



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Procedimiento para la
evaluación económica de
equipo médico en una
Institución de Salud**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero en Sistemas Biomédicos

P R E S E N T A

Samanta Abril Pegueros Hernández

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jorge Luis Rojas Arce



03/09/2024



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Capítulo I Introducción y problemática.....	5
Introducción	5
Problemática.....	7
Capítulo II Objetivos y alcance.....	9
Objetivo general	9
Objetivos específicos	9
Alcance.....	9
Capítulo III Marco teórico	10
Gestión del equipo médico	10
Mantenimiento de Equipo Médico	20
Actividades usuales	23
Neutralización	23
Inspección	24
Servicio	24
Reparación.....	24
Cambio	25
Modificación	25
Certificación.....	25
Realización.....	25
Análisis Costo Beneficio.....	26
Valor presente	27
Razón Costo-Beneficio	28
Costos.....	29
Beneficios.....	30
Contrabeneficios.....	30
Análisis para alternativas mutuamente excluyentes	30
Capítulo IV Desarrollo del procedimiento.....	32
1. Definir Equipo Médico.....	34
2. Definir Requerimientos del mantenimiento	35
3. Definir alternativas de mantenimiento	36
4. Capturar datos sobre precio de mantenimiento	37
Externo	37
Interno	38

5. Identificar beneficios y contrabeneficios según tabla para cada alternativa	44
6. Identificar costos según tabla para cada alternativa	47
7. Colocar datos en el indicador	49
Indicador Costo Beneficio (B/C).....	49
Indicador Presupuesto-Costo Total	51
8. Observar resultados de los indicadores	52
9. Revisar tabla para comparación del desempeño de las alternativas	53
Capítulo V Aplicación.....	54
1. Definir Equipo Médico.....	55
2. Requerimientos de Mantenimiento	55
3. Alternativas de mantenimiento.....	57
Externo	58
4a. Capturar datos sobre el precio del mantenimiento del proveedor Externo.....	58
5a. Asignar Beneficios y Contrabeneficios según tabla para el proveedor Externo.....	59
6a. Asignar Costos según tabla para el proveedor Externo	61
7a. Colocar los datos en el indicador para el proveedor Externo	63
Interno	64
4b. Capturar datos sobre el precio del mantenimiento del proveedor Interno.....	64
5b. Asignar Beneficios y Contrabeneficios según tabla para el proveedor Interno	67
6b. Asignar Costos según tabla para el proveedor Interno	68
7b. Colocar los datos en el indicador para el proveedor Interno	69
8. Observar resultado del indicador.....	71
9. Revisar tabla para comparación del desempeño de las alternativas	72
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones.....	74
Conclusiones	74
Recomendaciones.....	76
Referencias	77

Abreviaciones

ACB. Análisis Costo Beneficio.

BANXICO. Banco de México.

CDMX. Ciudad de México.

CEFP. Centro de Estudios de Finanzas Públicas.

CENETEC. Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud.

CETES. Certificados de la Tesorería de la Federación.

DIB. Departamento de Ingeniería Biomédica.

DM. Dispositivo Médico.

EM. Equipo Médico.

EPP. Equipo de Protección Personal.

GEM. Gestión de Equipo Médico.

I.V.A. Impuesto al valor agregado.

IB. Ingeniería Biomédica.

IMSS. Instituto Mexicana del Seguro Social

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INPC. Índice Nacional del Precio al Consumidor.

LGS. Ley General de Salud.

MC. Mantenimiento Correctivo.

MC. Mantenimiento Correctivo.

MCC. Mantenimiento Correctivo Crítico.

MCP. Mantenimiento Crítico Programado.

MP. Mantenimiento Preventivo.

MP. Mantenimiento Preventivo.

MPD. Mantenimiento Predictivo.

MPD. Mantenimiento Predictivo.

RPBI. Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos.

SSA. Secretaría de Salud.

UCI. Unidad de Cuidados Intensivos.

UCIN. Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales.

VPB. Valor Presente Beneficios.

VPC. Valor Presente Costos.

VPN. Valor Presente Neto.

Capítulo I Introducción y problemática

Introducción

Dentro de las actividades para que un Equipo Médico funcione adecuadamente, tiene gran importancia el mantenimiento, se puede entender mantenimiento como aquellas actividades que permiten el buen funcionamiento de un equipo, sistema, infraestructura, entre otros. Si no se efectúa se empiezan a presentar fallas prevenibles, que desencadenan una reacción que afecta a todo el Equipo Médico llegando a culminar en la obsolescencia.

Y como cualquier otra actividad se requiere solvencia económica para realizarlo. Siendo una verdad universal que los recursos son limitados, más en el panorama ambiental y económico que se vive en la actualidad en todo el mundo.

La evaluación económica del mantenimiento de un Equipo Médico se realiza antes del momento de compra, pero hay ocasiones donde debido a factores externos se presentan fallas, o el equipo no ha podido ser actualizado o reemplazado y el horizonte previsto queda ya en el pasado, es por eso que se requiere de un procedimiento rápido y visual que permita determinar al mejor postor para realizar un mantenimiento.

La cuantificación de costos en el ámbito de la salud suele ser compleja, debido a que el empleo de diferentes insumos suele variar. En el caso de los Equipos Médicos ocurre algo parecido, debido a que adjudicar ciertos costos resulta complicado.

En la Ciudad de México, las 31 Instituciones de Salud de segundo nivel (SSA, 2023) y las 22 Instituciones de Salud de tercer nivel (CEFP, 2020) de la Secretaría de Salud cuentan con Departamento de Ingeniería Biomédica o afín. Siendo estos departamentos junto con los directivos de las respectivas instituciones el público objetivo para la implementación del procedimiento propuesto.

Para que cada una de las Instituciones de Salud funcione correctamente se requiere que el Equipo Médico con el que se trabaja sea adecuado, confiable y competente. Lo anterior se logra llevando a cabo un cuidado del equipo durante su vida útil, llevándose a cabo revisiones y mantenimiento ya sea preventivo y/o correctivo.

No invertir o realizar adecuadamente el mantenimiento a los Equipos Médicos tiene como consecuencia una baja en la calidad de la atención, inseguridad laboral, costos imprevistos, costo de capital, alza en el costo de funcionamiento y/o incremento en accidentes. Siendo todas estas situaciones prevenibles o mitigables cuando se lleva a cabo un Plan de Mantenimiento adecuado.

Determinar de manera adecuada el costo de mantenimiento de un Equipo Médico permite compararlo con el precio depreciado, costo de funcionamiento, demanda de uso, vigencia de éste, entre otros, para así considerar la siguiente actividad de la Gestión de Equipo Médico para continuar con el correcto servicio que se brinda.

El costo de mantenimiento también puede ser considerado como parte del monto a pagar por el funcionamiento del equipo, y no como una categoría aparte, esto depende del enfoque del elaborador. En el costo del mantenimiento se prevén los costos por el tiempo fuera de servicio del Equipo Médico, siendo el tiempo ocupado por el mantenimiento, tiempo sin actividad y por espera de insumos, refacciones, herramientas, equipo adicional, entre otros.

Por mencionar un ejemplo, en el año 2022, durante el periodo de Estancia realizado por la autora en una Institución de Salud, el costo del mantenimiento preventivo y correctivo de una mesa quirúrgica de 2006 se estimaba los **\$10,713.59 pesos mexicanos** siendo realizado de manera interna, mientras que el mismo mantenimiento se estima en **\$69,644.22 pesos mexicanos** cuando es realizado por un externo.

El costo de mantenimiento preventivo anual oscila entre el **2%** y el **14%** del precio de compra de un Equipo Médico nuevo, por lo que se puede asumir que seguir con el mantenimiento es la opción por elegir, aunque se sugiere una inspección detallada de la posibilidad anteriormente mencionada.

Realizar la adquisición de un Equipo Médico nuevo con base sólo en los datos antes mencionados puede llevar a costos más elevados ya que no se contempla la vida útil del equipo junto con el aumento en el costo de mantenimiento debido a la dificultad de obtención de refacciones y mano de obra calificada para realizar el servicio de forma adecuada. Es por esto por lo que se recomienda realizar estudios y evaluaciones pertinentes antes de seleccionar una opción.

Traducir propiedades cualitativas en unidades monetarias permite contemplarlos de manera evidente en los beneficios y costos, así como el tiempo asociado de las diferentes opciones, ampliando el panorama para la toma de decisión de las Instituciones de Salud mediante la información proporcionada de los indicadores propuestos.

Problemática

Para la toma de decisiones se requiere contar con la información pertinente y llevar a cabo un procedimiento de evaluación adecuado, efectuar esta tarea sin estos dos elementos puede llevar a pérdidas o resultados no equiparables.

En una Institución de Salud de la CDMX se requería determinar la mejor opción para realizar el mantenimiento de tres mesas quirúrgicas del servicio de Tococirugía. No se contaba con un procedimiento para evaluar las ofertas del mantenimiento de manera integral. Debido a esto se empezó con la creación de procedimiento que evaluara equiparablemente ambos proveedores.

Para la adquisición del mantenimiento se analiza entre las diferentes opciones que se presentan de los diferentes proveedores, tomando aquella que cumpla con los requerimientos y tenga el menor costo. Los proveedores pueden ser externos a la Institución de Salud o pertenecientes a la misma.

Por el momento no se ha presentado una evaluación económica del mantenimiento realizado de estos dos tipos de proveedores, han sido únicamente comparaciones del precio de las propuestas de dos proveedores externos.

En ocasiones anteriores no se había hecho un estimado del costo total del mantenimiento llevado a cabo por el Departamento de Ingeniería Biomédica de la Institución de Salud. Únicamente se contaba con el costo de refacciones y el costo de algunos insumos con los que no se contaba en la Institución de Salud. No se consideraba la seguridad técnica y la posible disminución del servicio en el departamento que realiza el mantenimiento del Equipo Médico.

Adicionalmente no se contaba con un método de cálculo para el precio de aquellas refacciones que se obtienen de algún Equipo Médico con el que se cuente en la Institución, pero que esté en desuso.

De igual manera no se había evaluado el costo total del servicio prestado por proveedores externos para el mismo mantenimiento. Se tomaba en cuenta únicamente la cantidad a cubrir para llevarlo a cabo, pero se dejaba afuera elementos como garantías, tiempo de atención, seguros, nivel de experiencia, riesgo de contaminación, tiempo de inspección, entre otros. Esto elementos modifican el atractivo de cada una de las ofertas presentadas por los proveedores.

Debido a que no se consideraban los elementos anteriores las alternativas quedaban despojadas de parte esencial de los que estas representan y ofertan. Determinar los posibles riesgos que traen consigo las alternativas y después traducirlos a unidades monetarias representaba un reto, por lo cual se requería de una forma de calcularlos. Del mismo modo

se requería convertir los atractivos de cada una de las alternativas a unidades monetarias, siendo estos de vital importancia ya que pueden representar una ventaja significativa.

Utilizar herramientas de Evaluación Económica, como la razón costo beneficio y el valor presente, permitirá incluir propiedades cualitativas que generan beneficios y costos, entre ellos, la seguridad sanitaria, ocupación de la fuerza laboral, atención inmediata, control de riesgo de contaminación, costo de los días fuera de servicio, riesgo de contaminación, costo de inspección, costo de la disminución de la fuerza laboral entre otros.

Cabe destacar que con el diseño del procedimiento también se busca reducir la variabilidad del cálculo de la cantidad monetaria de las propiedades cualitativas que se mencionaron anteriormente, haciendo que se puedan comparar evaluaciones de diferentes años o entre el mismo Equipo Médico, pero de diferentes Instituciones de Salud.

Tener un procedimiento que brinde resultados equiparables y de fácil comprensión permitirá que la toma de decisión para el mantenimiento sea integral y refleje adecuadamente el desempeño de cada una de las alternativas con las que se cuenta.

Capítulo II Objetivos y alcance

Objetivo general

Desarrollar un procedimiento para la evaluación económica de las alternativas que existen para el mantenimiento de Equipo Médico en una Institución de Salud.

Objetivos específicos

- Desarrollar el procedimiento para la evaluación económica de las alternativas que existen del mantenimiento del Equipo Médico en una Institución de Salud.
- Desarrollar el procedimiento para el cálculo del valor monetario de los beneficios, contrabeneficios y costos que existen en las alternativas del mantenimiento.
- Implementar el procedimiento de evaluación económica en las alternativas que existen del mantenimiento del Equipo Médico en una Institución de Salud.

Alcance

El siguiente procedimiento es aplicable para la evaluación del costo de las alternativas del mantenimiento preventivo y correctivo de Equipo Médico en Instituciones de Salud las cuales cuentan con:

- Plan de Mantenimiento.
- Personal con conocimientos matemáticos.
- Personal con conocimientos matemáticos aplicados a economía.
- Personal con conocimiento del mantenimiento a realizar.
- Personal con conocimientos básicos de computación.
- Computadora.
- Programa de hoja de cálculo.
- Costo de los elementos y personal ocupado en el Plan de Mantenimiento.

O en su defecto que pueda crear y/u obtener lo anterior.

El procedimiento permite evaluar las distintas alternativas para realizar mantenimiento, se realizan estimaciones para la comparación en el tiempo.

El procedimiento descrito no determina si se debe realizar:

- Compra
- Venta
- Baja
- Actualización
- Arrendamiento

La aplicación de este procedimiento para cualquiera de las opciones anteriores no es recomendable ya que no ha sido contemplado al momento de su creación.

Capítulo III Marco teórico

Gestión del equipo médico

Se entiende por Equipo Médico (EM) como aquel elemento que permite realizar diagnóstico, monitoreo, tratamiento de enfermedades o rehabilitación de un paciente u ocuparse para investigación biomédica. Este requiere ser calibrado, recibir mantenimiento, reparación, capacitación para los usuarios, desinstalación y baja (CENETEC, 2023; LGS, 2018). Esta categoría no integra aquellos elementos de un solo uso, desechables, implantables o aquellos que por medios farmacológicos o biológicos realicen su función.

Ejemplos de Equipo Médico son mesa quirúrgica, desfibrilador, máquina de anestesia, ventilador de paciente, monitor de signos vitales, tomógrafo, acelerador lineal, entre otros.

Cabe destacar que los Equipos Médicos son una categoría de lo que se conoce como Dispositivos Médicos, en ese conjunto se encuentra todo aquello que se emplea en el Sector Salud pero que no se realiza por medios farmacológicos, inmunológicos o biológicos. Esto de acuerdo con la Ley General de Salud en el capítulo VII artículo 262 (LGS, 2018).

En México se clasifican los Dispositivos Médicos en tres categorías, **I**, **II** y **III** (CENETEC, 2017). Esto según su uso en el sector salud y el contacto que tiene con el organismo.

Los **Clase I** comprende a todos los insumos los cuales son conocidos en el sector salud cuya seguridad y eficacia están comprobados; suelen no ser introducidos al organismo.

Ejemplos, vendas adhesivas, vendas de algodón, lentes graduados, negatoscopio, entre otros.

Los **Clase II** son insumos conocidos en el sector salud, pero que pueden presentar variaciones en los materiales que los componen o la concentración de estos; se introducen al organismo, pero la permanencia es menor a treinta días.

Ejemplos, sondas, pruebas de embarazo, productos de gestión menstrual, condones, entre otros.

Los **Clase III** son los insumos nuevos o de reciente creación que se usan en el sector salud o aquellos que son de permanencia en el organismo por más de treinta días.

Ejemplos, marcapasos, válvulas cardíacas, tornillos quirúrgicos, resinas dentales, entre otros.



Fig.1. Categorías de Dispositivos Médicos. Elaboración propia basado en la NOM-240-SSA1-2012.

Una vez comprendido a qué se refiere con EM podemos empezar con la gestión que se realiza para estos dentro de las Instituciones de Salud.

La Gestión de Equipo Médico (GEM) se refiere a aquellas actividades secuenciadas que se realizan a lo largo de la vida de un Equipo Médico. El término Gestión se puede entender como aquellas acciones que se realizan para administrar, organizar y mantener en funcionamiento un elemento, en este caso siendo el EM quién será el objeto (RAE, 2023). El CENETEC-Salud (2015, p.62) define la GEM como:

“Conjunto de procedimientos sistemáticos para proveer y evaluar la tecnología médica de manera segura, eficaz y costo-efectiva en una unidad hospitalaria de los sistemas de salud”

En esta definición se usa el término tecnologías médicas para referirse a lo que se entiende como Dispositivo Médico en el marco legal de nuestro país.

En este contexto se considerará GEM como las actividades que permiten el correcto funcionamiento de un Equipo Médico en la Institución de Salud desde la planeación hasta la baja de este, siendo un ciclo en el cual se busca una mejora en la atención a usuarios y pacientes.

El ciclo de la GEM consiste en nueve pasos a la par de la concientización, monitorización y evaluación constante de cada una de estas etapas. Siendo las siguientes (Lenel et al., 2005):

1. Planeación y evaluación
2. Presupuesto y Finanzas
3. Evaluación y Selección de Tecnología
4. Adquisición y Logística
5. Instalación y Puesta en operación
6. Capacitación y desarrollo de habilidades
7. Operación y seguridad
8. Mantenimiento y reparación
9. Baja de servicio y Reparación

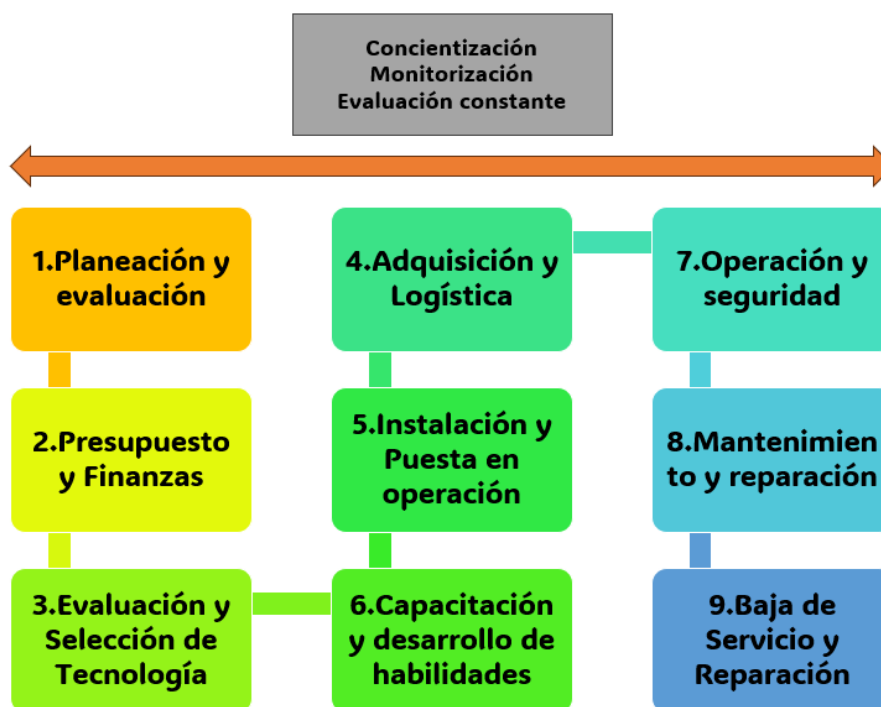


Fig.2. Ciclo completo GEM. Elaboración propia basado en Lenel et al. (2005).

Existe variedad en la definición de las actividades que integran a la GEM, esto dependiendo del autor al cual se consulte. Se recomienda al lector tomar versiones que se encuentren adaptadas al ámbito nacional, esto con el fin de evitar confusiones con términos que en nuestro país no se utilizan o se consideran como parte de otro.

Estas etapas se pueden agrupar en cinco (CENETEC, 2017 b), siendo las siguientes:

1. Planeación
2. Incorporación
3. Instalación
4. Operación
5. Baja

Sea cual sea el autor que se consulte, la seriación o secuenciación de las actividades es vital para la correcta implementación de la GEM y el funcionamiento del Equipo Médico dentro de las Instituciones de Salud. Cambiar el orden de las actividades de la GEM puede llevar a gastos innecesarios como el deber comprar otro Equipo Médico debido a que las instalaciones no son adecuadas para el Equipo Médico o tener sin funcionar el Equipo Médico debido a que no hay demanda de este dentro de la Institución de Salud.

Que la GEM tenga un orden no implica que el flujo solo pueda ser en un sentido, al contrario, este es en ambos sentidos, o sea se puede volver a actividades anteriores, pero se deben realizar nuevamente las siguientes actividades con lo modificado.



Fig.3. Orden de la GEM y su flujo. Elaboración propia basado en CENETEC (2019). Infografía GEM. Gobierno de México. Disponible en <https://www.gob.mx/salud/cenetec/documentos/infografia-gestion-de-equipo-medico-gem>

Dentro de las cinco actividades o procesos que propone CENETEC-Salud (2017 b) se encuentran subactividades con diferentes responsables de llevarlas a cabo, teniendo siempre comunicación y entendimiento entre ellos para su correcta ejecución.

Cada etapa tiene un responsable dentro de la GEM, pero esto no excluye la participación de los Departamentos restantes, al contrario, se requiere, como se ha mencionado antes, de una comunicación asertiva entre todos los involucrados en la GEM para que se lleve de manera adecuada.

1.Planeación, es la primera y última actividad de la GEM, siendo la actividad que permite, si está bien realizada, tener un proyecto sostenible y adecuado para solventar la necesidad que se busca satisfacer. Este contempla cada una de las actividades restantes de la GEM (SSA y CENETEC, 2020). Su responsable es la Dirección o el Área médica, ya que es de estos que surge la necesidad que busca solventar el Equipo Médico.

Sus subactividades son (SSA y CENETEC, 2020):

- a) Diagnóstico situacional
- b) Análisis de necesidades
- c) Evaluación de alternativas tecnológicas
- d) Revisión de requerimientos de infraestructura física
- e) Estudio de mercado
- f) Financiamiento
- g) Formulación de requerimientos

En **Diagnóstico situacional** se contemplan elementos epidemiológicos, demográficos, geográficos, socio culturales, climatológicos, oferta en el área, demanda satisfecha, demanda estimada, productividad asociada y recursos disponibles (SSA y CENETEC, 2020). En esta subactividad lo que se quiere determinar el estado actual de la necesidad que se sospecha existe

Análisis de necesidades es identificar con ayuda del personal de salud aquellos Equipos Médicos que son necesarios para llevar a cabo los procedimientos médicos dependiendo del nivel y especialidades de la Institución de Salud (SSA y CENETEC, 2020). Es importante que en esta subactividad se trabaje de manera armónica con los distintos departamentos ya que se busca determinar las necesidades y requerimientos que se desean solventar con el Equipo Médico para brindar la mejor atención posible a los pacientes.

En **Evaluación de alternativas tecnológicas** se realiza una evaluación de todas aquellas opciones que permitan solventar la necesidad, incluyendo actualizaciones tanto de *hardware* como de *software* del Equipo Médico sujeto a esta subactividad.

Se revisa la existencia de Equipo Médico que puedan satisfacer esa necesidad y otras que se puedan tener, Equipos Médicos complementarios que mejoren aquellas tecnologías con las que se cuenta, si se requiere una adquisición desde cero, la oferta existente de ese Equipo Médico, así como insumos y consumibles, la especificidad de los insumos que requiere y si necesita de elementos extras para su funcionamiento (SSA y CENETEC, 2020). Se debe tener en cuenta alertas sanitarias, así como la confiabilidad de las tecnologías que serán evaluadas.

Revisión de requerimientos de infraestructura física es la subactividad en donde se realiza el primer filtro, ya que se inspeccionan las características de infraestructura, costo de operación, recursos humanos, requerimientos técnicos y operativos que son necesarios para el funcionamiento del Equipo Médico y contabilizar aquellos con los que se cuenta y aquellos que se requiere realizar una adecuación (SSA y CENETEC, 2020). Ciertos requerimientos pueden ser incompatibles con las condiciones de la Institución de Salud, así como normatividad aplicable.

Realizar el **Estudio de mercado** va más allá de obtener el costo en Unidades Monetarias del Equipo Médico, sino que también contempla el costo por cambios en la infraestructura, instalación, desinstalación del anterior Equipo Médico y el actual, costo de mantenimiento, transporte, costo de capacitación, entre otros. Se debe tener la mayor cantidad de detalle al realizar las especificaciones técnicas del Equipo Médico que se requiere, que este sea adecuado para la situación actual, si tiene condiciones de uso y restricciones pertinentes (SSA y CENETEC, 2020).

Se requiere de una fuente de ingresos para realizar un proyecto, en este caso el **Financiamiento** del Equipo Médico puede ser mediante asignación de un presupuesto, préstamo bancario, capital personal, una donación o alguna combinación de lo anterior, siendo contemplado el costo determinado por el Estudio de mercado (SSA y CENETEC, 2020).

La **Formulación de requerimientos** contiene la información necesaria para realizar las siguientes subactividades de la GEM, así como la mejora del proceso (SSA y CENETEC, 2020).

Una correcta Planeación permite que se mantenga el funcionamiento del Equipo Médico con la menor interrupción posible. Si se realiza de manera inadecuada se puede caer en una subutilización del Equipo Médico, o en el peor de los casos en la completa no utilización del Equipo Médico.

Debido a lo anterior es indispensable la colaboración multidisciplinaria, usando datos verídicos y representativos de la realidad actual de la Institución de Salud, al momento de la Gestión de los Equipos Médicos.

2.Incorporación, es la segunda actividad y es aquella en la cual se adquiere el Equipo Médico mediante algún esquema, como adquisición directa, donación, arrendamiento, subrogación, contratos de comodatos, proyecto “llave en mano” o por asociación público-privada (SSA y CENETEC, 2020). El Área Administrativa suele ser la responsable de esta actividad, ya que tiene mayor conocimiento de los procedimientos para la obtención del Equipo Médico.

Sea cual sea el esquema de obtención se debe verificar que sea legal, económico y técnicamente factible. Es decir, cumple con los estatutos de la Institución de Salud, nacionales, regionales y locales; existe la solvencia económica o presupuestal para la adquisición y operación del Equipo Médico y se cuenta o se pueden solucionar los requerimientos técnicos planteados en la Planeación.

3.Instalación, en este punto los requerimientos especiales previamente identificados en la actividad de Planeación como instalaciones hidráulicas, eléctricas, de gases medicinales, de seguridad, adecuaciones del área, blindaje, guías mecánicas, paso al recinto permanente del Equipo Médico deben estar cubiertas. Se debe incluir pruebas de funcionamiento y capacitación a todo personal involucrado con el funcionamiento del Equipo Médico (SSA y

CENETEC, 2020). Su responsable suele ser el Área Técnica, ya que cuentan con los conocimientos y herramientas necesarias para realizar dichas adecuaciones.

Hay Equipos Médicos que no requieren de un proceso de Instalación adicional, siendo este paso opcional, mas no la capacitación que se contempla en esta actividad. Ejemplos de este tipo de Equipo Médico son los monitores de paciente, desfibriladores, baumanómetros, glucómetros, entre otros.

Ejemplos de Equipos Médicos que requieren una Instalación especial son equipos elementos radiactivos o de alta especialidad como lo son el Resonador Magnético, Tomógrafo, cámaras hiperbáricas, entre otros.

Se debe recordar que desde el cambio de un tomacorriente hasta un nuevo diseño en la instalación eléctrica se debe tener en cuenta para la instalación de un Equipo Médico, esto se encuentra detallado en la NOM-001-SEDE-2012.

4.Operación, la cuarta actividad de la GEM, es aquella que mantiene en revisión, control y funcionamiento los Equipos Médicos a lo largo de su vida útil, esto tomando en cuenta la finalidad de uso y especificaciones marcadas por el fabricante. Esta se observa de mayor manera por el personal de salud, ya que están en constante interacción con ella.

Está bajo la responsabilidad del Área Usuaria, pero se encuentra estrechamente relacionada con el Área Técnica y el Departamento de Ingeniería Biomédica, ya que el usuario debe reportar incidentes a ambos para que estos efectúen soluciones.

Las subactividades de Operación (SSA y CENETEC, 2020), son las siguientes:

- a) Registro o alta en el inventario
- b) Observación del periodo de garantía y condiciones que aplican
- c) Previsión y elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo
- d) Hacer válidas las cláusulas de mantenimiento del Equipo Médico en caso de existir contrato
- e) Previsión y elaboración de un plan de adquisición de refacciones en el caso de que el Equipo Médico perteneciente a la Institución de Salud
- f) Programa de capacitación continua a usuarios
- g) Programa de capacitación continua a Ingenieros Biomédicos o afín
- h) Tecnovigilancia

Siendo las subactividades que se encuentran más relacionadas con el objetivo de este procedimiento la c) y e). Todas estas subactividades son necesarias para el correcto funcionamiento de los Equipos Médicos, y están bajo la responsabilidad de diferentes áreas, siendo la coordinación entre ellas de vital importancia.

Cabe destacar que el Departamento de Ingeniería Biomédica se encuentra por lo general a cargo de las subactividades de la b) a la g), siendo responsable de efectuar las actividades teniendo apoyo de otros departamentos como Dirección Médica y el Departamento de

Calidad. Teniendo a su vez un papel importante en la subactividad de Tecnovigilancia (h), pero que se trabaja en conjunto con todos los Servicios del hospital, Dirección Médica, Departamento de Calidad y pacientes.

Para su funcionamiento se requiere de presupuesto para mantenimiento, consumibles, accesorios, insumos y recursos humanos capacitados. Si no se cuenta con lo anterior el Equipo Médico se verá afectado en su desempeño y confiabilidad.

5.Baja, la actividad final de un Equipo Médico y el inicio del nuevo ciclo. Esta es la subactividad en la cual, una vez evaluado un Equipo Médico, se dispone a ser retirado del servicio debido a factores como obsolescencia, deterioro extremo, la reparación del Equipo Médico no es realizable, la reparación excede del presupuesto rentable, el tiempo de vida útil ha llegado a su fin y se requiere un reemplazo, el Equipo Médico es funcional pero su uso ya no es requerido en el servicio, se requiere una actualización debido al reemplazo de componentes, accesorios o Equipos Médicos complementarios o usados en conjunto, y Equipos Médicos los cuales son considerados desechos y no es posible hacer algún tipo de rescate para darles otro uso (SSA y CENETEC, 2020).

Esta suele ser responsabilidad del Área administrativa, pero se encuentran relacionadas la Dirección, Área Médica y el Departamento de Ingeniería Biomédica, ya que se requiere de estas para que la baja sea realizada de manera correcta.

Dar de baja un Equipo Médico no debe hacerse sin tomar en cuenta si se requiere una sustitución y si se puede reponer dicho Equipo Médico dejando el menor tiempo posible fuera de servicio al área a la cual pertenezca. Evitando así interrupciones prolongadas en el servicio. Dar de baja y la planeación de su renovación son actividades paralelas, no se da de baja un Equipo Médico sin tener ya en marcha un Plan para la renovación de dicho Equipo Médico (SSA y CENETEC, 2020).

Existe también el caso en el que un Equipo Médico en específico deba ser dado de baja inmediata debido a una alerta sanitaria, esto porque el Equipo Médico representa un riesgo para el usuario, paciente o salud pública. Esta es una situación anómala por lo cual se debe actuar lo más pronto posible para evitar incidentes con alguno de los involucrados.

Con el objetivo de reducir la presencia de incidentes en los Dispositivos Médicos, la Tecnovigilancia ha sido empleada en México mediante la NOM-240-SSA1-2012. Con ella se busca identificar patrones y posibles casos en los cuales un Dispositivo Médico no esté cumpliendo con su función de diseño, esto mediante la elaboración de reportes de los involucrados con el Dispositivo Médico. Todos pueden realizar Tecnovigilancia, el paciente, usuario, personal de salud, instituciones de salud y los responsables del registro sanitario del Dispositivo Médico son impulsados a reportar los incidentes mediante la plataforma digital.

Otro caso que se puede presentar aparte de la disposición final del Equipo Médico, si este es funcional se puede vender, transferir o donar a otra Institución de Salud en la cual se pueda colocar para continuar con su funcionamiento. Esto suele ocurrir entre diversas Instituciones

de Salud pertenecientes a un mismo organismo, ya que el procedimiento para mandarlo de una a otra suele ser más sencillo.

Con base en los factores mencionados se justifica por medio de un dictamen o informe la baja del Equipo Médico, teniendo que efectuar la cancelación de su registro en inventarios y la disposición final (destrucción o anulación) teniendo en cuenta procedimientos internos, leyes regionales y nacionales, así como reglamentos y normatividad aplicable. Se debe prestar gran atención a los Equipos Médicos que intervengan con radiación o puedan generar efectos alarmantes en la Salud Pública. Se entiende que el objetivo de la baja es mantener controlados los Equipos Médicos que no sean útiles dentro de la Institución de Salud (SSA y CENETEC, 2020).

Beneficios de la GEM

Con una implementación correcta de la GEM se pueden obtener beneficios tanto cuantificables como intangibles, estos últimos ya que el personal y pacientes obtienen seguridad sobre los Equipos Médicos que están utilizando.

Con una implementación correcta de la GEM se pueden obtener beneficios cuantificables según CENETEC-Salud (2020) como la reducción de la sub o sobre utilización, reducción de costos de operación, reducción en gastos imprevistos, disponibilidad de Equipo Médico funcional, inversiones rentables de Equipo Médico funcional, Registro confiable sobre los Equipos Médicos funcionales y reducción de Equipo Médico que ya no es funcional.

También hay beneficios intangibles, como la seguridad percibida del personal de salud y pacientes dentro de la Institución de Salud, reducción del estrés en personal de salud, incremento en la calidad de la atención médica y fortalecimiento en la red de servicios médicos (SSA y CENETEC, 2020).

Regulación de la Gestión de Equipo Médico

En México no existe una Norma Oficial Mexicana la cual rija sobre la Gestión de Equipo Médico, pero existen diversas normas que marcan la definición de los Dispositivos Médicos y sus categorías, los Equipos Médicos con los que se debe contar en las diversas Instituciones de Salud, las pruebas que estos deben cumplir para ser usados, las instalaciones con las que se deben contar para ciertos Equipos Médicos, sobre el desempeño de los Equipos Médicos, la capacitación que debe recibir el personal, la disposición de los Equipos Médicos y sus desechos, así como el etiquetado y producción de los mismos.

Las normas que rigen a lo mencionado anteriormente se encuentran en la Tabla 1.

Concepto	Descripción, Campo de aplicación
Ley Federal del trabajo	Marca pautas de la capacitación para trabajadores. Condiciones de trabajo.
Ley General de Salud	Definición de equipo médico, redirección de elemento hacia otra norma.
NOM-001-SEDE-2012	Utilización de las Instalaciones eléctricas
NOM-004-NUCL-2013	Clasificación de los desechos radiactivos
NOM-005-SSA3-2018	Requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento para establecimientos de atención médica en pacientes ambulatorios
NOM-007-NUCL-2014	Requerimientos de seguridad radiológica en los implantes permanentes de material radiactivo con fines terapéuticos a seres humanos
NOM-012-STPS-2012	Condiciones de seguridad y salud en centros de trabajo con radiación ionizantes
NOM-016-SSA3-2012	Establece los requerimientos mínimos de infraestructura y equipamiento en hospitales y consultorios de atención médica especializada
NOM-026-NUCL-2011	Vigilancia del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes
NOM-031-NUCL-2011	Requisitos para el entrenamiento del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes
NOM-033-NUCL-2016	Especificaciones técnicas para la operación de unidades de teleterapia: aceleradores lineales
NOM-040-NUCL-2016	Requisitos de seguridad radiológica para la práctica de medicina nuclear
NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002	Instalaciones y manejo de RPBI
NOM-137-SSA1-2008	Etiquetado de dispositivos médicos
NOM-240-SSA1-2012	Instalación y operación de la Tecnovigilancia, desempeño del diseño de los DM, reporte de incidentes con DM
NOM-241-SSA1-2021	Buenas prácticas de fabricación de dispositivos médicos
Registro sanitario	Para poder ser usado y comercializado

Tabla 1. Normatividad que cubre a los Equipos Médicos, así como a sus usuarios y operadores.

Fuente: Arellanes Jarquín, E. E. y Moreno Gutiérrez, E. (2019, 12 de noviembre). Compendio de Normas Oficiales Mexicanas. GOBIERNO de MÉXICO.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516590/NOM_ACTUALIZADAS_2019.pdf

Elaboración Propia

Dentro de las Instituciones de Salud existen procedimientos establecidos conforme a lo recomendado por el CENETEC-Salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Reglamento Interior de la Secretaría de Salud y el Plan Internacional de Salud. Estos son particulares para cada una, pero se suelen tomar como base los documentos emitidos por las instituciones.

Mantenimiento de Equipo Médico

Se puede entender mantenimiento como aquellas reparaciones, verificaciones, calibraciones y actualizaciones del Equipo Médico con el objetivo de que el Equipo Médico funcione dentro de los parámetros de seguridad, calidad y normatividad.

El mantenimiento se puede dividir en tres: predictivo, preventivo y correctivo, esto según si se trabaja antes o después de presentarse una falla en el Equipo Médico. Una falla es aquel funcionamiento anómalo de un Equipo Médico el cual puede ser un riesgo para alguno de los involucrados en su empleo.

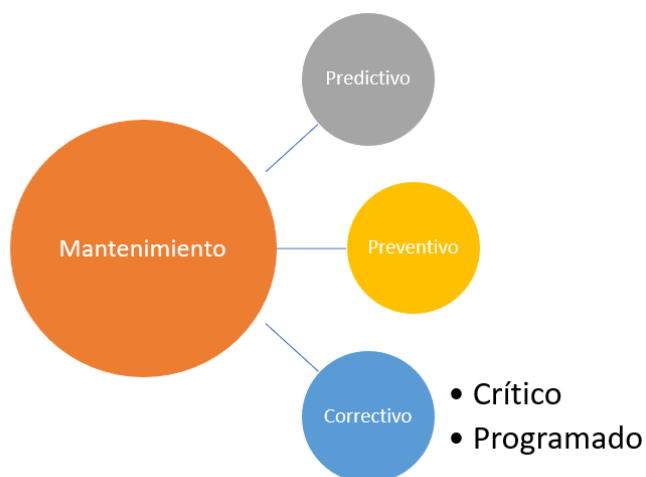


Fig.4. Clasificación del mantenimiento. Elaboración propia basada en (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011; Ramón Ramón et al., 1984)

El Mantenimiento Predictivo (MPD) son aquellas verificaciones programadas o aleatorias que se realizan para la detección de fallas. Permite el monitoreo del desempeño de un Equipo Médico y documentar la evolución de algún problema presentado anteriormente (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011). Este es llevado a cabo *in situ* por lo general.

En algunas Instituciones de Salud se lleva a cabo diario un MPD por parte del Departamento de Ingeniería Biomédica o afín, haciendo uso de formatos de verificación que contienen los datos de identificación, los pasos para la verificación, parámetros de correcta operación y anotaciones para incidentes presentados. Se suele hacer en el equipo de mayor importancia,

siendo los Equipos Médicos de soporte de vida como máquinas de anestesia, ventiladores, desfibriladores y monitor de signos vitales Este también es realizado por el personal usuario, aunque se suele trabajar con un formato diferente, esto de acuerdo con las capacidades y responsabilidades del personal.

Las ventajas son las siguientes (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011, p.20).

1. Reducir tiempos de paro.
2. Seguir la evolución de un defecto a través del tiempo.
3. Optimizar la gestión del personal del Departamento de Ingeniería Biomédica o afín.
4. Crear un archivo histórico del desempeño del Equipo Médico.
5. Determinar periodicidad de fallas
6. Facilitar análisis de averías.
7. Permitir un análisis estadístico de los Equipos Médicos de un servicio o de la Institución de Salud entera.
8. Brindar información para la realización del mantenimiento correctivo.
9. Determinar el nivel de afectación de la parada de un conjunto de Equipo Médico.

El Mantenimiento Preventivo (MP) se refiere a aquellas reparaciones, verificaciones, cambio de partes, calibraciones y actualizaciones que se realizan de manera programada con el objetivo de prevenir la incidencia de fallas en los Equipos Médicos, asegurando su confiabilidad (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011; Ramón Ramón et al., 1984; Solis Maya, 1973).

El MP puede llevarse a cabo *in situ* o en algún taller adecuado, esto depende de la movilidad del Equipo Médico, el espacio con el que se cuenta y la restricción del área donde se encuentra.

Dentro de las Instituciones de Salud existen tres tipos de áreas. **Área negra** son aquellas zonas en las cuales no existe restricción de paso y se consideran contaminadas; un ejemplo es el área de espera. **Área gris** son aquellas secciones de la Institución donde solamente personal autorizado puede acceder y las medidas sanitarias son mayores al área anterior; ejemplo los vestidores para acceder a Quirófano. Finalmente, el **Área Blanca** son aquellas zonas de la Institución de Salud en donde el paso es restringido a personal esencial y pacientes; en este se requiere de uniforme, Equipo de Protección Personal y en algunos casos de Equipo de protección adicional. Adicionalmente en esta Área blanca se tiene un sentido de circulación y el Equipo Médico tiene salida restringida para minimizar la contaminación del área blanca y del mismo. Ejemplos de Área blanca son quirófanos, banco de sangre, UCIN y UCI.

Los beneficios del MP son (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011, p 21):

1. Disminuir el tiempo ocioso.
2. Aumentar la vida útil de los Equipos Médicos.
3. Disminuir el inventario extra en almacén.
4. Equilibrar carga entre los trabajadores.
5. Disminuir el costo de reparaciones.
6. Mayor seguridad debido al conocimiento del estado de funcionamiento.

Para que el MP sea efectivo se requiere un Programa, en este deben estar las normas y procedimientos necesarios para la planeación y ejecución de cada una de las actividades que lo integran. Se requiere de conocimientos generales y técnicos especializados para su correcto diseño. Este consta de cuatro partes, siendo inventario, estadística, calendario de actividades y detalle de los procedimientos (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011).

El Mantenimiento Correctivo (MC) son aquellas reparaciones, verificaciones, calibraciones y actualizaciones que se realizan de manera imprevista, debido a que se presenta una falla. Este a su vez se puede dividir en Mantenimiento Correctivo Crítico (MCC) y en Mantenimiento Correctivo Programado (MCP) (Herrera Rendon y Rios Hernández, 2011; Ramón Ramón et al., 1984; Solis Maya, 1973).

El Mantenimiento Correctivo Crítico (MCC) se realiza cuando la falla en un Equipo Médico tiene carácter de urgente para su arreglo debido a que provoca un riesgo alto para los involucrados o debido a que representa una pérdida de un Equipo Médico vital dentro de la Institución de Salud (Ramón Ramón et al., 1984). Este se realiza *in situ* por lo general, puede ser una medida provisoria, esto con el fin de resolver la urgencia, para posteriormente darle solución al problema presentado y determinar la causa.

Ejemplo de esto puede ser una máquina de anestesia en el quirófano que se ocupa en medio de una cirugía y apaga de manera repentina. Se verifica su conexión y el estado de la batería de emergencia y se brinda arreglo temporal de ser posible; o en dado caso hacer un cambio de máquina de anestesia de emergencia. Ambas medidas son temporales y no dan solución al problema.

El Mantenimiento Correctivo Programado (MCP) difiere del anterior debido a que la falla presentada tiene un riesgo medio o bajo para los involucrados y su reparación puede ser programada en el corto plazo (Ramón Ramón et al., 1984). Para este caso, se tiene la posibilidad de utilizar otros EM que realicen la misma función o incluso se puede seguir usando el Equipo Médico con las mínimas funcionalidades.

Una situación en la cual se presenta esto puede ser la avería de una de las dos mesas de expulsión en el servicio de Tococirugía, se tiene la posibilidad de ocupar la otra mesa de expulsión, pero debido a la naturaleza de la demanda del servicio se requiere que se arregle de manera pronta.

Actividades usuales

El mantenimiento en general se puede dividir en dos grandes grupos de actividades, las básicas y suplementarias (Solis Maya, 1973). Las suplementarias son llevadas a cabo por otro departamento de la Institución de Salud. Ejemplo de estas son alta, baja y actualización en el inventario, esto suele llevarse a cabo por el Departamento de Administración en el equipo de activo fijo.

Los grupos de actividades básicas según (Solis Maya, 1973, p.11) son:

- A. Inspección.
- B. Servicio.
- C. Reparación.
- D. Cambio.
- E. Modificación.

Esto para equipo, instalaciones, edificios y propiedades, pero debido a la naturaleza de los Equipos Médicos se propone el siguiente grupo de actividades para el mantenimiento.

- A. Neutralización
- B. Inspección
- C. Servicio
- D. Reparación
- E. Cambio
- F. Modificación
- G. Certificación

Neutralización

Son todas aquellas actividades que permiten mantener al paciente y personal encargado de su mantenimiento protegido de patógenos y fuentes de radiación ionizante. Se incluyen las siguientes actividades sin orden específico.

1. Colocación de Equipo de Protección Personal
2. Colocación de Equipo de protección radiológica
3. Preparación del instrumental y equipo
4. Preparación del área de trabajo
5. Retiro de material radiactivo
6. Retiro de RPBI

Inspección

Todas aquellas actividades que brindan información sobre el estado, funcionamiento e historial del Equipo Médico. La inspección consiste en las siguientes actividades (Solis Maya, 1973):

1. Verificación de datos de registro
2. Consulta del registro de servicio
3. Inspección visual del exterior
4. Inspección de cables de conexión, mangueras, electrodos, cable de alimentación, etc.
5. Examen del funcionamiento con una prueba rápida
6. Inspección de fugas de radiación

Servicio

Son todas aquellas actividades cuya efectuación permiten un funcionamiento adecuado del EM dentro de su área de aplicación. Se pueden llevar a cabo uno solo o una combinación de los siguientes servicios (Solis Maya, 1973):

1. Pintura.
2. Limpieza.
3. Desinfección.
4. Lubricación.
5. Tratamiento anticorrosivo.
6. Pruebas de cultivo

Reparación

Es el conjunto de actividades que se realizan con el objetivo de corregir y/o prevenir fallas que se puedan presentar en los diversos elementos, sin tener que sustituir alguno (Solis Maya, 1973).

1. Inspección inicial.
2. Desmontaje de piezas.
3. Reparación.
4. Instalación de piezas reparadas.
5. Ajuste.
6. Calibración.
7. Reglaje.
8. Prueba funcional.
9. Aceptación.

Cambio

Son aquellas actividades que se efectúan para hacer sustitución de un elemento que ha terminado su vida útil, ha fallado y su reparación no es factible o que por motivos de seguridad o normatividad deben ser reemplazados (Solis Maya, 1973). Las actividades son las siguientes:

1. Preparación
2. Remoción.
3. Instalación.
4. Trabajos suplementarios.
5. Ajuste o reglaje.
6. Prueba funcional.

Modificación

Son aquellas actividades que se realizan para la alteración del diseño del Equipo Médico, incorporar nuevos elementos o accesorios compatibles con el EM con el fin de mejorar el funcionamiento (Solis Maya, 1973). En este caso en concreto se considera que la Tecnovigilancia se realiza dentro de esta actividad, ya que el objetivo de esta es la observación de los elementos de diseño en los Dispositivos Médicos.

Certificación

Todas las actividades que requiere un Equipo Médico para ser aprobada su certificación ante diferentes organizaciones (Solis Maya, 1973). Debido a que ciertos Equipos Médicos (Equipo que trabaja con radiación ionizante, de laboratorio y medición) requieren una certificación por terceros se considera esta categoría.

Se puede verificar mediante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) si el organismo que ofrece la certificación está capacitado para la expedición de los certificados solicitados (EMA, 2024).

Realización

Se recomienda que el mantenimiento sea realizado por técnicos biomédicos o afines, Ingeniero biomédico o de alguna otra Ingeniería, pero con especialización en esta área. Este personal debe tener experiencia con el manejo y cuidado de este tipo de Equipos, conocimiento sobre las restricciones de las distintas áreas de las Instituciones de Salud, al igual que conocer la correcta deposición de los residuos generados al realizar el mantenimiento.

Análisis Costo Beneficio

El Análisis Costo-Beneficio (ACB), es una herramienta de evaluación económica de una o más alternativas, la cual brinda definición y estructuración al problema a solucionar. Se puede usar para problemas sencillos o complejos, esto debido a que la herramienta es sumamente versátil y es adaptable a los requerimientos (Saldaña, 1977).

Esta herramienta se suele usar con un conjunto de técnicas de análisis auxiliares, pero no es excluyente o desalentada la introducción de otras técnicas de análisis que puedan brindar más información o una conclusión más clara. Es la estructura en la cual al adicionar técnicas de análisis lleva a un mejor trazo del posible curso de acción sobre el problema (Saldaña, 1977).

El componente más difícil de este análisis es el de beneficios, ya que su valor en unidades monetarias resulta arbitrario y en varias ocasiones complejo de determinar, ya que lo suelen integrar propiedades intangibles o cualitativas.

Se le puede dar un enfoque comercial, social o una combinación de ambos. En el enfoque comercial se tiene en cuenta únicamente aquellos elementos monetarios perceptibles de primera mano. Por su parte, en el enfoque social, los costos de estos elementos suelen ser los precios sombra. Se suele utilizar en la industria técnica más que para situaciones políticas. Las variaciones de la herramienta existen según la rama del conocimiento a la cual se la quería aplicar, siendo algunas más documentadas que otras (Saldaña, 1977).

El ACB tiene los siguientes elementos (Saldaña, 1977):

1. Supuestos
2. Modelo
3. Restricciones
4. Alternativas
5. Especificación y valorización de costos y beneficios
6. Consideración explícita del tiempo
7. Incertidumbre

El manejo de cada uno de estos depende directamente del problema y los recursos con los cuales se cuente, pero se deben determinar.

El análisis únicamente consiste en la operación matemática de dividir los beneficios en valor presente neto, anual o futuro entre los costos igual en valor presente neto, anual o futuro), todos estos bajo la misma tasa de interés o descuento (Baca Urbina, 2013; Blank y Tarquin, 2012).

Bajo este análisis se tienen beneficios, contrabeneficios y costos, los cuales se definen en un apartado siguiente. Se manejan los costos y beneficios con signo positivo, pero suele ser convención adjudicar un signo negativo a los contrabeneficios.

Se puede expresar los siguiente matemáticamente como

$$\frac{B}{C} = \frac{+Beneficios - Contrabeneficios}{+Costos}$$

Es un error colocar a los contrabeneficios en el denominador junto con los costos, ya que esto lleva a un cálculo incorrecto de la razón matemática que aplica el ACB (Blank y Tarquin, 2012).

Se le puede adicionar otros elementos matemáticos como Tasa Interna de Rendimiento y Valor Presente Neto (Saldaña, 1977), entre otros. Se reitera al lector que estos no son excluyentes de otros indicadores que quieran ser empleados durante el análisis.

Valor presente

Es el valor o dinero que se encuentra en el momento presente (momento 0) dentro del horizonte temporal. También se le conoce como Valor Presente Neto (VPN), Flujo de Efectivo descontado (FED) y Costo Capitalizado (CC) (Blank y Tarquin, 2012).

Cabe destacar que cuando se refiere a Valor Presente Neto, se suele asignar el nombre de Inversión inicial todos aquellos costos en los que se incurren al momento de poner en marcha el proyecto y se le asigna un signo negativo, pero se puede calcular de igual manera con la siguiente fórmula, mas se debe de respetar los signos. Siendo beneficios de signo positivo y costos de signo negativo. Se puede tomar al Valor Presente Neto como un caso particular de la Fórmula de Valor Presente.

El Valor Presente es la ecuación por la cual se puede determinar el valor del dinero en este momento pese a que esté en un tiempo diferente. Es decir, traer al presente los beneficios monetarios que se tendrán a futuro (flujos descontados) o los obtenidos con anterioridad, esto con el objetivo de que sean comparables entre sí (Baca Urbina, 2013).

Es necesario para la obtención de los indicadores utilizados en el procedimiento.

Se calcula de la siguiente manera (Blank y Tarquin, 2012):

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t}$$

V_t flujo neto de efectivo en cada periodo t

n número de periodos previstos

k tasa de descuento o la inflacionaria

Cabe destacar que la tasa de descuento debe estar en las mismas unidades temporales que los periodos previstos. Si la tasa es mensual entonces los periodos deben ser meses, si la tasa está en años entonces los periodos son años. Se puede usar la inflación como tasa de descuento o alguna otra que se considere pertinente (Baca Urbina, 2013).

La inversión inicial es aquel capital que debe ser suministrado para el inicio de la alternativa y que no es recuperable si la alternativa resulta inefectiva por alguna razón (Baca Urbina, 2013). Se le asigna el signo negativo ya que se considera un costo.

El flujo neto de efectivo son aquellos ingresos de efectivo, o en este caso de beneficios menos los contrabeneficios o en sus defectos los costos que se obtendrán al realizar la alternativa (Baca Urbina, 2013).

Razón Costo-Beneficio

Matemáticamente hablando, es el cociente del Valor Presente Neto de los Beneficios y el Valor Presente Neto de los Costos; siendo adimensional. Su resultado expresa la diferencia entre el total monetario de los beneficios y costos (Baca Urbina, 2013). Su valor oscila en el rango de $[0, \infty)$.

Dependiendo de su valor es como se debe interpretar el indicador para la alternativa. Se calcula e interpreta de la siguiente manera:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC} = \frac{B - D}{C}$$

B Beneficios

C Costos

D Contrabeneficios

VPB Valor Presente Beneficios

VPC Valor Presente Costos

Interpretación

$$\frac{B}{C} > 1 \text{ la alternativa es rentable}$$

$$\frac{B}{C} = 0 \text{ la alternativa resulta indiferente}$$

$$\frac{B}{C} < 1 \text{ la alternativa no es rentable}$$

Este indicador en conjunto con el anterior va poco a poco pintando el panorama en el cual se encuentra la alternativa.

Determinar la naturaleza de cada componente del servicio depende del punto de vista con el cual se esté trabajando. Ya que la naturaleza se puede intercambiar cuando se ve desde el punto de vista del usuario o del de la organización realizadora.

Costos

Se puede definir costo como la cantidad monetaria estimada para la puesta en marcha, operación y mantenimiento de un proyecto o servicio, exceptuando valores de rescate (Blank y Tarquin, 2012).

Hay tres principales tipos de costos, siendo estos costos directos, indirectos e intangibles (CENETEC, 2017).

Los costos directos son aquellos que se le pueden adjudicar directamente al Equipo Médico, como los costos incurridos por su incorporación, operación y desinstalación en caso necesario. En esta categoría se incluyen los costos de mantenimiento, calibración, capacitación, personal para operación, permisos especiales y de equipo utilizado para el análisis de funcionamiento (CENETEC, 2017).

Los costos indirectos son aquellos en los que se incurre por la pérdida de productividad. En el ámbito de la salud serían ejemplos de esto, redireccionamiento de paciente, inhabilitación de quirófanos o suspensión de servicios (CENETEC, 2017).

Los costos intangibles son aquellos equivalentes monetarios que se le atribuyen al dolor, ansiedad y sufrimiento que genera que no esté disponible el recurso (CENETEC, 2017).

Se manejan con un signo positivo en la ecuación.

Beneficios

Una definición de beneficios es aquella utilidad que percibe el usuario del proyecto o servicio (Blank y Tarquin, 2012).

Ejemplos de beneficios en Equipo Médico puede ser una garantía sobre cierta cantidad monetaria, reposición total del Equipo Médico o descuentos en servicios futuros o adicionales.

Al igual que los costos se manejan con un signo positivo.

Contrabeneficios

Se puede definir como aquellos inconvenientes que percibe el usuario cuando es tomada la elección, también son aquellos inconvenientes económicos indirectos puede tener la alternativa (Blank y Tarquin, 2012).

Estos pueden alterar significativamente la toma de elección de la alternativa, ya que pueden inclinar el indicador. Suelen ser monetariamente difíciles de determinar. En algunos casos, se eliminan debido a cuestiones ajenas a la evaluación (Blank y Tarquin, 2012).

Estos se restan a los beneficios, por lo cual obtienen un signo negativo. Debe tenerse cuidado en no considerar los contrabeneficios en la suma de los costos.

Análisis para alternativas mutuamente excluyentes

En el contexto del mantenimiento de Equipo Médico, los posibles resultados de la evaluación son tres, se realiza con la empresa A, se realiza con la empresa B o no se realiza. En el último caso da paso a dos posibles resoluciones, se realiza una nueva búsqueda de ofertantes o se contemplan realizar análisis para cambiar o dar de baja el Equipo Médico.

En este análisis se evalúan únicamente dos alternativas, una de mayor inversión que la otra. Se quiere determinar si la inversión adicional es beneficiosa o no representa una ventaja respecto a la opción de menor inversión (Blank y Tarquin, 2012).

Se utiliza para esto un Análisis Costo Beneficio Incremental. Se evalúa la alternativa de mayor inversión con la de menor, se debe hacer justamente en este orden para un análisis adecuado. En donde si la razón B/C es igual o mayor a 1 se elige la alternativa de mayor inversión, de lo contrario se toma la restante (Blank y Tarquin, 2012).

Si se desea hacer el análisis con la opción de menor inversión, esta se evalúa contra la opción de No Hacer. En el caso de $\frac{B}{C} < 1.0$ se compara con la alternativa de mayor inversión. Si ambas determinan un $\frac{B}{C} < 1$ entonces se toma la opción de No Hacer.

El procedimiento para este análisis es parecido al ACB explicado anteriormente, hasta el punto de determinar costos, beneficios y contrabeneficios. Para ambas alternativas se realizan y se colocan en VPN. A partir de aquí el análisis diverge, ya que se compara el VPC de todas las alternativas, se coloca de menor a mayor y se selecciona la mayor y de menor VPC para evaluar.

A será la nomenclatura para la alternativa de menor inversión, mientras que **B** para la de mayor inversión. Se realizan los siguientes pasos después de esto.

1. Calcular los Costos Incrementales (ΔC), el cual será el denominador en el indicador B/C

$$\Delta C = VPC_B - VPC_A = C$$

2. Calcular Beneficios Incrementales, esto mediante la resta del VPB de la alternativa con mayor inversión con el VPB de la del menor VPC.

$$\Delta B = VPB_B - VPB_A$$

3. Calcular indicador $\Delta B/C$

$$\Delta B/C = \frac{VPB_B - VPB_A}{VPC_B - VPC_A}$$

En donde en el numerador se encuentran contenidos los contrabeneficios de ambas opciones.

El criterio es el siguiente.

$$\frac{\Delta B}{C} \geq 1.0 \text{ Elegir la opción de mayor VPC (B)}$$

$$\frac{\Delta B}{C} < 1.0 \text{ Elegir la opción de menor VPC (A)}$$

Capítulo IV Desarrollo del procedimiento

Se determinó que la base del procedimiento fuera un Análisis Costo Beneficio (ACB) debido a que este es ampliamente utilizado en el sector público, no requiere elementos adicionales y permite asignar valor monetario a propiedades cualitativas.

Debido a que es ampliamente usado en el Sector Público se requiere de un menor tiempo de capacitación e implementación del procedimiento. Igualmente se espera que con este parecido se reduzca el rechazo al procedimiento y la curva de aprendizaje sea reducida significativamente.

Así mismo para hacer uso del ACB no se requiere de elementos adicionales de los que suele contar la mayoría de las Instituciones de Salud. Se suele contar con equipo de cómputo y un programa que permita ejecutar hojas de cálculo. Por lo mismo la inversión inicial que se puede tener para la implementación de este procedimiento puede ser mínima.

El traducir propiedades cualitativas suele ser complicado, por lo cual contar con una forma establecida de calcular una estimación de su valor resulta en una reducción de la carga de trabajo, así como en caso necesario, un inicio para modificaciones pertinentes para el cálculo de aquellas propiedades cualitativas que se deseen agregar.

En el siguiente apartado se expone la propuesta del procedimiento para la evaluación económica de las alternativas del mantenimiento de Equipo Médico.

Esquema General

1. Definir Equipo Médico
2. Definir requerimientos del mantenimiento
3. Determinar las alternativas para el mantenimiento
4. Capturar los datos sobre los precios del mantenimiento
5. Asignar beneficios y contrabeneficios según tabla para cada alternativa
6. Asignar costos según tabla para cada alternativa
7. Colocar los datos en el indicador
8. Observar resultados del indicador
9. Revisar tabla para comparación del desempeño de las alternativas

Se maneja el punto de vista de la Institución de Salud para asignar beneficios, contrabeneficios y costos.

Cabe destacar que los pasos 4, 5, 6 y 7 se realizan para cada una de las alternativas.

Para realizar el procedimiento se requiere de información o estimados confiables, que reflejen la realidad lo mejor posible. El uso de información no fidedigna puede llevar a resultados

que no sean apegados a la realidad y que no sean de utilidad para el mantenimiento de Equipos Médicos.

Se requiere una computadora que tenga paquetería que permita el uso de hojas de cálculo o algún otro similar. En caso de que se use Excel, para automatizar algunos elementos se pueden usar Macros. Cabe destacar que para el uso de Macros se debe realizar con una hoja de cálculo habilitada para esto, ya que en el caso contrario se crea la Macro, pero no se puede ejecutar.

Se muestra en la Fig. 5 un diagrama general del procedimiento para dos alternativas. Los rectángulos en amarillo son aquellas actividades que se deben hacer para cada una de las alternativas que se contemplen, mientras que en gris es donde se realiza para todas las alternativas un solo desarrollo.

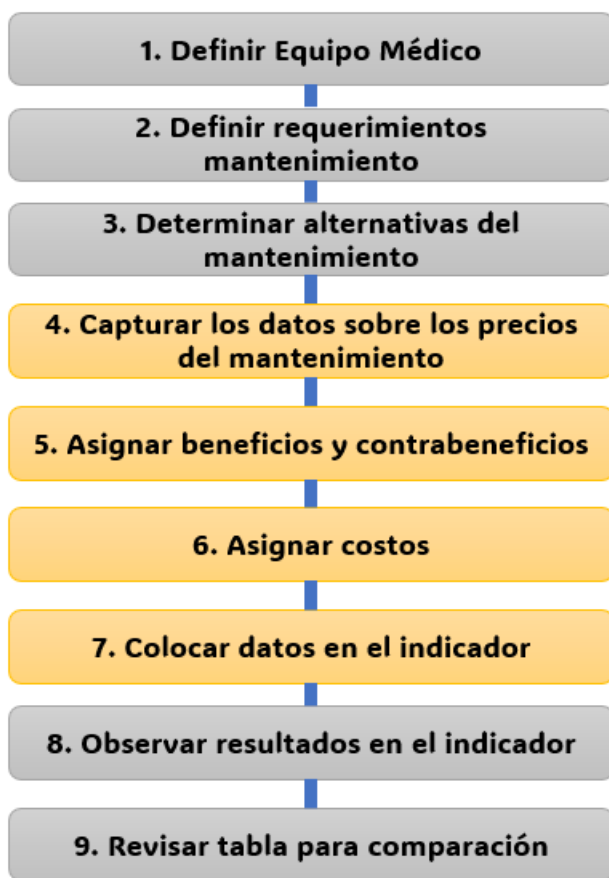


Fig. 5. Diagrama del procedimiento para dos alternativas. Elaboración propia.

1. Definir Equipo Médico

Se define el Equipo Médico, marca, modelo, unidades que requieren mantenimiento, año de fabricación y Servicio Hospitalario en el cual se utiliza.

La información anterior se puede obtener mediante archivos preexistentes o realizando una recolección directa de la información.

Estos datos se colocan en una hoja de cálculo bajo el nombre de Identificación.

Evaluación económica de las alternativas del Mantenimiento	
Fecha	
Equipo	
N. Serie	
Marca	
Modelo	
Unidades	
Servicio	
Fecha de adquisición	

Fig. 6. Ejemplo de hoja de identificación. Elaboración propia.

El diseño que se muestra es una opción, pero queda a criterio del elaborador la modificación según lo requerido.

Para todas las hojas de cálculo elaboradas durante el procedimiento se empleará el siguiente membrete. El cual contiene la información del elaborador y del Equipo Médico.

Mano de obra para Mantenimiento			
Elaborador			
Fecha		Servicio	
N. Serie		Equipo	
Marca		Modelo	
Unidades		Revisión	

Fig. 7. Ejemplo de membrete. Elaboración propia.

En el espacio en verde se coloca el encabezado.

Se pueden agregar elementos al membrete en caso de ser necesario, se considera que los colocados son los mínimos para identificar al Equipo Médico. Adiciones pueden ser el número de inventario, Escudos de la Institución de Salud, espacio para firmas, entre otros.

2. Definir Requerimientos del mantenimiento

Se debe determinar si se realiza un Mantenimiento Preventivo, Correctivo o ambos, así como la urgencia, si alguna de las unidades requiere elementos o procedimientos adicionales al mantenimiento previsto, actividades que conforma el mantenimiento y acreditaciones necesarias para realizar el mantenimiento. Esto se detalla en la Propuesta técnica y en el Programa de trabajo que se elabora dentro de la Institución de Salud.

En este paso se realiza una lista con los requerimientos, o sea actividades para llevar a cabo durante el mantenimiento, refacciones necesarias, pruebas de funcionamiento, equipo de pruebas necesario y cualquier otro particular que el elaborador considere pertinente.

En el caso específico de realizarlo dentro un Departamento de Ingeniería Biomédica o afín, se recomienda listar aquellos insumos, equipo, herramientas y Equipo de Protección Personal necesario para realizar el mantenimiento

Se debe tener especial cuidado cuando el Equipo Médico trabaja con radiación ionizante o sea de alta especialidad. Igualmente se debe revisar con anterioridad la existencia de garantías y cláusulas de operación.

Los Requerimientos de mantenimiento deben ser congruentes con lo que marca el manual del fabricante, medidas de seguridad y calidad de cada Institución de Salud. Se incita ampliamente seguir lo marcado en el manual de servicio de cada Equipo Médico al momento de definir los requerimientos del mantenimiento.

En caso de que se quiera asignar el mantenimiento a un tercero se recomienda seguir los *Lineamientos para la contratación del servicio de mantenimiento de equipo médico a través de terceros publicados* por el CENETEC (2006).

Según la alternativa, se brinda un tiempo esperado fuera de servicio, este será colocado en la una hoja de cálculo llamada Costos, la cual será utilizada más adelante.

Si se quiere realizar una comparación con mantenimientos pasados se requiere conocer la tasa inflacionaria que se tuvo durante ese tiempo hasta la actualidad o el momento en el cual se quiere evaluar. Esto se puede realizar mediante investigación

Para la tasa de referencia, que suele ser la inflacionaria, se recomienda para proyecciones futuras utilizar un estimado en páginas oficiales como la del Banco de México o en la del INEGI.

Para la tasa de descuento se usará la tasa de interés de CETES a 364 días ya que se manejan periodos de esta magnitud para el procedimiento (CENETEC, 2017) ya que es lo que se obtendría si la Institución lo invirtiera, esta puede ser alterada si se cuenta en la Institución de Salud con una tasa de rendimiento establecida. En este caso es del 11.19% (BANXICO, 2024).

Se le recuerda al lector que el procedimiento no está diseñado para determinar si se requiere actualización, reemplazo o baja. Este es únicamente para el evaluar económicamente el desempeño de una o más alternativas de mantenimiento.

3. Definir alternativas de mantenimiento

Con los requerimientos delimitados, en el ámbito público se procede a crear una licitación, en la cual se establecen los términos y cláusulas del contrato de trabajo. De esta licitación se obtienen los distintos posibles proveedores de los postulantes a la asignación de la licitación.

Otra opción es realizar un estudio de mercado en plataformas como [CompraNet](#), en la cual se buscan licitaciones, invitación a tres o adjudicaciones directas, parecidas a lo marcado por los requerimientos. Encontrando a aquellos posibles proveedores en los contratos anteriormente celebrados con otras instituciones.

En el ámbito privado se pueden obtener las propuestas al enviar los requerimientos a empresas de mantenimiento con las que se tenga trato o mediante la segunda opción mencionada anteriormente.

Cabe destacar que se debe investigar a profundidad al posible proveedor, para asegurar que este sea confiable y cuenta con los elementos suficientes para realizar de manera adecuada el mantenimiento.

En el caso que el proveedor sea interno, este debe dar su propuesta técnica en la cual se detallan los suministros, equipo y personal a emplear. Estos datos se pueden tener de servicios anteriores o de estimaciones del personal capacitado.

Una vez con los requerimientos establecidos y habiendo obtenido propuestas. Se deben de evaluar individualmente cada una. Se requiere tener tiempo fuera de servicio, precio de refacciones, precio de pruebas por externos (en caso necesario), garantías, precio del traslado (en caso necesario), perfiles de los proveedores del mantenimiento junto con otros que el elaborador considere pertinentes.

Se puede dar un nombre clave a cada alternativa, enumerarlas o dejarlas bajo el nombre de la empresa o proveedor.

El procedimiento funciona con al menos una alternativa, no existe límite de alternativas a evaluar.

4. Capturar datos sobre precio de mantenimiento

Esta sección se divide en dos el procedimiento, dependiendo del proveedor del mantenimiento. Siendo esto llevado a cabo por personal interno o externo a la Institución de salud. Para cada proveedor el procedimiento cambia, por lo cual en adelante se debe realizar la sección del paso que tenga la opción por la cual se hará.

Se considera de esta manera ya que los suministros necesarios según el proveedor son percibidos de manera diferente. En el realizado por externo solamente se suele detallar el precio de la mano de obra, refacciones, operaciones adicionales y costo final, sin tener detalle en la cantidad exacta de insumos necesarios para la realización.

En contraste con el interno dónde se requiere saber los insumos, herramientas, equipos auxiliares, personal y tiempo ocupado que deben ser comprados u obtenidos de almacén, para ser considerado.

Para proveedores Externos a la Institución de Salud diríjase a [Externo](#).

Para proveedores Internos a la Institución de Salud diríjase a [Interno](#).

Se recomienda utilizar la letra “a” en aquellos pasos que son realizados para la alternativa Externa y “b” para aquellos que reflejen la información de la alternativa Interna. Para la alternativa Externa los pasos serían 4 a, 5 a, 6 a y así sucesivamente.

[Externo](#)

En un primer apartado se coloca el membrete mencionado en [1. Definir Equipo Médico](#).

Se colocan el Número, Equipo, Marca, Modelo, Número de Serie y Precio Unitario en una tabla. Se suman los precios unitarios en una celda con la etiqueta de subtotal y en caso de no contar ya con el I.V.A, este le agrega para obtener el Costo total.

En una celda se calcula el precio promedio de cada unidad. Se recomienda que toda la información quede cercana a la tabla. En caso de que la cantidad de equipos sea grande, se aconseja que los datos de Subtotal, I.V.A., Total y Promedio aparezcan al inicio para no perder la información.

Los datos anteriores se colocan en la hoja con el nombre de Externo.

Mantenimiento Externo					
Elaborador					
Fecha		Servicio			
N. Serie		Equipo			
Marca		Modelo			
Unidades		Fecha de compra			
Año					
#	Equipo	Marca	Modelo	N. Serie	Precio Unitario
	Precio Promedio			Subtotal	
				I.V.A.	
				TOTAL	

Fig. 8. Ejemplo de hoja Externo. Elaboración propia.

El diseño mostrado es una sugerencia, pero queda a criterio del elaborador la modificación.

Si se utilizan precios anteriores estos deben ser ajustados, es decir traducirlos a unidades monetarias actuales, esto se puede realizar mediante el aumento de este con asistencia de la tasa inflacionaria del periodo.

Para proyecciones se debe usar la tasa inflacionaria más alta pronosticada del periodo futuro.

Conseguir estos datos se puede realizar mediante repositorios y pronóstico de entidades oficiales como BANXICO o el INEGI. Se deja el enlace al repositorio y pronóstico en la sección de [Referencias](#).

Interno

Debido a que se realiza dentro de la Institución de salud se puede tener un mayor conocimiento y control de los insumos, herramientas, equipos, personal ocupado, tiempo utilizado y se puede presentar el caso en el que se usen piezas de algún otro equipo el cual no esté en servicio.

Insumos

Se crea una hoja con el nombre de Insumos. Se coloca un primer apartado los datos del elaborador y de los equipos, junto con la fecha de elaboración de la Evaluación.

En esta hoja se colocan los materiales como equipo de protección personal, elementos de limpieza, refacciones nuevas, elementos de lubricación, elementos de adhesión, elementos físicos, elementos de terminados, entre otros. Se realiza mediante una tabla.

- Equipo de Protección Personal son cubrebocas, lentes, guantes, gorros quirúrgicos, botas quirúrgicas, delantales, entre otros.
- Elementos de limpieza son todas aquellas sustancias y material que permiten limpiar el equipo, ejemplos de esto son jabón líquido, cepillos, paños, alcohol y soluciones antisépticas especializadas.
- Refacciones nuevas son aquellas partes del equipo que se compran y no han sido usadas, éstas pueden ser elementos físicos o electrónicos. Ejemplos son sensores, perillas, pantallas, carcasas, entre otros
- Elementos de lubricación son aquellos que mejoran o permiten el desplazamiento entre dos partes, reduciendo la fricción que existe entre ellas. Estos pueden ser aceites minerales, sintéticos, grasa para chasis, entre otros.
- Elementos de adhesión son aquellos que permiten la unión mediante sustancias químicas entre dos partes. Ejemplos de esto son pegamentos naturales como goma y químicos como el cianoacrilato.
- Elementos físicos son aquellos que se unen para formar, fijar o unir partes en el equipo. Ejemplos son remaches, rondanas, tornillos, velcro, partes de acrílico, entre otros.
- Elementos de terminados son aquellos que se colocan para brindar una capa protectora y estética al equipo. Ejemplos son las pinturas en aerosol, recubrimientos metálicos y plásticos, entre otros.

Se crea una tabla para contener estos datos, junto con cantidad necesaria, unidades en el paquete o envase, y el precio. Para agilizar el llenado de la tabla se pueden usar Macros las cuales, almacenen, limpien y eliminen filas.

Se crea una columna para el precio unitario; que es el precio del insumo entre unidades en el paquete y otra columna para el cálculo de paquetes necesarios; que se obtiene mediante la división de cantidad necesaria entre unidades en el paquete, en caso de punto decimal, se redondea al siguiente entero.

Adicionalmente se crea una última columna para el precio total, que se calcula mediante la multiplicación de Precio por el número de paquetes necesarios.

Insumos de Mantenimiento			
Elaborador			
Fecha		Servicio	
N. Serie		Equipo	
Marca		Modelo	
Unidades		Fecha de compra	

Material	Cantidad necesaria	Unidades en el paquete	Precio (m. n.)
	6	2	4

Guardar

Limpiar

Eliminar Fila

Material	Cantidad necesaria	Unidades en el paquete	Precio (m. n.)	Precio unitario (m. n.)	Número de paquetes necesarios	Total
----------	--------------------	------------------------	----------------	-------------------------	-------------------------------	-------

Fig. 9. Ejemplo de hoja Insumos. Elaboración propia.

Los cálculos efectuados serán utilizados posteriormente.

Refacciones de segunda mano

Son aquellas partes que son obtenidas de un Equipo médico que no se encuentre en funcionamiento debido a alguna falla que no comprometa a la pieza que se busca retirar del equipo. Son piezas funcionales pero que tienen ya un uso considerable.

Para este tipo de parte se crea una hoja de cálculo especial para estimar su precio actual, bajo el nombre Segunda mano. Se coloca un primer apartado los datos del elaborador y del equipo, junto con la fecha de elaboración de la Evaluación.

Se crea una tabla en la cual esté la tasa inflacionaria desde la fecha de creación de la pieza más antigua hasta el tiempo actual. Se hacen sumas parciales con cada rango de creación y compra de piezas.

Se crean seis columnas en las cuales están los apartados de Material, cantidad necesaria, año de fabricación, año de compra, precio actual y valor depreciado, siendo las primeras cinco en las cuales se vacía la información.

Para la sexta columna lo que se calcula es el precio actualizado de la Refacción de segunda mano, esto mediante una tasa de descuento, se puede usar la inflación, CETES en algún plazo o alguna otra convenida. El cálculo se realiza de la siguiente manera.

La tasa debe ser por cada pieza según la diferencia entre el año de compra y el de fabricación. Un ejemplo es la inflación que se presenta del 2000 al 2010, esta es diferente a la presentada del 2004 al 2007. Como se mencionó se puede obtener en la página de BANXICO.

$$V_{act} = PA - \frac{PA}{(1 + i)^{n-c}}$$

Vact Valor actual

PA Precio actualizado

i Tasa de descuento

n año en el que se realiza la compra

c año de fabricación

Las cinco primeras columnas se pueden automatizar mediante Macros, para guardar, limpiar y eliminar filas, pero se puede llenar la tabla de manera manual.

Insumos de Mantenimiento				
Elaborador				
Fecha		Servicio		
N. Serie		Equipo		
Marca		Modelo		
Unidades		Fecha de compra		

Material	Cantidad necesaria	Año de fabricación	Año de compra	Precio actual de la parte (m.n.)

Guardar

Tasa de inflación (anual)

Limpiar

Eliminar fila

Material	Cantidad necesaria	Año de fabricación	Año de compra	Precio actual de la parte (m.n.)	Valor depreciado (m.n.)

Fig. 10. Ejemplo de hoja Segunda mano. Elaboración propia.

Los cálculos efectuados serán utilizados posteriormente.

Herramienta y Equipo

Son aquellos elementos físicos y electrónicos, que tienen un fin y pueden ser usados más de una vez, suelen ser empleados en el mantenimiento, limpieza, arreglo y calibración de otros equipos.

En esta categoría se encuentran destornilladores, seguetas, llave inglesa, martillo, equipo de calibración, hidrolavadoras de alta presión, herramientas de metrología, estación de soldadura, cautín, entre otros.

Se crea una hoja de cálculo, bajo el nombre HE. Se coloca un primer apartado el membrete que se mencionó con anterioridad.

En esta hoja serán colocados todos los elementos anteriormente mencionados dentro de la categoría de herramienta o equipo que se deban adquirir o arrendar para realizar el mantenimiento.

Se crean seis columnas en una tabla, con los encabezados de Herramienta o equipo, Cantidad necesaria, Precio, Vida útil, si es de uso múltiple y el Total. Entiéndase uso múltiple por la capacidad de volver a usar la herramienta o equipo en diferentes Equipos Médicos. La columna de total se realiza mediante la multiplicación de Precio por Cantidad necesaria.

Se pueden ocupar Macros para facilitar la recopilación de la información, con botones para almacenar, limpiar y eliminar fila.

Herramientas y equipos para Mantenimiento					
Elaborador					
Fecha		Servicio			
N. Serie		Equipo			
Marca		Modelo			
Unidades		Revisión			

Herramienta o equipo	Cantidad necesaria	Precio (m. n.)	Vida útil (años)	¿Uso múltiple? Sí No	

Guardar
Limpiar

Eliminar Fila

Herramienta o equipo	Cantidad necesaria	Precio (m. n.)	Vida útil (años)	¿Uso múltiple? Sí No	Total
					0

Fig. 11. Ejemplo de hoja H-E. Elaboración propia.

Los apartados de [Insumos](#), [Refacciones de segunda mano](#), [Herramienta y Equipo](#), específicamente los totales serán colocados en una hoja bajo la leyenda de Interno, colocando como en las hojas anteriores el membrete. Se colocan las categorías anteriores junto con su costo. Se agrega una celda al final para colocar la suma total, esta es la inversión inicial.

Inversión Inicial			
Elaborador			
Fecha		Servicio	
N. Serie		Equipo	
Marca		Modelo	
Unidades		Fecha de compra	

Descripción	Costo
Insumos	
Refacciones de segunda mano	
Herramienta y Equipo	
Total	

Costo unitario	
----------------	--

Fig. 12. Ejemplo de hoja Interno. Elaboración propia.

Se puede agregar el costo unitario.

Para realizar las proyecciones de los precios se ocupa la tasa inflacionaria pronosticada para el periodo futuro. En su caso si ya no es necesario adquirir herramienta y equipo en una siguiente iteración del mantenimiento se puede eliminar este.

En el caso de que no se cuente con los precios de los diferentes elementos se pueden utilizar precios que aparezcan en licitaciones recientes. Son preferibles aquellas que pertenezcan a la misma Institución de Salud, aunque sean de otra sede.

5. Identificar beneficios y contrabeneficios según tabla para cada alternativa

Para el procedimiento se consideran beneficios todas aquellas actividades y elementos los cuales generen valor y/o un ahorro para la Institución de Salud. Se listan en la siguiente tabla junto con su propuesta para calcular su representación monetaria.

Al Sueldo no se le asigna la etiqueta de costo en este procedimiento ya que se considera que la inversión monetaria ha sido cubierta con un capital diferente, pese ha que hay un traslape.

Concepto	Descripción	Cálculo
Sueldos	De acuerdo con lo contratado o por investigación de mercado.	$S * P * T$ S salario según escala temporal P personal empleado T tiempo empleado en el mantenimiento en la misma escala temporal
Seguridad Técnica	Conforma a la reparación de daños si se presenta una falla.	$\sum RD$ RD reparación de daños
Atención inmediata	En caso de tener menor tiempo fuera de servicio que la otra alternativa.	$(T - t) * DF$ T mayor tiempo fuera de servicio t menor tiempo fuera de servicio DF precio día fuera de servicio
Garantía	Precio del mantenimiento por el periodo de cobertura o la suma asegurada.	$PM * n$ PM precio mantenimiento n periodo de la garantía
Descuentos	Costo reducido del precio inicial.	$PM - (PM * D\%)$ D% Porcentaje de descuento PM precio mantenimiento inicial
Acreditaciones superiores a lo solicitado	En caso de que la alternativa tenga mayores acreditaciones por menor precio.	$PMm - PMA$ PMm precio mantenimiento menor acreditación

		PMA precio mantenimiento mayor acreditación
Experiencia mayor a la solicitada	En caso de que la alternativa tenga mayor experiencia por un menor precio.	<i>PMme-PMAE</i> PMme precio mantenimiento menor experiencia PMAE precio mantenimiento mayor experiencia
Ahorro en piezas y/o consumibles	En caso de que la alternativa oferte un precio menor por piezas o consumibles.	<i>Ppm-PPM</i> Ppm precio piezas mayor PPM precio piezas menor
Seguros	Cantidad cubierta por el seguro menos deducible, en caso de deberse pagar algo. Considere cláusulas del seguro.	<i>CO-De</i> CO cobertura De deducible

Tabla 2. Beneficios y su propuesta de asignación monetaria. Elaboración propia.

En color azul se encuentran aquellos beneficios que solo se encuentran realizando el mantenimiento internamente. En rojizo aquellos que solo se obtienen al efectuarlo con un externo.

Los cálculos para los beneficios anteriores y algún otro que pueda detectar el elaborador serán asignados en una hoja bajo la leyenda de Beneficios, conteniendo el membrete mencionado anteriormente, ver [1. Definir Equipo Médico](#). Esta hoja será usada en el cálculo del indicador B/C.

Para los contrabeneficios se utiliza la siguiente tabla, se invita al elaborador a observar detenidamente los efectos secundarios indeseados que puede tener un servicio de mantenimiento específico.

Concepto	Descripción	Fórmula
Inspección	Conforma al tiempo empleado en inspección, recepción y documentación.	$S * P * T * E$ S salario por hora o día según caso P personal empleado T tiempo total de actividades E cantidad de Equipos Médicos

Disminución del servicio	En caso de que el DIB presente un menor rendimiento debido a que el personal empleado en el mantenimiento impacto en la capacidad de respuesta.	$\left(\frac{\frac{CA}{Pc}}{\frac{año}{PromR}} \right) = A$ $A * P * T = DS$ CA costo anual del DIB Pc personal capacitado para realizar mantenimiento Año según la cantidad de días PromR promedio de reportes diarios o según escala temporal P cantidad de personal empleado T tiempo empleado en el mantenimiento DS disminución del servicio
--	--	--

Tabla 3. Contrabeneficios y su propuesta de asignación monetaria. Elaboración propia.

En color azul es exclusivo si se realiza de manera interna, ya que la disminución del servicio es para el Departamento de Ingeniería Biomédica que efectúa otras actividades dentro de la Institución de Salud.

Disminución del servicio es únicamente cuando al realizar el mantenimiento se tenga una sobrecarga en el personal del Departamento de Ingeniería Biomédica que no se encuentre realizándolo. Si el personal no se ve con una carga mayor de trabajo a lo tolerado, entonces no es necesario incluir este contrabeneficio ya que no se está perjudicando el flujo de trabajo.

En rojizo es exclusivo de realizarlo con un externo a la Institución de Salud, ya que se requiere hacer una inspección del mantenimiento del Equipo Médico realizado por el personal responsable.

Los cálculos se realizan en la misma hoja beneficios para cada alternativa, ya que serán sustraídos de estos.

6. Identificar costos según tabla para cada alternativa

Dentro del procedimiento se considera como costo todas aquellas actividades y elementos los cuales generan una pérdida o disposición de dinero no prevista para la Institución de Salud. Se listan en la siguiente tabla junto con la propuesta para calcular la representación monetaria.

Concepto	Descripción	Fórmula
Inversión inicial	Suma del precio de insumos, herramientas y equipos necesarios de compra. En el caso externo son anticipos o pagos de contado.	$In+H+E$ In insumos H herramientas E equipos
Días fuera de Servicio	Según el precio unitario de la atención médica que permite brindar el equipo.	$CU*PromPa*T=DF$ CU costo unitario PromPa promedio pacientes según escala temporal T tiempo fuera de servicio, en la misma escala temporal DF precio días fuera de servicio
Riesgo Contaminación	Debido a que el Equipo Médico sale de la Institución de Salud es susceptible a contaminarse con patógenos externos. Centrado para Equipo Médico de Quirófano, UCI y UCIN.	$Cde+Cdz+Cul$ Cde precio descontaminación del Equipo Médico Cdz costo descontaminación de la zona de paso Cul precio de pruebas de cultivo y otro para asegurar seguridad sanitaria
Movilización de equipo	En caso de que la movilización del Equipo Médico no se encuentre incluida en la propuesta o haya que pagarla a un externo pese a realizarse el mantenimiento de manera interna.	Según el precio estimado.
Piezas extra	En caso de que durante el mantenimiento o colocación se llegue a dañar una parte que no se encontraba contemplada.	Precio de la pieza.

Actividades adicionales	Aquellas que se deben realizar adicionales al contrato. Como puede ser capacitación.	Según la actividad, personal y tiempo empleado.
Mano de obra	Recursos que emplea el personal capacitado para efectuar el mantenimiento.	Según lo pactado en el desglose brindado.

Tabla 4. Costos y su propuesta de asignación monetaria. Elaboración propia.

En color azul se encuentran aquellos costos exclusivos al realizar el mantenimiento con un proveedor Interno. En color rojizo están los costos exclusivos de la alternativa externa.

Para el cálculo de los días fuera de servicio se pueden utilizar los datos estadísticos de la Institución de Salud junto con los Costos Unitarios por Nivel de Atención Médica (IMSS b, 2023) del año en vigor.

El cálculo de actividades adicionales se pueden considerar el mantenimiento correctivo que se haya podido necesitar.

Los cálculos para los costos anteriores y los que pudiera determinar el elaborador se colocan en una hoja bajo la leyenda de Costos, esta hoja será utilizada para el indicador B/C. En esta hoja se coloca en un primer apartado el membrete visto en [1. Definir Equipo Médico](#).

7. Colocar datos en el indicador

Indicador Costo Beneficio (B/C)

Se abre una nueva hoja, bajo la leyenda de VPC, teniendo el membrete ya mencionado en 1. **Definir Equipo Médico.**

Se crean dos tablas con las siguientes columnas: Concepto, año 0 y los años a los cuales se estén proyectando los costos y beneficios. Se puede cambiar la unidad temporal, pero esta debe de coincidir con la tasa que se utilizará para realizar el cálculo del Valor Presente.

En año 0 se colocan aquellos beneficios o costos que se perciben al realizar la alternativa en el preciso momento de la elección, como es una inversión inicial en insumos, herramientas y equipo, o en su caso un anticipo.

Mientras que en las columnas posteriores se colocan aquellos beneficios o costos que se observan después de seleccionar la alternativa. Se puede hacer cuantos periodos se requiera y se recomienda hacer las estimaciones de aumento de precios en los costos según la tasa inflacionaria pronosticada y de beneficios se mantiene igual, pero se pueden alterar según el criterio del elaborador.

Se realiza la suma en cada tabla de los diferentes periodos, se aplica la ecuación vista en **Valor presente**, con la tasa de inflación prevista en el punto de 2. **Definir Requerimientos del mantenimiento** y se denomina al resultado como VPB en el caso de los beneficios y VPC en el caso de los costos colocados en una celda diferente.

El diagrama muestra dos secciones de entrada de datos, una para Beneficios (verde) y una para Costos (rojo). Cada sección incluye:

- Un encabezado de color correspondiente (verde para Beneficios, rojo para Costos).
- Una fila de entrada con campos para 'Tasa', 'VPB' (o 'VPC') y un espacio adicional.
- Una tabla de selección con columnas para 'Concepto', '0', '1' y '2'. Debajo de estas columnas se encuentran las opciones 'Beneficio Positivo' y 'Contrabeneficio Negativo' (para la sección de Beneficios), o 'Costo Positivo' (para la sección de Costos).

Fig. 13. Ejemplo de hoja VPC. Elaboración propia.

Se realiza lo anterior para cada alternativa y se colocan los VPC de cada una en una lista de menor a mayor. Se comparan de dos en dos, uno de menor VPC con otro de mayor VPC.

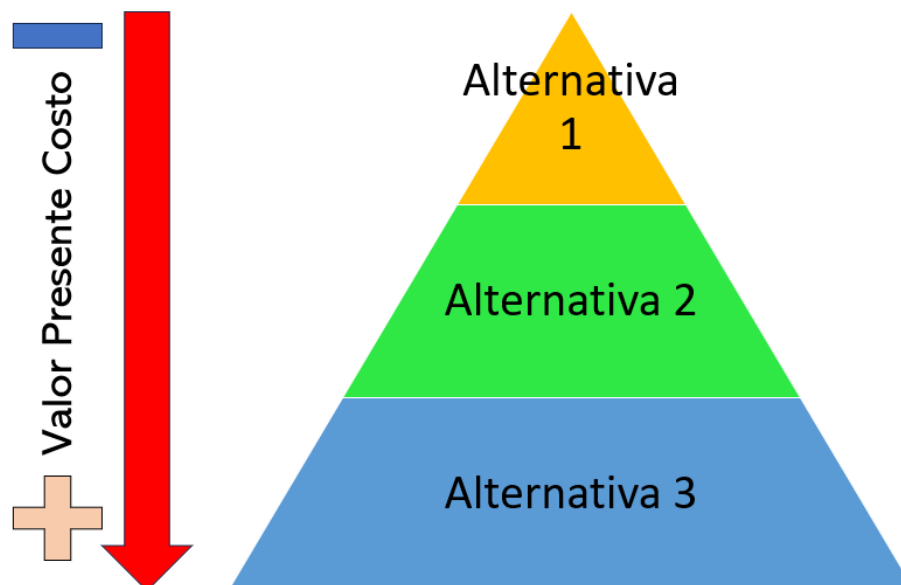


Fig. 14. Ejemplo de hoja VPC. Elaboración propia.

Entonces se puede realizar el análisis de alternativa 1 contra la alternativa 2 o 3. Las combinaciones son válidas mientras haya uno menor que el otro.

Una vez con las dos alternativas seleccionadas se realiza lo visto en [Análisis para alternativas mutuamente excluyentes](#). Estos datos se almacenan en una hoja de cálculo bajo el nombre BC con el membrete mencionado en 1. Definir Equipo Médico.

B/C			
Elaborador			
Fecha		Servicio	
N. Serie		Equipo	
Marca		Modelo	
Unidades		Revisión	

A	VPCA	<	B	VPCB
----------	------	---	----------	------

Concepto	Valor
ΔC	VPCB-VPCA
ΔB	VPBB-VPBA
$\Delta B/C$	$(VPCB-VPCA)/(VPBB-VPBA)$

Fig. 15. Ejemplo de hoja BC. Elaboración propia.

Se puede condicionar la celda del indicador para que cambie de color según el resultado o utilizar la tabla del siguiente paso.

Indicador Presupuesto-Costo Total

En una celda anexa se escribe P/CT este es el indicador Presupuesto-Costo Total. Se requiere el presupuesto para el mantenimiento y Costo total del mantenimiento. Este brinda la relación entre el presupuesto para el horizonte temporal y la vida del mantenimiento.

Se calcula como la división del presupuesto entre la suma de los costos anuales.

Concepto	Valor
P	Presupuesto
CT	Costo total
P/CT	Presupuesto/Costo total

Fig. 16. Elaboración del Indicador Presupuesto Costo. Elaboración propia.

En el caso de instituciones públicas se pueden despreciar los costos futuros, de días fuera de servicio, si y solo si no se aplican penalizaciones por alguna institución reguladora.

8. Observar resultados de los indicadores

Se crea una hoja de cálculo bajo la leyenda de Resultados, en este caso se puede prescindir el membrete. En esta se colocará el nombre de la alternativa, los indicadores y datos relevantes de la siguiente forma celdas con las leyendas de B/C, P/CT, Presupuesto, Costo Total e Inversión Inicial.

En una sección diferente se colocan celdas con las siguientes leyendas, Cantidad de Equipos Médicos, Costo Unitario y Días Inhábiles, junto cualquier otra información que el elaborador considere.

Se coloca en una celda anexa Elegibilidad. La Elegibilidad conjunta el indicador P/CT y el indicador B/C. Siendo la conjunción de estos elementos lo que determina la elegibilidad de la alternativa de mantenimiento.

Alternativa #	
$\Delta B/C$	
P/CT	
Presupuesto	
Costo total	
Inversión inicial	
Cantidad de equipos médicos	
Costo unitario	
Días inhábiles	
Elegibilidad	

Fig. 17. Ejemplo de hoja Resultados. Elaboración propia.

Colocar información determinada en cada celda, esto se puede hacer escribiendo directamente la información o referenciando las celdas de los indicadores y elementos que se realizaron con anterioridad. Esto con el fin de crear plantillas y que la hoja de resultados se modifique según la nueva información que le coloque en las hojas referenciadas.

9. Revisar tabla para comparación del desempeño de las alternativas

Este paso se puede eliminar cuando se realiza una automatización de las celdas de toma de decisión que son B/C, P/CT, Presupuesto, Costo Total e Inversión Inicial. La elegibilidad se determina mediante la combinación de los valores de B/C y P/CT como se mencionó anteriormente.

En caso contrario se puede utilizar la Tabla 5 para realizar el análisis manualmente, así como su escritura en la celda Elegibilidad.

B/C	P/CT	Elegibilidad	Siguiente actividad
≥ 1	≥ 1	Excelente	Elegir alternativa de mayor costo
< 1	≥ 1	No recomendable	Identificar costos excesivos
< 1	< 1	Mala	Elegir alternativa de menor costo
≥ 1	< 1	Inaccesible	Elegir alternativa de menor diferencia con B/C=1

Tabla 5. Posible combinación de indicadores, elegibilidad y actividad sugerida a realizar. Elaboración propia.

Si se determina la elegibilidad **Excelente**, entonces se obtienen beneficios superiores al mínimo y el costo del mantenimiento entero es menor a lo presupuestado.

Con una elegibilidad **No recomendable** la alternativa no se desempeña adecuadamente, pero el presupuesto es suficiente para cubrir la realización de inicio a fin, esto sin tener algún beneficio mayor. Es decir, no me brinda un atractivo superior pero el dinero es suficiente para realizarla y obtener el servicio.

Lo anterior se puede deber a un costo excesivo que se esté presentando. Se recomienda una inspección de los costos identificados y determinación del rango de precio para que la opción se vuelva excelente o más cercana a esta categoría.

Para la elegibilidad **Inaccesible** se recomienda contemplar adecuaciones que se pueden hacer dentro del mantenimiento, como es una renegociación general o con una mejora en la oferta de los productos utilizados en el mantenimiento.

En caso de que la elegibilidad sea **Mala** entonces se debe tomar la alternativa contra la cual fue evaluada la alternativa de mayor costo.

Después de identificar en qué clasificación se encuentra la alternativa entonces se escribe en la hoja de Resultados.

En caso de resultados insatisfactorios se debe realizar el procedimiento nuevamente con otra alternativa.

Capítulo V Aplicación

Se aplicó el procedimiento anteriormente escrito con la información obtenida durante el semestre de Estancia 2023-1 en una Institución de Salud en la CDMX.

La presente aplicación se realizó para tres mesas quirúrgicas del servicio de Tococirugía, las cuales presentaban fallas múltiples y según el Programa de Mantenimiento, su mantenimiento preventivo estaba por realizarse, por lo cual se decidió realizar el correctivo y preventivo de manera simultánea.

Debido a factores externos al Departamento de Ingeniería Biomédica no se contaba con el presupuesto para el mantenimiento preventivo de las mesas quirúrgicas, pero se contaba con un presupuesto para mantenimiento correctivo, por lo cual se utilizó este.

Con esto en mente, solo fue realizado el mantenimiento dentro de la Institución de Salud, sin buscar otras alternativas, pero se buscó evaluar económicamente el mantenimiento de este Equipo Médico, ya que se ha planteado la posibilidad de retirar del servicio las mesas quirúrgicas, pero no se cuenta con lo anterior, ni una forma en la cual obtenerlo para contemplar el siguiente paso de la GEM.

El servicio contaba con dos quirófanos y una sala de expulsión, es aquí donde se encontraban las mesas quirúrgicas. Se decidió en conjunto con el jefe de enfermería del servicio de Tococirugía, realizar el mantenimiento de una a la vez, debido a la necesidad de seguir en funcionamiento por lo menos un Quirófano.

1. Definir Equipo Médico

Se obtuvo la siguiente información de primera mano y mediante históricos.

Fecha	28/11/2023
Equipo	Mesa Quirúrgica
N. Serie	81, 83,84
Marca	-
Modelo	-
Unidades	3
Servicio	Tococirugía
Fecha de adquisición	2006

Fig. 18. Aplicación de la hoja Identificación. Elaboración propia.

Se censura Marca y modelo por cuestiones de marca registrada.

2. Requerimientos de Mantenimiento

Listado de actividades

- A. Limpieza general
- B. Armado íntegro
- C. Cambio de aceite del sistema hidráulico
- D. Suministro de partes faltantes
- E. Ajuste del selector de posiciones
- F. Ajuste del sistema de traslación longitudinal
- G. Ajuste del sistema de soporte de espalda
- H. Ajuste del sistema de posicionamiento
- I. Cambio de juego de colchones
- J. Pintura general
- K. Prueba de funcionamiento del selector de posiciones
- L. Prueba de desplazamiento longitudinal
- M. Prueba del sistema de posicionamiento

Listado de material necesario

- | | |
|---|---|
| a) Acetona | v) Guantes quirúrgicos estériles |
| b) Aferrante de cuerdas para tornillo/fijador de roscas | w) Jabón líquido antibacterial |
| c) Alcohol | x) Pegamento de cianoacrilato |
| d) Bata desechable | y) Lentes de protección |
| e) Bolsas para basura | z) Lija de agua |
| f) Bolsas para RPBI | aa) Mica plástica de 15*15 cm |
| g) Botas quirúrgicas desechables | bb) Paño de tela de algodón |
| h) Cepillo de cerda de nylon de 5*10 cm | cc) Pegamento de contacto |
| i) Cepillo de dientes de cerda de nylon | dd) Pincel de punta fina |
| j) Cinchos plásticos de 20 cm | ee) Pintura de aceite negra |
| k) Cloro | ff) Pintura en aerosol negra |
| l) Juego de colchones | gg) Pintura en aerosol plateada |
| m) Cotonetes de algodón | hh) Limpiador enzimático de grado profesional |
| n) Cubrebocas desechable tipo concha poliéster | ii) Remaches |
| o) Cubrebocas quirúrgico | jj) Rondanas |
| p) Etiqueta plastificada de 5*10 cm | kk) Diluyente |
| q) Limpiador con ácido fluorhídrico | ll) Tornillos ½ in |
| r) Gasas | mm) Velcro |
| s) Glutaraldehído | nn) Lubricante multiusos |
| t) Gorro quirúrgico desechable | oo) Pistón hidráulico |
| u) Grasa para chasis | pp) Ruedas |
| | qq) Selector de posiciones |

Listado de herramientas

- Juego de llaves Allen
- Taladro
- Brocas para madera
- Juego de destornilladores
- Limpiadora de alta presión
- Remachadora
- Juego de dados
- Matraca

Horizonte temporal

Se evaluarán ambas alternativas para el 2024, ya que es el siguiente periodo programado para su mantenimiento preventivo.

Se realiza el aumento de los precios con la siguiente información:

Inicio	2020	Inicio	2022
Año	INPC general	Año	INPC general
2021	7.36	2023	4.66
2022	7.82	2024	4.2
2023	4.66	Suma	8.86
2024	4.2		
Suma	24.04		

Fig. 19. Tasa inflacionaria anual. Elaboración propia con base en la información de BANXICO. (s.f.). Inflación. BANXICO. y BANXICO. (s.f.). Pronósticos de la inflación general y subyacente. BANXICO.

Para el Mantenimiento presentado por el externo se maneja con una tasa del **24.04%** por los cuatro años.

Para el mantenimiento interno se considera una tasa del **8.86%** por los dos años.

3. Alternativas de mantenimiento

En la Institución de Salud, existe la posibilidad en un futuro de realizarlo internamente o por un proveedor externo.

Existe un histórico del 2020 sobre los precios del mantenimiento necesario para las mesas quirúrgicas. Esta será una de las alternativas a evaluar.

En el 2022 se realizó el mismo mantenimiento, pero de manera interna, se llevó a cabo un registro interno de los insumos y tiempo empleados para realizarlo.

Externo

4a. Capturar datos sobre el precio del mantenimiento del proveedor Externo

En este caso se contaba con el presupuesto del 2020 para el mantenimiento realizado, por lo cual se utilizó esta información para realizar los estimados del 2024. Por el momento no se cuenta con otra oferta actual, ya que no se ha abierto una licitación para las mesas quirúrgicas en específico.

No se contaba con el desglose para realizar un comparativo de mayor fidelidad. La información no pudo ser localizada dentro del archivo de las mesas quirúrgicas.

Se incita a DIB a utilizar este procedimiento, ya que funciona como una copia digital de los diferentes contratos de mantenimiento.

2020						
#	Equipo	Marca	Modelo	N. Serie	Precio Unitario	
1	Mesa quirúrgica	0	0	81	\$	48,500.00
2	Mesa quirúrgica	0	0	83	\$	54,860.00
3	Mesa quirúrgica	0	0	84	\$	48,500.00
Precio Promedio		\$ 50,620.00		Subtotal	\$	151,860.00
				I.V.A.	\$	24,297.60
				TOTAL	\$	176,157.60

2024						
#	Equipo	Marca	Modelo	N. Serie	Precio Unitario	
1	Mesa quirúrgica	0	0	81	\$	60,159.40
2	Mesa quirúrgica	0	0	83	\$	68,048.34
3	Mesa quirúrgica	0	0	84	\$	60,159.40
Precio Promedio		\$ 62,789.05		Subtotal	\$	188,367.14
				I.V.A.	\$	30,138.74
				TOTAL	\$	218,505.89

Fig. 20. Aplicación de la hoja Externo. Elaboración propia.

Se tiene entonces que el precio por el mismo servicio para 2024 sería de **\$218,505.89** pesos mexicanos.

5a. Asignar Beneficios y Contrabeneficios según tabla para el proveedor Externo

En este caso no se contaba con el documento de la licitación, por lo cual se utilizaron licitaciones de mantenimiento que se publicaron en la plataforma de CompraNet para obtener un referente del periodo de garantía y la cobertura de esta.

Se utilizaron los siguientes datos para el cálculo de beneficios de Garantía. Se suele contar con una garantía de cumplimiento y esta brinda un 10% sobre el total por contrato, excluyendo I.V.A. (IMSS, 2023). Se toma como únicamente en el periodo cero, ya que no se cuenta con alguna información de que la garantía pueda ser ampliada.

Se toma también el beneficio de Menor tiempo, ya que esta alternativa tiene una duración de 21 días y la Alternativa Interna tuvo una duración de 51 días, teniendo una diferencia de 30 días a favor de la Alternativa Externa.

No se conocen la acreditación o experiencia del adjudicado, el tiempo de espera de atención, precio ofertado por piezas ni si se contrató o brindó algún seguro adicional, por lo cual estos beneficios no serán considerados en el procedimiento en este caso.

Beneficios y contrabeneficios			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

Concepto	2024	2025	2026
Garantía	\$ 18,836.71	0	0
Atención inmediata	\$ 576,840.00		

Fig. 21. Cálculo de beneficios Externos. Elaboración propia.

Se maneja en el año cero ya que la garantía solo es de cumplimiento, por lo cual no presenta efectos en el futuro, solo en el presente.

En los contrabeneficios se toma el de Inspección, en este caso se tomó un día laboral completo de dos empleados del DIB para realizar la recepción, inspección y supervisión de la colocación.

Se utiliza un salario promedio de \$17,200.00 pesos mensuales (Gobierno de México, 2023). Se consideran 20 días laborables al mes. No se considera un beneficio a futuro ya que la inspección se realiza solo una vez dentro del ejercicio del mantenimiento.

Beneficios y contrabeneficios			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

Concepto	2024	2025	2026
Garantía	\$ 18,836.71	0	0
Atención inmediata	\$ 576,840.00		
Inspección	\$ -1,720.00	0	0
Total	\$ 593,956.71	0	0

IB	Salario promedio mensual DIB	Costo por día	Personal
	\$ 17,200.00	\$ 860.00	2

Fig. 22. Cálculo de beneficios y contrabeneficios Externos. Elaboración propia.

6a. Asignar Costos según tabla para el proveedor Externo

En este caso el pago se efectúa en el momento casi de la contratación, por lo cual en el año cero (2024) se pagan \$218,505.89 pesos mexicanos.

Dentro de los documentos proporcionados se tiene que la duración total del mantenimiento de las tres mesas de Tococirugía fue de 21 días. Se utiliza el precio de una Unidad de Segundo Nivel, ya que este es el nivel de atención de Salud que presenta la Institución de Salud, el cual es de \$19,228.00 pesos mexicanos (IMSS b, 2023).

Debido a que no se pudo tener acceso al número de intervenciones tocoquirúrgicas, se utilizará el valor de referencia de los hospitales del IMSS para intervenciones quirúrgicas del rango entre 3.75 a 4.22 (Dirección General de Evaluación de Desempeño Secretaría de Salud, 2009). Se toma el valor de 4 al ser el número más cercano al promedio de este rango.

Cabe destacar que, si se contara con un registro de fallas de las mesas quirúrgicas y su costo de arreglo, se podría hacer un pronóstico para los años uno y dos después del mantenimiento.

En este caso se tuvieron que retirar de la Institución de Salud las mesas quirúrgicas, por lo cual podría ser necesaria la descontaminación del quirófano, áreas subyacentes, mobiliario y Equipo Médico que pudiera estar en contacto. No se contaba con un estimado por el costo de este servicio por lo cual se toma de referencia el precio de \$60,419.23 pesos mexicanos (Instituto nacional de perinatología, 2023), este será ajustado con la tasa inflacionaria para el año uno y dos. Este será colocado en el año uno y dos, ya que dentro de la Institución de Salud no se tiene un protocolo para desinfección después de la entrada de Equipo Médico, entonces será tomado como un evento que se puede presentar y debe solucionarse a la brevedad.

Se considera que la movilización del equipo se encontraba incluida en el precio unitario.

Your changes were saved to this PC and will be au

Costos			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

Concepto	2024	2025	2026
Días fuera de servicio	\$ 1,615,152.00		0
Riesgo de contaminación		\$ 60,419.23	\$ 71,599.81

Concepto	Costo	# de atención
Intervención tocoquirúrgica	\$ 19,228.00	4
Riesgo de Contaminación 2025	\$ 65,772.37	1
Riesgo de Contaminación 2026	\$ 71,599.81	1

Fig. 23. Cálculo de Costos Externos. Elaboración propia.

7a. Colocar los datos en el indicador para el proveedor Externo

Valor Presente Externo

Una vez asignados y cuantificados los Beneficios, Contrabeneficios y Costos, se procede a calcular su Valor Presente, esto como se menciona en [Valor presente](#).

Se utiliza la tasa de descuento del **11.19%** (BANXICO, 2024) para ambos periodos.

Valores Presentes			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

Beneficios			
Tasa	11.19%	VPB	\$ 593,956.71
Concepto	2024	2025	2026
Beneficio	\$ 18,836.71	\$ -	\$ -
Contrabeneficio	\$ -1,720.00	\$ -	\$ -
Menor Tiempo	\$ 576,840.00		

Costos			
Tasa	11.19%	VPC	\$ 1,944,832.83
Concepto	2024	2025	2026
Días fuera de servicio	\$ 1,615,152.00	0	0
Riesgo de contaminación	0	\$ 60,419.23	\$ 71,599.81
Inversión inicial	\$ 218,505.89	0	0

Fig. 24. Cálculo Valor Presente para Beneficios, Contrabeneficios y Costos Externo. Elaboración propia.

Para el VPC se obtiene un valor de **\$1,944,832.83** pesos mexicanos y un VPB de \$593,956.71 pesos mexicanos.

Una vez culminado se procede a calcular la alternativa interna.

4b. Capturar datos sobre el precio del mantenimiento del proveedor Interno

Insumos

En el 2022 se tuvieron los siguientes precios (Tabla 6) para el material necesario.

Material	Unidades total	Precio	Cantidad del paquete	Precio unitario	Numero de paquetes necesarios	Inversión
Acetona	165	299	2000	0.1495	0.0825	299
Aferrante	0.825	130	6	21.66666667	0.1375	130
Alcohol	495	1349	20000	0.06745	0.02475	1349
Bata	31.5	2420	100	24.2	0.315	2420
Bolsas	6	100	2090	0.04784689	0.002870813	100
Botas	57	880	150	5.866666667	0.38	880
Cepillo 5*10	1	117	1	117	1	117
Cepillos de dientes	3	322	100	3.22	0.03	322
Cinchos	6	38.16	25	1.5264	0.24	38.16
Cloro (mL)	385	220	3437.98	0.063991065	0.111984363	220
Colchón inferior	3	2100	1	2100	3	6300
Colchón superior	3	2100	1	2100	3	6300
Colonetes	9	102	300	0.34	0.03	102
Cubrebocas concha	16.5	462	20	23.1	0.825	462
Cubrebocas quirúrgico	60	198	50	3.96	1.2	396
Etiqueta (10x5)	1	219	250	0.876	0.004	219
Foam	1186.5	44.36	1000	0.04436	1.1865	88.72
Gasa	130.5	133.1	25	5.324	5.22	798.6
Glutaldehido	570	1210	1000	1.21	0.57	1210
Gorro	18	220	100	2.2	0.18	220
Grasa para chasis(mL)	37.5	114	450	0.2533333333	0.0833333333	114
Guantes	105	396	50	7.92	2.1	1188
Jabón líquido (mL)	120	61	1700	0.035882353	0.070588235	61
Kola Loka	1	58.82	20	2.941	0.05	58.82
Lentes	1	38.98	1	38.98	1	38.98
Lija de agua	1	14.44	1	14.44	1	14.44
Mica (15x15)	1	145	1000	0.145	0.001	145
Paño	3	164.39	4	41.0975	0.75	164.39
Pegamento	127.5	318.1	1000	0.3181	0.1275	318.1
Pincel	1	55.26	10	5.526	0.1	55.26
Pintura de aceite negra	15.075	209	1000	0.209	0.015075	209
Pintura en aerosol negra	9	74.01	400	0.185025	0.0225	74.01
Pintura en aerosol platea	9.05	139	400	0.3475	0.022625	139
Quita sangre (g)	25	169	1000	0.169	0.025	169
Remaches (unidad)	11	125	250	0.5	0.044	125
Rondanas	6	68.3	100	0.683	0.06	68.3
Thinner	67.5	70.7	960	0.073645833	0.0703125	70.7
tornillos 1/2 in (unidad)	12	67	150	0.446666667	0.08	67
tuercas (unidad)	3	97	100	0.97	0.03	97
Velcro duro	519	85	100	0.85	5.19	510
Velcro suave	268.5	85	100	0.85	2.685	255
WD40	282	875.26	3785	0.231244386	0.074504624	875.26

Tabla 6. Precios insumos 2022. Elaboración propia.

Se tiene de esto un costo total de insumos para el 2022 de \$28,423.06619 pesos mexicanos.

Teniendo en cuenta la tasa de inflación del 8.86% se tiene un total de \$30,941.35 pesos mexicanos para el 2024.

	2022	2024
Insumos	\$ 28,423.07	\$ 30,941.35

Fig. 25. Cálculo del precio de los insumos en 2024. Elaboración propia.

Refacciones de segunda mano

Se inició por crear una tabla que contuviera la tasa de inflación desde el año 2007 hasta el 2024 (Tabla 7). Ya que todas las piezas son del 2006 no fue necesario crear una tabla o suma parcial para cada una de las piezas.

Año	INPC general
2007	3.76%
2008	6.53%
2009	3.57%
2010	4.40%
2011	3.82%
2012	3.57%
2013	3.97%
2014	4.08%
2015	2.13%
2016	3.36%
2017	6.77%
2018	4.83%
2019	2.83%
2020	3.15%
2021	7.36%
2022	7.82%
2023	4.66%
2024	4.20%
Sum	80.81%

Tabla 7. Tasa de la inflación por año, desde el 2007 hasta 2024. Elaboración propia.

Solamente se utilizó un periodo de 18 años con una tasa de inflación del 80.81% para este mismo periodo.

Material	Cantidad necesaria	Año de fabricación	Año de compra	Precio actual de la parte (m.n.)
Selector de posiciones	1	2006	2024	5000

Guardar

Tasa de inflación (18 años) 0.8081

Limpiar

Eliminar fila

Material	Cantidad necesaria	Año de fabricación	Año de compra	Precio actual de la parte (m.n.)	Valor depreciado (m.n.)
Selector de posiciones	1	2006	2024	5000	2765.333776
Ruedas	2	2006	2004	3369	1863.281898
Piston hidráulico	1	2006	2024	3815	2109.949671

Fig. 26. Cálculo precio piezas segunda mano en 2024. Elaboración propia.

Se tiene un total de \$6,738.57 pesos mexicanos destinados a piezas de segunda mano para el 2024.

Herramientas y Equipo

En esta ocasión solo se requiere de una hidrolavadora o limpiadora de alta presión, esto ya que la anterior está fuera de servicio. Se utilizó el precio de \$4,209.00 pesos mexicanos (Kärcher, 2024).

Herramienta o equipo	Cantidad necesaria	Precio (m. n.)	Vida útil (años)	¿Uso múltiple? Sí No
Hidrolavadora	1	\$ 4,209.00	5.00	Sí

Guardar

Limpiar

Eliminar Fila

Herramienta o equipo	Cantidad necesaria	Precio (m. n.)	Vida útil (años)	¿Uso múltiple? Sí No	Total
Hidrolavadora	1	\$ 4,209.00	5.00	Sí	\$ 4,209.00

Fig. 27. Precio Herramientas y equipo en 2024. Elaboración propia.

Se llena la hoja con los cálculos anteriores.

Inversión Inicial			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	28/11/2023	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	0	Modelo	0
Unidades	3	Fecha de compra	2006

Descripción	Costo
Insumos	\$ 30,941.35
Refacciones de segunda mano	\$ 6,738.57
Herramienta y Equipo	\$ 4,209.00
Total	\$ 41,888.92
Costo unitario	\$ 13,962.97

Fig. 28. Aplicación de la hoja de interno. Elaboración propia.

5b. Asignar Beneficios y Contrabeneficios según tabla para el proveedor Interno

Tomando en cuenta que estuvieron trabajando en la reparación de las mesas quirúrgicas dos Ingenieros Biomédicos, por 51 días, se utilizarán los datos anteriores para el cálculo de beneficios.

Se toma el beneficio de seguridad técnica ya que el personal tiene las facultades y habilidades para realizar el mantenimiento de forma adecuada.

Se sabe que hasta el 2024 no se han atendido fallas después del mantenimiento realizado a finales del 2022, pero durante el 2022 hubo que atender dos fallas en el año antes de realizarles el mantenimiento. No se utilizó material, pero sí dos días de trabajo por falla, por lo cual se le asigna a seguridad Técnica el valor de costo de intervención tocoquirúrgica más el de sueldos (2 personas) por la cantidad de días fuera de servicio.

En el 2022, el tiempo de espera para la atención fue de un día, se desconoce el tiempo de espera de la alternativa externa, pero se supone mayor a uno.

En este caso el personal del departamento mantenía la carga usual de trabajo, no presentándose atrasos, por lo cual no se considera el contrabeneficio de Disminución del Servicio.

Beneficios y contrabeneficios			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

Concepto	2024	2025	2026
Sueldos	\$ 87,720.00	\$ -	\$ -
Seguridad Técnica	\$ -	\$ 83,726.78	\$ 87,243.31
Total	\$ 87,720.00	\$ 83,726.78	\$ 87,243.31

IB	Salario promedio mensual DIB	Costo por día	Personal
	\$ 17,200.00	\$ 860.00	2

Seguridad Técnica	2024	2025	2026
	\$ 80,352.00	\$ 83,726.78	\$ 87,243.31

Fig. 29. Cálculo de los Beneficios con la alternativa Interna. Elaboración propia.

6b. Asignar Costos según tabla para el proveedor Interno

Dentro de los documentos proporcionados se tiene que la duración total del mantenimiento de las tres mesas de Tococirugía fue de 51 días. Se utiliza el precio de una Unidad de Segundo Nivel, ya que este es el nivel de atención de Salud que presenta la Institución de Salud, el cual es de \$19,228.00 pesos mexicanos para el 2024 (IMSS b, 2023).

Como en la alternativa anterior, se toma el promedio de cuatro intervenciones quirúrgicas por día (Dirección General de Evaluación de Desempeño Secretaría de Salud, 2009) para el cálculo de los días fuera de servicio.

Se conoce que las mesas quirúrgicas que recibieron el mantenimiento en el 2022 de manera interna no han presentado fallas hasta el 2024 por lo cual no se consideran Actividades adicionales dentro de los costos.

Costos			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	12/01/2024	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	-	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

51 DIAS			
Concepto	2024	2025	2026
Días fuera de servicio	\$ 3,922,512.00	\$ -	\$ -
Inversión inicial	\$ 41,888.92	\$ -	\$ -

Concepto	Costo	# de atención
Intervención tocoquirúrgica	\$ 19,228.00	4
Inversión inicial	\$ 41,888.92	1

Fig. 30. Cálculo de los Costos con la alternativa Interna. Elaboración propia.

7b. Colocar los datos en el indicador para el proveedor Interno

Valor Presente Interno

Una vez asignados y cuantificados los Beneficios, Contrabeneficios y Costos, se procede a calcular su Valor Presente, esto como se menciona en [Valor presente](#).

Se utiliza la tasa de descuento del 11.19% (BANXICO, 2024) para ambos periodos.

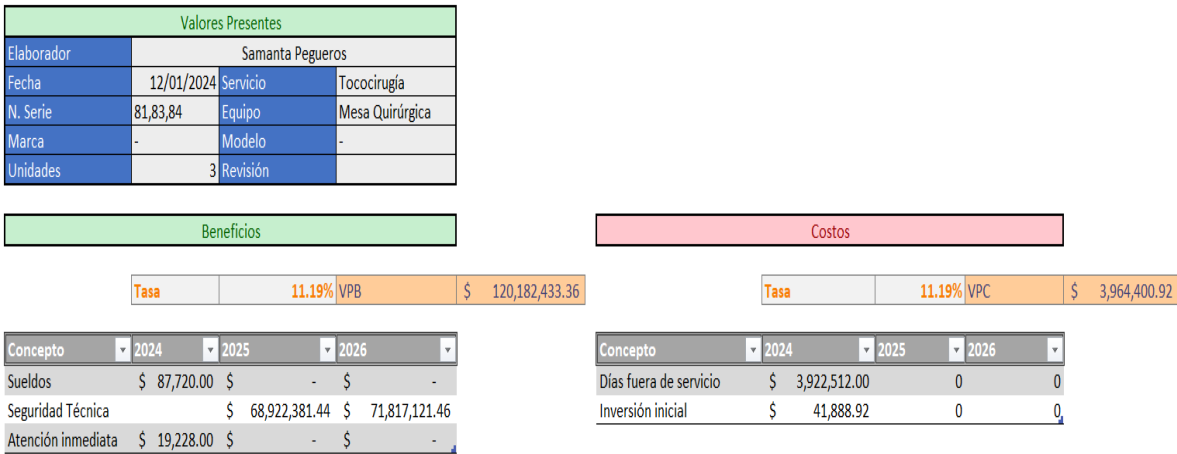


Fig. 31. Cálculo de los VPC y VPB con la alternativa Interna. Elaboración propia.

Para el VPC se obtiene un valor de **\$3,964,400.92** pesos mexicanos y un VPB de \$120,182,433.36 pesos mexicanos.

Indicador Costo Beneficio

Se tiene que el VPC de la Alternativa Externa es de **\$1,944,832.83** pesos mexicanos y de la Alternativa Interna de **\$3,964,400.92** pesos mexicanos. Por lo cual se examina la Alternativa Interna (B) contra la Alternativa Externa (A).

Se calcula ΔB y ΔC como se mostró en [Análisis para alternativas mutuamente excluyentes](#) en la hoja BC.

B/C			
Elaborador	Samanta Pegueros		
Fecha	28/11/2023	Servicio	Tococirugía
N. Serie	81,83,84	Equipo	Mesa Quirúrgica
Marca	0	Modelo	-
Unidades	3	Revisión	

A	\$	1,944,832.83	<	B	\$	3,964,400.92
----------	----	--------------	---	----------	----	--------------

Concepto	Valor
ΔC	\$ 2,019,568.09
ΔB	\$ -341,141.23
$\Delta B/C$	-0.17

Fig. 32. Cálculo del indicador $\Delta B/C$ con la alternativa Interna evaluada. Elaboración propia.

Se determinó un $\Delta B/C = -0.17$ por lo cual la Alternativa Interna con mayor VPC no es justificable frente a la Alternativa Externa.

En este caso no se cuenta con el nuevo presupuesto para el mantenimiento de las mesas quirúrgicas, pero se propone uno de \$50,000.00 pesos mexicanos.

En este caso por el tiempo fuera de servicio no se tiene ninguna penalización por lo cual se utiliza el costo únicamente de Inversión Inicial.

Concepto	Valor
P	\$ 50,000.00
CT	\$ 41,888.92
P/CT	1.193633203

Fig. 33. Cálculo del indicador P/CT con la alternativa Interna evaluada. Elaboración propia.

No se contempla el costo de los días fuera de servicio en el costo total, ya que no impacta directamente en el precio del servicio de mantenimiento. Esto es aplicable para el sector público.

Se determina un $P/CT = 1.19$, por lo cual se considera como un valor aceptable, pero no determinante.

8. Observar resultado del indicador

Se colocan los resultados y datos de los Equipos Médicos en la hoja bajo el nombre de resultados.

Proveedor Interno		
$\Delta B/C$		-0.17
P/CT		1.19
Presupuesto	\$	50,000.00
Costo total	\$	41,888.92
Inversión inicial	\$	41,888.92

Cantidad de equipos médicos		3
Costo unitario	\$	13,962.97
Días inhábiles		51

Elegibilidad	
--------------	--

Fig. 34. Resultados del Proveedor Interno. Elaboración propia.

Estos se automatizaron para que al cambiar el resultado se muestre la nueva elegibilidad.

En este caso en costo total no se integra el costo por el tiempo fuera de servicio ya que, el no proporcionar el servicio de Quirófanos en Tococirugía no genera una penalización para la Institución de Salud.

9. Revisar tabla para comparación del desempeño de las alternativas

Una vez con los datos colocados en la hoja de cálculo, se procede a asignar la elegibilidad del indicador según la Tabla 5.

Para el indicador Costo Beneficio se asigna la elegibilidad de Mala, ya que el valor es de -0.17. Se asigna la elegibilidad de Excelente al indicador Presupuesto Costo total ya que es mayor a uno.

Debido a la combinación presentada en los indicadores se determina que la elegibilidad del Proveedor Interno es No recomendable. Según la Tabla 5 el paso a seguir es Identificar costos excesivos, esto con el objetivo de mejorar en una siguiente iteración el desempeño de la propuesta de Mantenimiento del proveedor Interno.

Proveedor Interno		
$\Delta B/C$	-0.17	Mala
P/CT	1.19	Excelente
Presupuesto	\$ 50,000.00	
Costo total	\$ 41,888.92	
Inversión inicial	\$ 41,888.92	

Cantidad de equipos médicos	3
Costo unitario	\$ 13,962.97
Días inhábiles	51

Elegibilidad	No recomendable
--------------	-----------------

Fig. 35. Resultados del Proveedor Interno con la elegibilidad de cada uno de los indicadores y la elegibilidad general de la alternativa. Elaboración propia.

Se determina al hacer una inspección de los costos que el Tiempo Fuera de Servicio de 51 días es el costo decisivo por el cual la alternativa de mantenimiento no resulta Excelente. Esto en consiguiente trae consigo un aumento significativo en los beneficios de la Alternativa Externa, lo cual modifica el denominador del indicador.

Se realiza un análisis para el máximo de días fuera de servicio y se determina que la regla de decisión para este caso en particular es la siguiente (Fig.36).

			Rango de diferencia de días	Alternativa
VPC Externo	>	VPC Interno	0 a 3	INTERNO
VPC Interno	>	VPC Externo	4 a 5	INTERNO
VPC Interno	>	VPC Externo	6 en adelante	EXTERNO

Fig. 36. Cálculo de los días fuera de servicio de la alternativa Interna y su efecto sobre la elección del proveedor. Elaboración propia.

Determinar una forma para reducir el Tiempo Fuera de Servicio, brinda una posibilidad para efectuar el mantenimiento de manera interna, siempre y cuando la capacidad del Departamento de Ingeniería Biomédica no se vea reducida.

Se deben realizar adecuaciones a la propuesta del proveedor Interno para que esta sea implementada.

Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se desarrolló un procedimiento que permite evaluar económicamente las alternativas de mantenimiento que se tienen para un Equipo Médico en una Institución de Salud. Esto mediante la implementación de herramientas de evaluación económica que usan los cálculos propuestos para la asignación monetaria de los beneficios, contrabeneficios y costos que pueden presentar las alternativas.

Efectuar el procedimiento para las alternativas de mantenimiento resulta adecuado, permite asignar una cifra monetaria a elementos de difícil determinación y brinda herramientas y recursos para poder formular aquellos que son menos conocidos.

Al seguir el procedimiento descrito se logra identificar rápidamente aquellos costos que pueden estar afectando en mayor medida la propuesta de cada alternativa de mantenimiento. Dando paso a la creación de posibles mejoras en cada una de estas propuestas.

Se implementó el procedimiento en una Institución de Salud de la CDMX con éxito, siendo presentado al jefe del Departamento de Ingeniería Biomédica, para el uso de este a discreción. Se desconoce si se ha aplicado el procedimiento en algún otro Equipo Médico de la Institución de Salud.

El resultado del procedimiento puede ser utilizado para el cálculo del presupuesto anual necesario para el mantenimiento de los diferentes Equipos Médicos que se tiene contemplados. Se obtienen el costo total, precio unitario, inversión inicial y relación Presupuesto-Costo Total, los cuales pueden ser empleados para la toma de decisión de las acciones futuras.

Se puede utilizar igualmente para destacar la creación, inversión o conservación del Departamento de Ingeniería Biomédica o afín, ya que se puede mostrar mediante este procedimiento que realizar el mantenimiento de manera interna resulta con un mejor desempeño económico, el cual cumple con los requerimientos marcados por los lineamientos y regulaciones pertinentes.

El procedimiento puede ser un auxiliar en la Guía para Evaluación Económica de Dispositivos Médicos, en el rubro de costo de mantenimiento y calibración (CENETEC, 2017), la monetización de los beneficios, contrabeneficios y costos que contempla este procedimiento pueden también puede ser utilizada en la determinación del costo de estas actividades. El procedimiento es compatible con lo dictado por esta guía.

Debido a que utiliza una herramienta informática altamente conocida (Hojas de cálculo) se espera que la implementación total o parcial pueda ser con una capacitación mínima.

Adicionalmente no se requiere de mayores insumos para implementar el procedimiento que con los que se suele contar en una oficina promedio.

Recomendaciones

El procedimiento es fidedigno únicamente si la información utilizada para la evaluación es verdadera, adecuadamente medida, relevante y comparable. Se recomienda utilizar la encontrada en plataformas oficiales o recolectadas por fuentes que se consideren confiables como es el departamento de estadística o calidad de la Institución de Salud.

El procedimiento fue creado dentro del entorno público por lo cual su implementación en el sector privado puede requerir adecuaciones, se deja al criterio del implementador las posibles modificaciones que permitan una mejor representación de la realidad de su entorno y funcionamiento interno.

Se recomienda tener un historial estadístico de fallas, así como el costo estimado de reparación que ha tenido el Equipo Médico para el cual se están evaluando las alternativas de mantenimiento. Esta información permitirá una mejor asignación de los posibles costos.

El estadístico de fallas se recomienda que tenga datos recolectados de por lo menos seis meses antes del momento de la aplicación del procedimiento.

Se puede crear un historial estadístico de la gravedad de las fallas que pueda tener el Equipo Médico y utilizarlo a la par que el historial estadístico de fallas según el tiempo dentro del procedimiento.

No se recomienda el uso de este procedimiento como único factor de decisión para llevar a cabo un paso siguiente en la GEM. Si se pretende usar este procedimiento para este fin, se deben realizar análisis complementarios según sea para actualización, baja o reemplazo.

Referencias

Arellanes Jarquín, E. E. y Moreno Gutiérrez, E. (2019, 12 de noviembre). Compendio de Normas Oficiales Mexicanas. GOBIERNO de MÉXICO.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516590/NOM_ACTUALIZADAS_2019.pdf

Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill.

BANXICO. (2024, 9 de enero). Tasa de Interés por ciento. BANXICO.

<https://www.banxico.org.mx/tipcamb/llevarTasasInteresAction.do?idioma=sp>

BANXICO. (s.f.). Inflación. BANXICO.

<https://www.banxico.org.mx/tipcamb/llevarInflacionAction.do?idioma=sp&usarCache=false>

BANXICO. (s.f.). Pronósticos de la inflación general y subyacente. BANXICO.

<https://www.banxico.org.mx/TablasWeb/informes-trimestrales/enero-marzo-2023/D5C33AA4-5CFA-4DAD-BF34-99ABFA5F34EB.html>

Blank, L. y Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica*. McGraw-Hill Interamericana.

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2020, 29 de enero). Recursos Federales para Servicios de Salud Pública de Tercer Nivel, 2013-2020. CEFP GOBIERNO de MÉXICO.

<notacefp0022020.pdf>

Centro Nacional de Excelencia en Tecnología en Salud. (2015, 29 de septiembre).

Programa de Acción Específico 2013-2018 del Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC-Salud). GOBIERNO de MÉXICO.

<https://www.gob.mx/salud/documentos/programa-de-accion-especifico-pae-2013-2018-cenetec?state=published>

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (2006). Lineamientos para la contratación del servicio de mantenimiento de equipo médico a través de terceros.

CENETEC. http://www.cenetec.gob.mx/cd_inter/avisos/Lineamientosmtto.pdf

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (2017). Guía para la Evaluación Económica de Dispositivos Médicos. GOBIERNO de MÉXICO.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/293843/Guia_para_la_Evaluacion_Economica_de_Dispositivos_Medicos.pdf

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (2017, 18 de octubre). Infografía explicativa sobre La Gestión de Equipo Médico (GEM). GOBIERNO de MÉXICO.

<https://www.gob.mx/salud/cenetec/documentos/infografia-gestion-de-equipo-medico-gem>

Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (2023, 1 de febrero). Conceptos de Ingeniería Biomédica. GOBIERNO de MÉXICO.

<https://www.gob.mx/salud%7Ccenetec/acciones-y-programas/conceptos-de-ingenieria-biomedica>

CompraNet. (2024). Plataforma Integral CompraNet. COMPRANET HACIENDA.

<https://compranet.hacienda.gob.mx/web/login.html>

Dirección general de Evaluación del Desempeño Secretaría de Salud. (2009). Manual de Indicadores de Servicios de Salud. Dirección General de Evaluación del Desempeño.

http://dged.salud.gob.mx/contenidos/dess/descargas/ind_hosp/Manual-ih.pdf

Entidad Mexicana de Acreditación. (2024). Página de inicio de EMA. EMA.

https://www.ema.org.mx/portal_v3/index.php

Gobierno de México. (2023). Ingenieros Biomédicos. DATA MÉXICO.

<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/occupation/ingenieros-biomedicos#:~:text=Acerca%20de%20Ingenieros%20Biom%C3%A9dicos&text=La%20fuerza%20laboral%20se%20distribuy%C3%B3,promedio%20de%20%2414.9k%20MX.>

Herrera Rendon, O. y Rios Hernandez, I. T. (2011). *Protocolos de mantenimiento para el equipo médico de las áreas críticas del INP* [Tesis de Licenciatura, UNAM].

<http://132.248.9.195/ptb2011/abril/0668682/Index.html>

Instituto Mexicano del Seguro Social. (2023). Acta de Fallo de licitación pública nacional electrónica No. LA-50-GYR-050GYR974-N-95-2023. COMPRANET.

<https://upcp-compranet.hacienda.gob.mx/sitiopublico/#/sitiopublico/detalle/5039cc5b68884ed39a658bb3db2c3375/procedimiento>

Instituto Mexicano del Seguro Social. (2023). Acuerdo ACDO.AS3.HCT. 281123.P.DF.

Diario Oficial de la Federación [D.O.F.]. 14 de diciembre del 2023. (México).

Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes (2023). Oficio de adjudicación del expediente E-2023-00062523. COMPRANET.

<https://upcp-compranet.hacienda.gob.mx/sitiopublico/#/sitiopublico/detalle/595d24a36c50426db46baae462374b0c/procedimiento>

Kärcher. (2024). K3. Karcher Shop.

https://karchershop.com.mx/products/k3?_pos=1&_sid=a5f7cae17&_ss=r

Lenel, A., Temple-Bird, C., Kawohl, W. y Kaur, M. (2005). *Guide 1, How to Organize a System of Healthcare Technology Management*. Ziken Internacional.

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08c59e5274a31e0001162/ziken1.pdf>

Ley General de Salud [L.G.S.], Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 12 de julio de 2018, (México).

Ramón Ramón, R., Arriaga Mendoza, E., Delgado Carrillo, S., Camelo Santarelli, L. F., Hernández Santillán, R. y Soto Mendoza, J. J. A. (1984). *Mantenimiento Industrial* [Tesis de Licenciatura, UNAM]. <http://132.248.9.195/pmig2018/0013295/Index.html>

Real Academia Española. (2023, 16 de diciembre). Definición de Gestión. DLE RAE. <https://dle.rae.es/gesti%C3%B3n>

Saldaña, A. (1977). *Teoría y Práctica del Presupuesto por Programas en México*. Instituto Nacional de Administración Pública. <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/8920/el-analisis-costo-beneficio-y-el-presupuesto-por-programa>

Secretaría de Energía (SEDE). (2012). NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones Eléctricas (utilización). SEDE.

Secretaría de Salud (SSA). (2012). NOM-240-SSA1-2012: Instalación y operación de la tecnovigilancia. SSA.

Secretaría de Salud y Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud. (2020, enero). Gestión de Equipo Médico. GOBIERNO de MÉXICO. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/589993/Documento_GEM.pdf

Secretaría de Salud. (2023). Unidades. SALUD CDMX. <https://www.salud.cdmx.gob.mx/unidades-medicas/hospitales>

Solis Maya, E. (1973). *Mantenimiento* [Tesis de Licenciatura, UNAM]. <http://132.248.9.195/pmig2020/0096175/Index.html>