883MN) fue la del INER, aun cuando tiene un mayor

número de conceptos; seguida de IS<sub>1</sub> con \$3,011MN y IS<sub>2</sub> con \$9,099MN. Asimismo se cuantificó en términos de porcentaje la diferencia entre los precios de las rutinas, siendo casi 160% superior la de IS<sub>1</sub> y 484% la del IS<sub>2</sub>, a la del INER. Claramente, el proveedor del IS<sub>2</sub> no fue competitivo en el mercado debido a sus altos precios,

## E. Matriz Comparativa de Conceptos de las Autoclaves

La matriz comparativa de conceptos de las autoclaves (Tabla III) se llenó con la información de las propuestas técnica y económica de los proveedores de las tres Instituciones. Observe que el número de rutinas fue diferente para cada Institución. La IS<sub>2</sub>, tuvo el mayor número con siete rutinas para ocho equipos, y la IS<sub>1</sub> con el menor número de tres rutinas para siete equipos; sin embargo el INER fue el que tuvo las rutinas con mayor número de conceptos.

Los requerimientos solicitados por Institución se cuantificaron de acuerdo al número de respuestas “Sí”. El INER y la IS<sub>2</sub> coincidieron en once, mientras que la IS<sub>1</sub> solicitó sólo cuatro requerimientos. Todas coincidieron en no solicitar equipo de respaldo (requerimiento seis), ya que debido a las características de las autoclaves esto no es viable. El INER y la IS<sub>2</sub> difirieron en los requerimientos de la sección cuatro (Refacciones), pues el INER estableció un precio unitario al proveedor para que cotizara las refacciones (requerimiento diez) y el IS<sub>2</sub> determinó cuáles debía cotizar el proveedor (requerimiento once).

En cuanto al precio global de la propuesta económica se observa que la IS<sub>1</sub> obtuvo el menor: \$27,772.00 MN. Al comparar el precio de la RC, observe que la de precio inferior fue la del INER con \$1,883.00 MN; el precio superior la obtuvo la IS<sub>2</sub> con \$9,099.42, con un 483.24% por encima del INER; y por lo tanto, al comparar los costos mínimos y máximos se observó que los del INER también fueron inferiores. De este modo se puede observar que los servicios de mantenimiento adquiridos por el INER fueron los de mejor (menor) precio y por la tanto los más competitivos.

## IV. CONCLUSIÓN

Se generó una rutina común (RC) de mantenimiento preventivo (MP), que contiene los conceptos que coinciden en todas las rutinas de MP analizadas para las autoclaves de las tres Instituciones de Salud de tercer nivel, que participaron en este estudio.

Se estableció el precio de dichas rutinas comunes en términos de un intervalo acotado por los costos máximo y mínimo y se obtuvieron tres precios para la ejecución del mantenimiento de las autoclaves.

Por otro lado, se obtuvo una matriz de comparación de conceptos entre las tres Instituciones de Salud, encontrando que los servicios de mantenimiento para las autoclaves

adquiridos por el INER resultó el de mejor calidad, con una mayor capacidad técnica del proveedor, con las refacciones incluidas y al menor costo, lo que permitió a su vez conocer las actividades de mantenimiento que se realizan y los costos incurridos en estos servicios en cada Institución, lo cual es una información muy útil para el departamento de ingeniería biomédica, en orden de obtener algunas referencias sobre los precios en el mercado de los servicios de mantenimiento de equipo médico.

#### RECONOCIMIENTOS

Los autores de este trabajo queremos agradecer a las dos Instituciones de Salud que participaron en este estudio

por su interés y colaboración al proporcionar la información necesaria, sin la cual este trabajo no hubiera sido posible.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Schlabig, Jill (2014, junio, 15). *Benchmarking Best Practice: Using Quality Measures to Strengthen Equipment Services*. [En línea]. Mayo/Junio 2009. Disponible en: <http://www.aami.org/htmconnect/BestPractices/2009MayJun.pdf>
- [2] Z. Núñez Alcántara, "Una metodología comparativa de las propuestas técnica y económica de los servicios de mantenimiento para el equipo médico del INER", Tesina, Licenciatura en Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 2015.

TABLA III  
MATRIZ COMPARATIVA DE CONCEPTOS DE LAS AUTOCLAVES DE LAS TRES INSTITUCIONES DE SALUD: INER, IS<sub>1</sub> E IS<sub>2</sub>.

Sección	Conceptos	Institución			
		INER	IS <sub>1</sub>	IS <sub>2</sub>	
1. Datos generales del contrato	Equipo	Autoclave	Autoclave	Autoclave	
	Vigencia del contrato	Anual	Anual	Anual	
	Código del expediente (opcional)	512551	-	584424	
	Número de equipos sujetos al MP	12	7	8	
	Número de marcas.	12	7	3	
	Número de modelos.	12	7	8	
2. Rutinas de mantenimiento	1. Rutinas de MP establecidas por el Instituto.	Si	No	Si	
	▪ Número de rutinas de mantenimiento.	6	3	7	
	▪ Número de conceptos contenidos en las rutinas (Letra de la rutina-Conceptos).	A-15 B-26 C-18 D-30 E-13 F-24	A-8 B-9 C-8	A-8 B-9 C-4 D-9 E-8 F-9 G-9	
	2. Número de servicios de mantenimiento anuales (No. Servicios-No. de equipos).	1-1 2-1 3-10	3-7	3-8	
	3. Capacidad técnica del proveedor	2. Materiales de limpieza y lubricación incluidos	Si	No	Si
	3. Mano de obra certificada en el MP	Si	No	Si	
	4. Atención a solicitud de MC en menos de 24 horas	Si	No	Si (8hrs)	
	5. Realización de MC las veces que sean necesarias	Si	No	Si	
	6. Equipo de respaldo de características equivalentes	No	No	No	
	7. Penalizaciones	Si	Si	Si	
4. Refacciones	8. Refacciones preventivas incluidas en p. económica	Si	Si	Si	
	9. Refacciones preventivas cotizadas por separado	Si	Si	Si	
	10. Precio unitario de las refacciones	Si	No	No	
	11. El DIB determina las refacciones a cotizar	No	No	Si	
	12. El proveedor cotiza las refacciones para el MP.	Si	No	Si	
13. Las refacciones deben ser originales.	Si	Si	Si		
5. Propuesta económica	Desglosa los precios por: a) equipo, b) rutina, c) rutina y conceptos, d) precio global	c	d	d	
	Precio global de la propuesta económica.	\$90,310	\$27,772	\$239,446	
	Precio de rutina: a) común, b) general	b \$1,883	b \$3,011	b \$9,099	
	Intervalo del precio de referencia de la r. común [costo mínimo, costo máximo].	[\$1,439,2.298]	[\$2,494,3,528]	[\$6,419,11,779]	