



Ministerio de Salud Pública
y Asistencia social

PROYECTO DE MANTENIMIENTO HOSPITALARIO



Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit

BENEFICIO ECONOMICO OBTENIDO DEL ALARGAMIENTO DE LA VIDA UTIL DE EQUIPOS HOSPITALARIOS COMO EFECTO DEL MANTENIMIENTO

ABRIL DE 1999

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. METODOLOGIA DE CALCULO	2
2.1. CALCULO DEL COSTO MÁXIMO ANUAL ADMISIBLE PARA MANTENIMIENTO	2
2.2. CALCULO DEL COSTO ANUAL PARA MANTENIMIENTO	3
2.2.1. COSTOS DE MANO DE OBRA	3
2.2.2. COSTOS DE MATERIAL GASTABLE	5
2.2.3. COSTOS DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	6
2.2.4. COSTOS DE REPUESTOS	8
2.2.5. COSTOS DE CONTRATOS DE MTTO.	9
2.2.6. COSTOS DIRECTOS	9
2.2.7. COSTOS INDIRECTOS	9
2.2.8. COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO	10
2.3. AHORRO EN COSTO DE REEMPLAZO INDUCIDO POR MANTENIMIENTO	11
3. DISCUSION DE RESULTADOS	11
4. CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	16
ANEXO I	VIDA UTIL DE EQUIPOS HOSPITALARIOS PARA LA OPCION CON Y SIN MANTENIMIENTO
ANEXO II	CALCULO DEL AHORRO ANUAL EN COSTOS DE REEMPLAZO DEBIDO A MANTENIMIENTO
ANEXO III	CALCULO DEL COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO
ANEXO IV	CALCULO DEL COSTO ANUAL DE MATERIAL GASTABLE
ANEXO V	CALCULO DEL COSTO ANUAL DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

ANEXO VI	CALCULO DEL COSTO ANUAL DEL PRESTAMO DE LOS EQUIPOS DE ANALISIS Y PRUEBA.
ANEXO VII	CALCULO DEL COSTO ANUAL DE REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO
ANEXO VIII	CALCULO DE COSTOS INDIRECTOS ANUALES
ANEXO IX	EJEMPLO DEL CALCULO DEL BENEFICIO ECONOMICO POR EL ALARGAMIENTO DE LA VIDA UTIL DE UN DESFIBRILADOR COMO EFECTO DEL MANTENIMIENTO
ANEXO X	ABREVIATURAS

ESTUDIO DEL BENEFICIO ECONOMICO OBTENIDO DEL ALARGAMIENTO DE LA VIDA UTIL DE EQUIPOS HOSPITALARIOS COMO EFECTO DEL MANTENIMIENTO

RESUMEN

El proceso para el cálculo del beneficio económico del mantenimiento obtenido como consecuencia del alargamiento de la vida útil se aplicó a un grupo de 104 equipos médicos y no médicos (32 líneas diferentes de equipos), típicos en el equipamiento de un hospital general de 100 camas [2]. El estudio se basa en el concepto de *Costo Máximo Admisible¹ de Mantenimiento* (Maintenance Cost Ceiling), entendiéndose por éste el valor máximo gastable en el mantenimiento de un equipo o instalación, de modo que los esfuerzos en mantenimiento no lleguen a ser absurdos o antieconómicos [1]; es decir, para que un mantenimiento sea económicamente rentable, *los costos de éste deberán ser inferiores al ahorro logrado por la prolongación de la vida útil del equipo como resultado del mismo proceso de conservación.*

A cada uno de los equipos incluidos en el estudio se les calculó el costo máximo admisible de mantenimiento (M_{\max}), para lo cual fue necesario considerar la vida útil para la opción que el equipo reciba mantenimiento (A_m) y para el caso que no reciba ningún mantenimiento (A_o) [8].

Una vez obtenido el M_{\max} se comparó con el costo que se requiere para proporcionar un mantenimiento preventivo y correctivo oportuno a los equipos, es decir, que para cada equipo se calcularon los costos directos (mano de obra, herramientas, repuestos, material gastable, etc.) e indirectos (agua, luz, personal administrativo) en que se incurre en el mantenimiento.

Con estos valores se puede deducir, aunque sea de una manera teórica, el ahorro que puede obtenerse durante la vida esperada de los equipos, debido a la acción de brindar un mantenimiento preventivo oportuno.

Los resultados obtenidos indican que para una inversión en 104 equipos hospitalarios de aproximadamente ¢ 6,410,000, se puede obtener un beneficio económico o ahorro anual, de ¢ 1,857,100 (29 % del costo de adquisición) en los costos de reemplazo debido al alargamiento de la vida útil, con un gasto anual en mantenimiento preventivo y correctivo de ¢ 572,000 (8.9% del costo de adquisición). Lo que implica una rentabilidad aproximada del 200%.

Se identificaron los equipos, que bajo el análisis económico realizado en este estudio, tienen índices de ahorro anuales atractivos para administradores y directivos de instituciones de salud; demostrándose con estos valores que invertir en mantenimiento no solo asegura la continuidad y confiabilidad en el funcionamiento de los equipos, sino también es un medio para lograr ahorros en la institución.

¹ Admisible desde el punto de vista económico

1. INTRODUCCION

Muchas veces los funcionarios y directivos de los sistemas de salud se presentan escépticos de invertir en el mantenimiento del equipamiento e infraestructura de los establecimientos de salud, debido a que no es claro para ellos el beneficio económico obtenido al hacerlo. Es por ello que el Departamento de Mantenimiento General del Ministerio de Salud de El Salvador, en el marco del Proyecto de Mantenimiento Hospitalario, se tomó la tarea de realizar un *estudio para determinar el ahorro que se obtiene con el desarrollo de un adecuado mantenimiento* en una diversidad de 32 equipos típicos de un hospital de 100 camas que representan un total de 104 de los 542 equipos proyectados según el estándar para ese hospital [2].

El método empleado para determinar el beneficio económico se basa en determinar el ahorro en el costo de reemplazo anual de un equipo, debido al alargamiento de *la vida útil*², como consecuencia de un *mantenimiento oportuno*. Es decir que en el estudio se determina un *Costo Máximo Admisible de Mantenimiento* (Maintenance Cost Ceiling) [1], entendiéndose por éste el valor máximo gastable en el mantenimiento de un equipo o instalación de modo que éste sea económicamente rentable.

Para el estudio fue necesario considerar la vida útil para ambos casos: *que reciba mantenimiento preventivo y que no*, por lo que fue necesario realizar un estudio simultáneo para determinar la vida útil de los equipos utilizando la técnica Delphi³ [8]. La vida útil estimada para los 32 equipos se presenta en el ANEXO I.

2. METODOLOGIA DE CALCULO

2.1 CALCULO DEL COSTO MAXIMO ANUAL ADMISIBLE PARA MANTENIMIENTO (M_{\max} ⁴)

El costo máximo anual admisible para mantenimiento (M_{\max}), es igual al *ahorro anual que se logra en el costo de reemplazo* gracias a la prolongación de la vida útil de los equipos como efecto de un mantenimiento oportuno; en otras palabras, el M_{\max} es el valor máximo que se puede invertir en la conservación de un equipo o instalación, de forma tal que, los esfuerzos en mantenimiento no lleguen a ser absurdos o antieconómicos [1].

² La vida útil la entendemos como el tiempo proyectado en el cual un equipo opera con todas las funciones para las que fue diseñado sin presentar riesgo para el operador y el paciente, hasta que sea necesario someterlo a un reacondicionamiento mayor (overhaul), haya llegado a ser obsoleto, o haya sufrido un deterioro total por envejecimiento.

³ El método Delphi es utilizado en investigaciones donde no se cuenta con datos o registros escritos del tema en estudio.

⁴ El significado de las abreviaturas utilizadas a lo largo del estudio se presenta en el ANEXO X.

El costo máximo anual admisible para mantenimiento (M_{\max}) para un equipo puede expresarse en función del costo de adquisición del equipo (R), y de la vida útil de éste para las condiciones en que recibe un mantenimiento oportuno (A_m), y cuando el mantenimiento es deficiente o inexistente (A_o) [1]:

$$M_{\max} = (R/A_o) - (R/A_m)$$

A su vez el costo máximo anual admisible para mantenimiento puede expresarse como porcentaje del costo de reemplazo ($MR\%_{\max}$) y viene determinado por la siguiente relación:

$$MR\%_{\max} = (100 \times M_{\max}) / R$$

Los valores de R , A_o , A_m , M_{\max} y $MR\%_{\max}$ para cada equipo se presentan en el ANEXO II, el cual muestra que los 104 equipos tienen un valor de adquisición de ¢6,410,000 y un costo máximo anual admisible para mantenimiento que asciende aproximadamente a ¢ 2,430,000 ($MR\%_{\max} = 37.9 \%$)

2.2 CALCULO DEL COSTO ANUAL PARA MANTENIMIENTO

Para calcular el costo real del mantenimiento se incluyeron:

- a) Costos directos: mano de obra, material gastable⁵, herramientas y equipos, etc.
- b) Costos indirectos: luz, agua, personal administrativo, etc.

2.2.1 Costos de Mano de Obra (CMO)

El costo de la hora-hombre (CHH) se calcula sobre la base del salario de un técnico de mantenimiento II (¢ 3,105/mes) según el escalafón del MSPAS.

Sueldo anual = (¢3,105) (12 meses)	= ¢ 37,260.00
AFP = (¢ 37,260) (0.055)	= ¢ 2,049.30
ISSS = (¢ 37,260) (0.06)	= ¢ 2,235.60
Aguinaldo = ¢ 1,733	= ¢ 1,733.00
Costo anual por técnico	<hr/> ¢ 43,277.90

⁵ El material gastable para tareas de mantenimiento

Si consideramos que en un año se cuentan con 241 días hábiles, el costo de la hora hombre se define, así:

$$CHH = \text{Costo anual por técnico} / \text{Días laborales al año} / \text{Horas laborales por día} / \text{Productividad}$$

$$= \text{¢ } 43,277.90 / 241 \text{ días} / 7 \text{ horas} / 70 \%$$

$$CHH = \text{¢ } 36.65$$

Para estimar el tiempo real que se dedica a la ejecución integral de una rutina de MPP en un equipo específico, se suma el tiempo ($HH_{\text{rutina mpp}}$) que toma desarrollar los pasos de la rutina, según el Manual de MPP [3], más una constante de 15 minutos que contempla el tiempo de conseguir el material a utilizar, gestionar la disponibilidad del equipo, etc.

$$HH_{\text{total rutina mpp}} = HH_{\text{rutina mpp}} + 15 \text{ min.}$$

El tiempo en el año dedicado al MPP en un equipo se obtiene multiplicando el número de rutinas en el año, según el Manual de MPP [3], por las horas-hombre que se dedica a la rutina del equipo.

$$HH_{\text{MPP anual}} = \# \text{ de rutinas/año} \times HH_{\text{total rutina mpp}}$$

Para obtener el tiempo que se dedica al mantenimiento correctivo, consideramos la siguiente relación para la distribución de la carga de trabajo de un departamento de mantenimiento:

Cuadro 2.1 Distribución de carga laboral

<i>ACTIVIDAD</i>	<i>% CARGA LABORAL</i>
MPP	40 %
MC	30 %
OTROS (capacitación, supervisión, etc.)	30 %

Utilizando una regla de tres simple obtenemos el tiempo que se dedica a cada actividad en función del tiempo dedicado al MPP:

$$HH_{MC \text{ anual}} = (HH_{MPP \text{ anual}}) (30) / (40)$$

$$HH_{OTROS \text{ anual}} = (HH_{MPP \text{ anual}}) (30) / (40)$$

El tiempo calculado para *otras actividades* puede distribuirse proporcionalmente en las actividades de MPP y MC, esto se justifica si consideramos que las actividades realizadas bajo la categoría de “*otros*” están relacionadas o apoyan las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Tomando en cuenta lo anterior, el tiempo que se asigna a las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para cada equipo queda definido con las siguientes relaciones:

$$HH'_{MPP \text{ anual}} = HH_{MPP \text{ anual}} + [(HH_{OTROS \text{ anual}}) (40) / (40 + 30)]$$

$$HH'_{MC \text{ anual}} = HH_{MC \text{ anual}} + [(HH_{OTROS \text{ anual}}) (30) / (40 + 30)]$$

El costo anual por mano de obra en MPP (CMO_{mpp}) y MC (CMO_{mc}) de un equipo en especial vendrá dado por:

$$CMO_{mpp} = CHH \times HH'_{MPP \text{ anual}}$$

$$CMO_{mc} = CHH \times HH'_{MC \text{ anual}}$$

Los valores de $HH'_{MPP \text{ anual}}$, $HH'_{MC \text{ anual}}$, CMO_{mpp} , y CMO_{mc} para cada equipo se presentan en el ANEXO III, totalizando un costo anual de mano de obra para los 104 equipos de aproximadamente ¢ 87,350 (2,383 HH) repartido en ¢48,800 (1,331 HH) y ¢38,550 (1052 HH) para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente.

2.2.2 Costos de Material Gastable (CMG).

Se entiende por material gastable al insumo consumible utilizado en el marco del mantenimiento, para cumplir principalmente con las tareas de limpieza, lubricación y calibración que se deben realizar según los protocolos de mantenimiento preventivo o en las reparaciones; tales como: aceite, alcohol, lija, etc.

La determinación de estos insumos se basó fundamentalmente en:

- a) la lista de materiales que presenta la tercera edición del Manual de MPP[3], y
- b) la experiencia de técnicos del Departamento de Mantenimiento General del MSPAS

El detalle del material gastable utilizado para mantenimiento preventivo y correctivo por equipo junto con su costo (CMG_{mpp} y CMG_{mc}) se muestra en el ANEXO IV. Sumando todos estos costos se llega a un gasto anual para material gastable en los 104 equipos de aproximadamente ¢ 66,230 repartidos en ¢57,100 y ¢9,130 para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente (ver ANEXO III).

2.2.3 Costos de herramientas y equipos (CHE)

El costo de herramientas y equipos se divide en dos partes:

a) Costo de herramientas y equipos INTERNOS (CHEI)

Es el costo de las herramientas y equipos propiedad del departamento de mantenimiento del hospital.

Se calcula a través de definir un costo promedio por la hora de uso de estos implementos:

- Se elaboró una lista con precios de adquisición para todos las herramientas y equipos utilizados para el mantenimiento de los equipos médicos y no médicos incluidos en el estudio según los criterios de calidad para un departamento de mantenimiento [9]. (Ver ANEXO V.A y V.B).
- El costo total de todas las herramientas y equipos asciende a ¢129,238 (ver ANEXO V.C). Para obtener el costo de herramienta por hora se prorratea el costo total al número de hora efectivas que las utilizan el número de técnicos (4) que conforman la plantilla operativa de las secciones de equipo médico y equipo industrial de mantenimiento para un hospital de 100 camas según [9], al que a modo de ejemplo pertenece el equipamiento incluido en el presente estudio.
Se consideró una vida útil de 7 años para todos los equipos y herramientas de uso interno, tomando en cuenta que estas serían utilizadas solamente durante el tiempo efectivo de trabajo de los técnicos, por lo que se hace necesario introducir en el calculo el factor de productividad de los técnicos, que para el cálculo del costo de la mano de obra se estimó en un 70 %.

$$\begin{aligned}
 \text{Costo por hora de herramienta y equipo} &= \left(\text{Costo total de herramienta y equipos} \right) / \left(\text{\# de horas laborales en siete años}^6 \times \text{\# de técnicos} \times \text{Factor de productividad} \right) \\
 &= \text{¢ 129,593} / \left(11,809 \times 4 \times 0.7 \right) \\
 &= \text{¢ 3.91}
 \end{aligned}$$

Es decir que por cada hora laborada por un técnico se deberá considerar un costo de ¢ 3.91 en herramientas y equipos.

Para determinar el costo anual resultante del uso de las herramientas y equipos internos (CHEI), al ejecutar el mantenimiento en un equipo en específico, se aplica la siguiente relación:

$$\text{CHEI}_{\text{MPP}} = (\text{¢3.91}) \times (\text{HH'}_{\text{MPP-anual}})$$

$$\text{CHEI}_{\text{MC}} = (\text{¢3.91}) \times (\text{HH'}_{\text{MC-anual}})$$

Los valores de CHEI_{MPP} , y CHEI_{MC} para cada equipo se presentan en el ANEXOIII, totalizando un costo anual por herramienta y equipo interno de aproximadamente ¢6,550 repartido en ¢5,200 y ¢4,120 para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente.

b) Costo del préstamo del equipo de análisis y prueba (CEE)

Existen equipos que se requieren para el desarrollo de las pruebas y análisis que indica la rutina de MPP [3], que no es rentable lo adquiera el hospital, debido a la pequeña cantidad de equipos médicos que los requieren. Sin embargo, estos equipos pueden ser adquiridos por el nivel central del Ministerio de Salud para ser utilizados, en calidad de préstamo, en los programas de mantenimiento de los 30 hospitales del sistema público.

Para asignar este costo al mantenimiento del equipo, se prorratea el precio de cada uno de estos equipos de pruebas y análisis a lo largo de la vida útil esperada en días (se estima 10 años = 3650 días), debido a que estos equipos no son utilizados todo el tiempo, se toma en cuenta un factor de demanda de un 33 % que representa el grado de uso de estos equipos. A este costo diario por el uso del equipo se suma el costo por el día-técnico que se necesita para operar el equipo, el transporte, y el costo indirecto por administración del Departamento de Mantenimiento General con relación a la Sección de Equipo Médico que se calcula en 18 % de los costos directos de dicha sección [12].

⁶ Se estima que un año tiene 241 días laborables y un día tiene 7 horas efectivas de trabajo

Para obtener el costo anual por el préstamo del equipo habrá que multiplicar el número de veces que se utilizará al año (según la frecuencia que se recomienda en [3]) por el costo diario calculado. El detalle de estos cálculos es mostrado en el ANEXO VI.

El costo anual total del préstamo de estos se estimó en aproximadamente ¢11,230 (ver anexo III.A.1)

2.2.4. Costos de Repuestos (CR)

Para los fines de este estudio se entenderá como repuesto o refacción a todo *dispositivo utilizado para reemplazar partes de una o más piezas de un equipo, las cuales pueden ser a menudo reparadas*; estas partes son diseñadas para equipos específicos y no pueden ser utilizados independientemente de éstos, y en la mayoría de los casos dependen de la marca de los mismos [10].

Los repuestos son determinados para cada equipo y son clasificados según sean empleados en mantenimiento preventivo o correctivo, de acuerdo a la definición siguiente:

- *Repuestos a ser Cambiados en Mantenimiento Preventivo:*
Todas aquellas partes que son usadas en posiciones que están expuestas a desgaste. Estas partes son a menudo diseñadas para ser cambiadas, para de esa manera proteger otras partes más críticas. Por ejemplo, empaques, baleros, etc.
- *Repuestos a ser Cambiados en Mantenimiento Correctivo:*
Todos aquellos repuestos que son cambiados hasta que se presenta una falla en el equipo, ya sea por no poder anticipar la falla, o por el alto costo del repuesto.

La determinación de los repuestos se basó fundamentalmente en:

- a) la lista de repuestos que presenta la tercera edición del Manual de MPP [3], y
- b) la experiencia de técnicos del Departamento de Mantenimiento General del MSPAS

El detalle de los repuestos por equipo utilizados en mantenimiento preventivo o correctivo junto con su costo (CR_{mpp} ó CR_{mc}) se presenta en el ANEXO VII. Para el detalle de repuestos se seleccionaron las marcas de equipos más usuales y en las que se tiene más experiencia dentro de MSPAS.

El total anual de los costos por repuestos proyectado para los 104 equipos es de aproximadamente ¢ 318,050 repartidos en ¢56,400 y ¢261,650 para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente (ver ANEXO III.A.1 y III.B.1).

2.2.5 Costos de Contratos de Mantenimiento (CCM)

Algunos equipos demandan para su conservación, una alta especialización tanto por parte de los técnicos como de las instalaciones y equipos del taller que muchas veces los departamentos de mantenimiento internos de los hospitales no poseen; razón por la que se ha optado por dar el mantenimiento de estos equipos a empresas externas a los hospitales. En el caso de nuestro estudio, y para ser consistente con la política del MSPAS, se considera la contratación del mantenimiento de los equipos de rayos x, procesadora de películas radiográficas y máquinas de anestesia. Los montos de los contratos por equipo y por año se detallan en ANEXO III.A. Contratos que en su totalidad tienen un costo anual de ¢64,200, para el caso en estudio.

2.2.6 Costos Directos

Los costos directos anuales son todos los gastos que están directamente asociados, o son atribuibles a la actividad específica de ejecutar el mantenimiento. Como se mencionó en la sección 2.2, está constituido por los costos en mano de obra, material gastable, herramientas, repuestos, y contratos con terceros si los hubiera.

Los costos directos para el Mantenimiento Preventivo se calculan así:

$$CD_{mpp} = \underset{(2.2.1)}{CMO_{mpp}} + \underset{(2.2.2)}{CMG_{mpp}} + \underset{(2.2.3.a)}{CHEI_{MPP}} + \underset{(2.2.3.b)}{CEE} + \underset{(2.2.4)}{CR_{mpp}} + \underset{(2.2.5)}{CCM}$$

De manera similar los costos directos para el Mantenimiento Correctivo se calcula de la siguiente manera:

$$CD_{mc} = \underset{(2.2.1)}{CMO_{mc}} + \underset{(2.2.2)}{CMG_{mc}} + \underset{(2.2.3.a)}{CHEI_{MC}} + \underset{(2.2.4)}{CR_{mc}}$$

El cálculo del costo directo específico por equipo se muestra en ANEXO III.A y ANEXO III.B. Para los 104 equipos, los costos directos anuales para brindarle mantenimiento asciende a ¢ 556,400 repartidos en ¢242,950 y ¢313,450 para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente.

2.2.7 Costos Indirectos

En el cálculo de los costos indirectos se incluyeron los siguientes gastos:

- salario del jefe de mantenimiento
- electricidad
- agua/alcantarillado
- papelería
- comunicaciones
- transporte
- limpieza

Como el estudio incluye 32 equipos diferentes que representan 104 equipos de los 542 que teóricamente alcanzaría a poseer un hospital de 100 camas [2], todos los costos indirectos para un año son prorrateados a los 104 equipos, y se calcula el costo indirecto promedio por cada equipo (CI) que resulta ser ¢ 150 (ver ANEXO VIII). Para calcular el costo indirecto que se debe cargar en promedio a cada equipo por la ejecución del mantenimiento preventivo (CI_{mpp}) y del mantenimiento correctivo (CI_{mc}) utilizamos la distribución de la carga laboral que se muestra en 2.2.1.

$$CI_{mpp} = (CI) (40/70)$$

$$CI_{mpp} = \text{¢ } 85.71$$

$$CI_{mc} = (CI) (30/70)$$

$$CI_{mc} = \text{¢ } 64.29$$

Siendo los anteriores los costos indirectos anuales promedios por equipo, se calcula un costo indirecto total para el mantenimiento de los 104 equipos de ¢15,600 por año, repartidos en ¢8,900 y ¢6,700 para mantenimiento preventivo y correctivo, respectivamente.

2.2.8 Costo Anual de Mantenimiento

a) Mantenimiento Preventivo (ver ANEXO III.A)

El costo anual de realizar MPP en un equipo (C_{mpp}) resulta de sumar los costos directos (CD_{mpp}) y los costos indirectos (CI_{mpp}) así:

$$C_{mpp} = \underset{(2.2.6)}{CD_{mpp}} + \underset{(2.2.7)}{CI_{mpp}}$$

Para los 104 equipos los costos totales para realizar el MPP se calculan que ascienden aproximadamente a ¢ 251,850

b) Mantenimiento Correctivo (ver ANEXO III.B)

El costo anual de realizar MC en un equipo (C_{mc}) resulta de sumar los costos directos (CD_{mc}) y los costos indirectos (CI_{mc}) así:

$$C_{mc} = \underset{(2.2.6)}{CD_{mc}} + \underset{(2.2.7)}{CI_{mc}}$$

Para los 104 equipos los costos totales para realizar el mantenimiento correctivo se calcula que ascienden aproximadamente a ¢ 320,150

c) Costo Total Anual de Mantenimiento (ver ANEXO II)

El total de costos invertidos en mantenimiento para un equipo ($C_{\text{mtto.equipo}}$) resulta de la suma del costo de mantenimiento preventivo (C_{mpp}) más el costo de mantenimiento correctivo (C_{mc}):

$$C_{\text{mtto.equipo}} = C_{\text{mpp}} + C_{\text{mc}}$$

Para la muestra de los equipos del estudio, el costo total anual de mantenimiento llega aproximadamente a ¢ 572,000 que representa el 8.9 % del costo de adquisición de los 104 equipos.

2.3 AHORRO EN COSTO DE REEMPLAZO INDUCIDO POR MANTENIMIENTO

El ahorro anual en el costo de reemplazo de un equipo inducido por el mantenimiento ($AH_{\text{reemplazo}}$), se calcula con la diferencia del costo anual máximo admisible de mantenimiento para el equipo (M_{max}) y el costo anual total en proporcionarle el mantenimiento (C_{equipo})(ver columna 10 de ANEXO II).

El $AH_{\text{reemplazo}}$ total que tendría el hospital en la muestra de los 104 equipos asciende a ¢1,857,100, es decir el 29 % del valor de adquisición de los equipos (ver columna 11 de ANEXO II).

En el ANEXO IX, se muestra un ejemplo de cálculo del ahorro anual en el costo de reemplazo de un desfibrilador debido al mantenimiento.

3. DISCUSION DE RESULTADOS

El ahorro anual que se alcanza con el alargamiento de la vida útil de los equipos como producto de un mantenimiento es, como indica la sección anterior, aproximadamente el 29 % del costo de adquisición de los 104 equipos, cantidad que es todavía más atractiva, si a esto se suma que para lograr dicho ahorro se ha invertido en mantenimiento al año, solamente, un 8.9 % del costo de adquisición del mencionado grupo de equipos.

El Cuadro 3.1 muestra los costos totales y parciales de los diferentes rubros que involucra el mantenimiento, cada uno de ellos se expresa como porcentaje del costo total de adquisición de los equipos ($\Sigma R = \text{¢ } 6,410,000$).

Al analizar estas cifras vemos que el costo de los repuestos es el más alto entre todos los rubros incluidos (representa más del 50% de los costos totales) y son utilizados por su naturaleza principalmente en el mantenimiento correctivo. Por otro lado, es importante aclarar que si bien el costo de materiales gastables representa, relativamente, un alto porcentaje, esto se debe a que un equipo de la muestra tomada (el generador de vapor) utiliza, para el tratamiento del agua, una cantidad significativa de químicos que elevan en general este rubro (ver ANEXO IV.A).

Los porcentajes de los costos de mantenimiento con relación al valor de adquisición de los equipos pueden ser tomada como base para un cálculo rápido y grueso del presupuesto teórico necesario para desarrollar un programa de mantenimiento a equipos hospitalarios similares a los incluidos en la muestra.

Cuadro No.3.1 *Costos de mantenimiento y su relación con el costo total de adquisición de los equipos (R)*

Descripción	MPP		MC		Total	
	Costo	% ⁷	Costo	% ⁵	Costo	% ⁵
Costo de mano de Obra (CMO)	¢48,800	0.8%	¢38,550	0.6%	¢87,350	1.4%
Costo de material gastable (CMG)	¢57,100	0.9%	¢9,130	0.1%	¢66,230	1.0%
Costo de herramienta y equipo (CHE)	¢16,450	0.2%	¢4,120	0.1%	¢20,570	0.3%
Costo de Repuestos (CR)	¢56,400	0.9%	¢261,650	4.1%	¢318,050	5.0%
Costo de Contratos de Mantenimiento (CCM)	¢64,200	1.0%	0	0 %	¢64,200	1.0%
Costos directos (CD)	¢242,950	3.8%	¢313,450	4.9%	¢556,400	8.7%
Costos indirectos (CI)	¢8,900	0.1%	¢6,700	0.1%	¢15,600	0.2%
Costo total (C_{mtto.equipo})	¢251,850	3.9%	¢320,150	5.0%	¢572,000	8.9%

Con una inversión anual en mantenimiento de ¢572,000 es posible obtener un ahorro anual, como efecto del alargamiento de la vida útil en los 104 equipos, de ¢1,857,100, según los resultados del estudio, lo cual por si sólo, *expresa la alta utilidad del mantenimiento* (aproximadamente 200%).

⁷ El valor porcentual se calcula dividiendo el costo del ítem utilizado en el mantenimiento entre el costo total de adquisición de los equipos ($\Sigma R = 6,410,000$) multiplicado por 100

El Cuadro No.3.2 muestra el ahorro y el *índice anual de ahorro*⁸ (IAA) que es posible alcanzar al prolongar la vida útil del equipo como producto de un mantenimiento oportuno. En dicho cuadro, los equipos son ordenados en forma descentente según el IAA obtenido.

El análisis del IAA de los diferentes equipos muestra una mediana de 20% con una desviación estándar de 37%; lo que indica una alta dispersión de los datos. El rango en que se encuentran los datos oscila entre valores del orden de 70% hasta algunos pocos valores negativos. La alta dispersión de los datos es motivada por la gran variación que hay en las estimaciones del alargamiento de la vida útil de los equipos por el mantenimiento. Si bien los efectos del mantenimiento en los diferentes equipos serán de acuerdo a las características del mismo, no se puede descartar que las estimaciones, aún habiendo utilizado un método de aceptación universal como lo es el método Delphi, sean en ocasiones muy optimistas y en otras muy pesimistas; por lo que es recomendable realizar un estudio similar con datos reales, obtenidos de registros escritos, para corroborar o rectificar los IAA acá encontrados. Es de suponer que en él, el rango de dispersión de los datos disminuya, concentrándose alrededor del valor de la mediana aquí calculado.

A pesar que en el marco de este estudio se obtienen IAA negativos, esto no debería ser motivo de no incluir estos equipos en los programas de mantenimiento ya que hay que tomar en cuenta que con el mantenimiento se logran otros tipos de beneficios como la seguridad, confiabilidad y continuidad en el funcionamiento del equipo que influye directamente en la calidad de servicio al paciente.

El índice anual de ahorro en costos de reemplazo (IAA) que puede alcanzarse al alargar la vida útil de un equipo podría ser tomado como un parámetro junto a otros que midan el riesgo y la función del equipo en la atención al paciente, en el análisis para la toma de decisión de incluirlo o no en un programa de mantenimiento.

Un índice de ahorro medio anual del 20% de los costos de inversión debería ser atractivo para los administradores y directivos de las instituciones de salud, ya que como se demuestra con este estudio, **es posible reducir los gastos en estas instituciones en el rubro de adquisiciones prematuras de equipos**. Lo que indudablemente vendría a contribuir a superar los retos que imponen los cada vez más escasos recursos financieros disponibles, en especial, en los establecimientos de salud.

⁸ IAA: es el cociente del ahorro de costos de reemplazo anual obtenido en un equipo o grupo de equipos entre el valor de adquisición de el(los) equipo(s) multiplicado por 100

Cuadro No.3.2 Ahorros anuales ($AH_{reemplazo}$) e índices anuales de ahorro (IAA) logrados por el alargamiento de la vida útil como efecto del mantenimiento

No	Equipo	IAA %	$AH_{reemplazo}$ ¢
1.	Lámpara para fototerapia	73.9	16,103
2.	Aspirador de Secreciones	71.3	9,265
3.	Microcentrífuga	60.4	6,036
4.	Nebulizador	40.7	1,220
5.	Lavadora - Extractora	39.2	57,981
6.	Electroestimulador para fisioterapia	37.6	12,410
7.	Generador de vapor (Caldera)	36.2	180,754
8.	Incubadora de transporte	36.0	90,027
9.	Monitor de Signos Vitales	35.2	19,728
10.	Unidad Dental	32.6	31,278
11.	Máquina de anestesia *	32.1	81,052
12.	Mesa de operaciones para cirugía mayor	32.0	22,401
13.	Lámpara Quirúrgica para cirugía mayor	30.0	17,113
14.	Sierra para cortar yeso	22.6	1,132
15.	Procesadora de películas radiográficas *	21.0	23,050
16.	Esterilizador eléctrico de gabinete	20.9	54,721
17.	Ventilador de volumen	19.1	15,111
18.	Desfibrilador/Monitor	16.6	6,240
19.	Equipo de A.A. de ventana	16.3	735
20.	Planchador - Secador de rodillo	15.9	12,157
21.	Refrigerador para Banco de Sangre	14.5	4,356
22.	Compresor Dental	13.4	8,181
23.	Microscopio	12.6	4,286
24.	Mesa Ginecológica	11.4	1,880
25.	Electrocardiógrafo	10.4	3,333
26.	Incubadora para infantes	8.6	6,475
27.	Secadora rotativa	5.1	4,633
28.	Rayos X (estacionario) *	2.1	4,138
29.	Baño de María	-6.5	-389
30.	Refrigerador	-25.2	-1,313
31.	Electrocauterio	-29.6	-3,110
32.	Detector Ultrasónico de latido fetal	-144.3	-3,463

* Equipos con contratos de mantenimiento con empresas externas al hospital

4 CONCLUSIONES

- El ahorro anual en costos de reemplazo que se puede lograr con la prolongación de la vida útil de los equipos como efecto de un programa de mantenimiento es **atractivo** y puede llegar a promediar un **20% del valor de adquisición del equipamiento**.
- El costo anual de mantenimiento para el total de los equipos estudiados resulta en 8.9% del valor de adquisición del equipamiento. El 50% de este monto es utilizado en la compra de repuestos.
- El índice anual de ahorro en costos de reemplazo, que se proyecte alcanzar en un equipo debido a la prolongación de la vida útil, puede ser, junto a la importancia que tenga para la atención al paciente, un parámetro a tomarse en cuenta en el análisis de priorización para incluir a éste, dentro de un programa de mantenimiento.
- Los administradores y directivos de las instituciones de salud pueden invertir en mantenimiento con la certeza de que con ello no sólo se asegura la confiabilidad y continuidad del funcionamiento de los equipos, sino también, **se pueden asegurar ahorros anuales significativos al disminuir la frecuencia de reposición de los equipos**. Obviamente, que para que este resultado sea atractivo para una institución determinada, deberían reflejarse los costos de reemplazo de los equipos en los presupuestos de esas instituciones, de manera que la inversión en mantenimiento resulte en un beneficio económico directo de la institución en cuestión.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1] Riha, J., L. Mangenot, H. Halbwachs y G. Attémené. "Reflections on the economy of maintenance". GTZ & Ministry of Health. ABIDJAN, 1998.
- [2] MSPAS – GTZ. "Catálogo del equipamiento estándar de unidades de salud y Hospitales nacionales de 100 y 200 camas". Volumen 2. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1997.
- [3] MSPAS – GTZ. "Manual de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)". 3a Edición. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1998.
- [4] MSPAS – GTZ. "Evaluación técnica del equipamiento en 7 Hospitales de la Región Oriental de El Salvador". Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1997.
- [5] ECRI. "Health Devices Source Book, 1996". Healthcare Planning and Purchasing with official International Nomenclature". USA, 1996.
- [6] Hospital Nacional de Maternidad. "Manual de Mantenimiento". EL SALVADOR, 1998
- [7] MSPAS – GTZ. "Lista normalizada de herramientas y equipos necesarios para talleres de mantenimiento". Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1998.
- [8] MSPAS – GTZ. "Estudio para Determinar la Vida Útil de equipos hospitalarios". Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1999
- [9] MSPAS – GTZ. "Criterios de Calidad para un Departamento de Mantenimiento". 1a Edición. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1999
- [10] Temple – Bird, H. Halbwachs. "Spare Parts and Working Material for the Maintenance and Repair of Health Care Equipment". GTZ. LÜBECK, 1991
- [11] Azevedo, J.M, Guillermo Acosta. "Manual de Hidráulica". HARLA. MEXICO, 1976
- [12] AZA Consultores, S.A. de C.V. "Estudio de Factibilidad Técnica y Financiera para la creación de Cooperativa de Trabajadores de Biomédica del Departamento de Mantenimiento General del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social". Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1997.