

Ingeniería Clínica para no ingenieros: adquisición de equipos médicos

Tatiana Molina Velásquez^{1, ψ}

¹Programa de Ingeniería Biomédica EIA-CES. Línea de Ingeniería Clínica.

Recibido 02 de agosto de 2007. Aceptado 07 de noviembre de 2007

Resumen— El sistema de salud moderno confía en los dispositivos y equipos médicos para brindar mayor calidad y mejor servicio a los pacientes. El cuidado proporcionado por los entes prestadores de servicios de salud, como clínicas y hospitales, depende de esta tecnología, mejorar y optimizar los servicios de atención y tratamiento de la salud de los pacientes. Por lo anterior, es muy importante contar con una persona capacitada que pueda proporcionar con eficacia un plan para la adquisición, mantenimiento y reemplazo de estos equipos médicos, y además, que esté en condiciones de optimizar la relación costo/beneficio en la institución. El ingeniero clínico es aquella persona capaz de desarrollar el plan de adquisición que beneficiará, no sólo a la institución prestadora de servicios de salud, sino también al paciente y al personal médico. Este artículo busca brindar, tanto al personal administrativo como al clínico, unas pautas básicas sobre el proceso de adquisición de la tecnología biomédica.

Palabras clave—Adquisición de equipos biomédicos, Relación costo/beneficio, Equipo médico, Ingeniería Clínica, Instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS), Tecnología biomédica.

Abstract—Modern healthcare relies heavily on all sorts of medical devices in order to provide care to patients. The care provided by hospitals and clinics depends in the technology that they have and the equipment that is available to offer the health service. It is therefore very important to have a person that can provide an effectively plan to acquire, maintain, and replace medical equipment and also that is capable to optimize the cost/benefit relation. The clinical engineer is the person that can develop the acquisition plan that would benefit not only the health care center but the patient and the medical staff.

This article will provide to clinical and administrative staff a basic guideline to use in the technology acquisition process.

Keywords—Biomedical equipment acquisition, Biomedical technology, Clinical Engineering, Clinics/hospitals, Relation cost/benefit, Medical device.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el campo de la salud confía y depende cada vez más de la tecnología y de los equipos biomédicos. Las instituciones clínicas y hospitalarias han comprendido que la tecnología biomédica constituye una herramienta vital para la práctica efectiva de la medicina, ofreciendo y mejorando las actividades de prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación [1]. Existe, por lo tanto, una mayor dependencia de la tecnología biomédica por parte del personal médico y administrativo del

ambiente hospitalario, lo que genera una necesidad de desarrollar procesos de gestión tecnológica que brinden un adecuado desempeño y funcionamiento de la misma.

Cuando se habla de ambiente hospitalario, se hace referencia a la porción del sistema del servicio médico en el cual se proporciona el cuidado directo al paciente y se llevan a cabo actividades clínicas como el tratamiento y el diagnóstico. Estas actividades de prestación de servicio público están encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida del paciente [2].

El buen desempeño y la agilidad que esta tecnología biomédica les brinda a los médicos y a las enfermeras hacen que crezca día a día la confianza y se deleguen más funciones de prestación de servicios, tratamientos y diagnósticos a los equipos biomédicos. Debido a este crecimiento del apoyo en la tecnología se está dejando la seguridad y el bienestar del paciente en manos de los equipos biomédicos y de las nuevas tecnologías en instrumentación e información médica. Un claro ejemplo se puede observar en los equipos que generan diagnóstico y cuentan con un sistema de realimentación que le provee al mismo tiempo el tratamiento al paciente, como lo son los sistemas de control de analgésicos en pacientes o PCA por su sigla en inglés [3].

En la actualidad, es casi imposible pensar en un centro de salud sin una adecuada infraestructura y equipamiento biomédico, desde las camas hasta las unidades de diagnóstico de imágenes por resonancia magnética (MRI), la tecnología biomédica es indispensable y tiene un gran valor agregado al hacer más eficaz y eficiente la prestación de servicios de salud en el ambiente médico hospitalario [4].

Es aquí donde reside la importancia de contar en cada institución prestadora de servicios de salud (IPS) con un plan proactivo y eficiente de adquisición, mantenimiento y administración de los equipos y la tecnología biomédica; ya que cada institución está en cierta forma medida por la dotación de equipos biomédicos que se encuentran disponibles para proporcionar la atención al usuario.

Esta dependencia que ha desarrollado la medicina por la tecnología, en especial por los equipos sofisticados y complejos, además de la necesidad de crear un proceso para la gestión de la misma, hace necesaria la presencia de una persona con los conocimientos y habilidades para desarrollar un buen plan de gerencia y administración de esta tecnología en los centros de salud.

Es entonces el Ingeniero Clínico el encargado de actuar como puente mediador entre la medicina moderna y la ingeniería, arrojando como resultado un mejor uso de dicha tecnología en la atención al paciente. Este puente sirve de lazo para la comunicación entre médicos, enfermeras, técnicos, ingenieros y personal administrativo.

Según la ACCE (*American College of Clinical Engineering*) un ingeniero clínico es un profesional que apoya y mejora el cuidado del paciente aplicando la ingeniería y las habilidades administrativas a la tecnología del ambiente médico-hospitalario [6].

El ingeniero clínico es, por lo tanto, un profesional miembro de un grupo interdisciplinario (médicos, enfermeras, ingenieros, entre otros) que trabaja en el campo de la salud y cuya principal labor está enfocada en la gestión

tecnológica, que tiene como esferas de actuación la administración, el manejo de seguridad, la adquisición, evaluación de la tecnología, capacitación en equipos biomédicos, solución de problemas ingenieriles que se presentan en el campo de la salud y gerencia de la tecnología; asimismo debe prestar asesoría en la construcción de la planta física. Para el desarrollo de la gestión tecnológica, el ingeniero clínico debe aplicar todo su conocimiento ingenieril y administrativo [1, 2, 4, 5, 7].

Este artículo tiene como finalidad proveer al personal clínico y administrativo una guía básica que facilite el proceso de adquisición y manejo de la tecnología biomédica. Estos elementos permitirán comprender el rol del ingeniero clínico en el ambiente hospitalario, donde se hace cada vez más necesaria la presencia de un profesional competente, con las herramientas y los conocimientos adecuados para suplir estos requerimientos que se presentan en el área de la salud.

II. ADQUISICIÓN DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

La adquisición de los equipos médicos y la tecnología biomédica constituye dentro de las IPS uno de los procesos más complejos en cuanto a gestión, ya que se deben tener en cuenta diversos aspectos para obtener el resultado final que es el mejoramiento de la eficiencia y la calidad en la prestación de los servicios de salud. Esta mejora puede lograrse por medio de inversiones en equipos y tecnologías que magnifiquen los beneficios para el paciente y la institución. Esto es, en otras palabras, optimizar la relación costo-beneficio logrando mejoras a nivel económico y una mayor eficiencia en la prestación de los servicios [1].

A continuación se describen doce pasos a seguir en el proceso de adquisición de equipos médicos [4, 7, 8, 24]:

A. Pasos

1. Definir las necesidades reales del hospital o clínica.
2. Identificar la tecnología que cubre la necesidad.
3. Crear requerimientos técnicos específicos.
4. Obtener un presupuesto.
5. Obtener cotizaciones de diferentes vendedores.
6. Presentar la propuesta para ser revisada.
7. Presenciar ensayos o demostraciones de los equipos.
8. Evaluación de soporte e ingeniería.
9. Negociación de precio y soporte, posterior orden.
10. Instalación e inspección.
11. Capacitación del usuario y del personal de mantenimiento.
12. Gerencia y manejo del inventario.

B. Procedimiento

1. Definir las necesidades reales del hospital o clínica.

Los hospitales y clínicas cuentan con un presupuesto muy limitado a la hora de comprar nuevos equipos e invertir en nuevas tecnologías. Además, existe el requerimiento de incorporar el equipo médico en el año en el cual se ha planeado y asignado este presupuesto.

Los recursos de capital con los que cuentan las IPS deben repartirse entre los diferentes departamentos que se tienen dentro de la institución, por lo cual el presupuesto que se asignará a cada área de la misma será limitado por los demás gastos que también deben tenerse en cuenta dentro del capital.

Debido a esta división de los recursos económicos, se hace inminente la competencia entre departamentos y personal para poder obtener un buen monto de dinero y así estar en la capacidad de comprar los equipos médicos y acceder a la nueva tecnología que mejorará el servicio al paciente y facilitará, en cierto modo, la labor del personal médico.

El progreso y la estabilidad de la institución médica dependen, en cierta manera, de una equilibrada asignación de los presupuestos. La mejor manera de obtener este equilibrio es evaluando y analizando el objetivo y la necesidad real de la tecnología que se pretende incorporar a la institución. Es particularmente importante estimar si tiene coherencia con la misión y la visión a corto, mediano y largo plazo del hospital o clínica.

Este balance puede obtenerse por medio de un proceso de planeación del capital de la institución, en la cual debe participar personal administrativo, representantes de los departamentos y un ingeniero clínico que pueda dar sus opiniones y conceptos sobre la adquisición de la tecnología, sobre las proyecciones acerca de cómo será utilizado el equipo y determinar cuál es la relación costo/beneficio; de esta manera el dinero podrá ser distribuido con mayor facilidad y de forma óptima y efectiva para cada una de las dependencias relacionadas directa o indirectamente con el presupuesto.

Para identificar las necesidades de las instituciones se debe tener en cuenta la información epidemiológica y social (como la cobertura y la población objetivo), la oferta y demanda del servicio y el impacto que tiene este tipo de servicio y tecnología dentro del cuidado del paciente. Para analizar este último punto es importante evaluar el mejoramiento

en la calidad de atención al paciente y en los procesos de intervención.

2. Identificar la tecnología que cubre la necesidad.

Gracias al constante y rápido desarrollo de la tecnología, es posible encontrar más de una solución y herramientas para brindar un mejor y más eficiente servicio clínico-hospitalario y proveer los diagnósticos y el tratamiento eficaz y confiable.

El ingeniero clínico puede asistir al personal médico en la selección del equipo que más se adapta a sus necesidades, además de contactar los diferentes proveedores y suministrar información sobre las capacidades básicas y características de cada producto.

Se debe valorar además, el estado en el que se encuentra la tecnología y hacia dónde está apuntando para evitar comprar equipos cuya vida útil se verá reducida por el uso de tecnologías que serán obsoletas rápidamente. Este paso está enfocado en definir, a partir de las necesidades reales de la IPS, qué tecnología es la adecuada y suple los requerimientos institucionales.

3. Crear requerimientos técnicos específicos.

Cuando se habla con los vendedores y se piden cotizaciones, es necesario tener una clara idea de las características con las cuales se desea que cuente el equipo biomédico y cerciorarse de que estén incluidas en aquel que se va a cotizar o comprar.

Estas acciones aceleran el proceso al momento de solicitar cotizaciones y aseguran que se esté cotizando lo que realmente se requiere y que todas las propuestas tengan los mismos puntos de valoración para entonces poder hacer una comparación equivalente.

Un informe de los requerimientos técnicos específicos o propuestos presenta detalladamente todas las características técnicas del equipo o instrumento biomédico, además de contar con cualquier estipulación con respecto a la compra y adquisición de los mismos. Al tener todas las cotizaciones desarrolladas bajo un mismo patrón y con las mismas especificaciones, se hace mucho más fácil la comparación y evaluación de las diferentes alternativas. El ingeniero clínico es el profesional competente para escribir este informe o propuesta, o por lo menos, para asistir en la asesoría de su correcta elaboración.

Dado el caso en el que se encuentre en el mercado más de un equipo que supla las necesidades reque-

ridas, el ingeniero clínico analizará y recomendará aquel que tenga un mejor soporte por parte del vendedor, un mantenimiento asequible y económico, una interfaz más amigable con el usuario y por supuesto, una relación costo/beneficio más eficiente.

4. Obtener un presupuesto.

Si la adquisición del equipo se va a incluir dentro del presupuesto que se tiene en cada departamento para la adquisición y compra de recursos, se debe adjuntar además un documento en el cual se recopilen todos los requerimientos necesarios para la correcta instalación del equipo, así como las demás necesidades que puedan presentarse. Un ejemplo de esto es el tipo de espacio que requiere el equipo o las modificaciones que deban hacerse, las fuentes de alimentación necesarias, los accesorios adicionales, entre otros. Todo lo anterior, con el fin de adelantarse a cualquier eventualidad y garantizar que una vez hecha la inversión el equipo podrá operar normalmente y el presupuesto calculado estará correctamente delimitado.

5. Obtener las cotizaciones de vendedores.

Una vez que la adquisición sea aprobada y con tiempo suficiente, se debe proceder a obtener las cotizaciones por parte de los diferentes proveedores para analizar la competencia de cada una y quién representa mayores beneficios a corto, mediano y largo plazo.

Se debe revisar y actualizar cualquier tipo de cambio que se genere en las especificaciones a medida que se avanza en el proceso, de esta forma se dará por sentado que el precio final es el real e incluye todo lo necesario.

Además es importante conocer qué tipo de servicio postventa presta el vendedor, y de tener algún costo adicional éste debe también añadirse a la cotización del equipo y así se tendrá en cuenta dentro del presupuesto; es necesario asimismo analizar a fondo si el mantenimiento y reparación se llevarán a cabo por parte del personal interno de la institución o si se van a contratar estos servicios a un tercero, lo cual sumaría un costo de servicio técnico postventa que se debe contar en el presupuesto.

Un factor importante a ser estudiado es el costo del mantenimiento y de los repuestos, además de su disponibilidad en el mercado y de la asesoría que presta cada vendedor después de la venta (soporte).

Igualmente se debe solicitar a los vendedores que coticen el entrenamiento y la capacitación de personal si éste no está incluido en el precio o en la oferta del equipo.

Es importante tener en cuenta que a veces es posible conseguir que se incluyan los entrenamientos en la cotización del equipo, es cuestión de plantear una buena negociación y diferentes opciones en las cuales se vean beneficiadas ambas partes, comprador y vendedor.

Si el equipo es muy costoso o lo que se pretende comprar es un lote grande o hay varios equipos que se le van a comprar al mismo vendedor, el ingeniero clínico está en la capacidad y debe buscar obtener algún tipo de descuento u oferta; por ejemplo sería de gran utilidad si el vendedor provee el entrenamiento y la capacitación a un grupo de personas del hospital, incluyendo el personal técnico que se encargará del mantenimiento y por qué no, médicos o enfermeras que manejarán el equipo.

6. Presentar la propuesta para ser revisada.

Cuando se va a presentar la propuesta de adquisición, se debe contar con una documentación precisa, completa y certera que sustente la necesidad del equipo y que justifique su inclusión en el proceso de división del capital para poder contar con este equipo en el presupuesto.

Se deben justificar las necesidades clínicas, presentar precios razonables, haber cubierto el costo de instalación y prever que los costos futuros de mantenimiento, reparación, actualización y consecución de repuestos no superarán los límites. Asimismo, es importante cerciorarse que se recibirá una capacitación para el correcto manejo y supervisión del equipo o instrumento a comprar.

En la propuesta debe analizarse conjuntamente la factibilidad, entre la que se encuentran entre otros: el costo de la tecnología, la existencia de proveedores, la disponibilidad de recursos, viabilidad técnica (instalaciones y normatividad).

7. Presenciar ensayos o demostraciones de los equipos.

Para evaluar la real utilidad de los equipos propuestos y conocer más sobre los beneficios y servicios que presta, es de gran importancia que el vendedor provea una demostración del equipo en funcionamiento, y si es posible, permitir un ensayo clínico del dispositivo.

Es de carácter obligatorio contar con la presencia de alguna de las personas que utilizará el

dispositivo; así se logrará evaluar más allá de sus servicios técnicos y se podrá tener en cuenta qué tan amigable es la interfaz con el usuario. Para obtener los resultados y poder encaminarse hacia la correcta decisión es importante contar con las opiniones de los usuarios que ensayaron el equipo y documentar esta información.

Otra opción, es entrar en contacto con otras instituciones que utilicen el mismo dispositivo evaluado, poder hablar con el ingeniero clínico o biomédico y además con el personal que maneja el equipo (médicos, enfermeras); de esta manera es probable conseguir una adecuada idea del funcionamiento del equipo y obtener diferentes opiniones, criterios y puntos de vista. Igualmente, es necesario realizar una investigación de la literatura científica técnica donde se obtenga información sobre la tecnología en cuestión. Algunas instituciones como el *ECRI Institute* proveen unas alarmas llamadas “*recalls*” con las cuales se puede obtener información sobre los problemas que presentan los equipos y las posibles soluciones, lo cual es de vital importancia para prevenir accidentes y optimizar la seguridad en la IPS.

8. Evaluación de soporte e ingeniería.

La compra de equipos e instrumentos depende totalmente de la institución clínica-hospitalaria. El ingeniero clínico puede brindar su asesoría para garantizar que el dispositivo y la tecnología próxima a adquirirse son totalmente seguros, confiables, útiles, y que prestarán los servicios con el mayor beneficio posible.

Es el ingeniero clínico el encargado de analizar, basado en las experiencias de otras instituciones, consultar e investigar sobre los equipos, proveer datos de confiabilidad, así como sobre la seguridad del equipo, identificar la capacitación que se requiere, las piezas que se necesitarán a corto, mediano y largo plazo, además de plantear un protocolo de mantenimiento de acuerdo a las necesidades específicas del equipo y las advertencias del proveedor.

La función del ingeniero en este punto es proveer comentarios, información y sugerencias.

9. Negociación de precio y soporte posterior a orden.

El departamento administrativo y los encargados de hacer la compra final deben trabajar de la mano con el ingeniero clínico para lograr la mejor negociación posible, obteniendo los mejores precios y beneficios tales como garantía, soporte, suministro

de partes, cursos de capacitación y entrenamiento, ofertas entre otros. Muy a menudo, aspectos tan valiosos como los anteriormente mencionados se pierden en el proceso de negociación simplemente por no saberlos pedir y no lograr acuerdos beneficiosos y óptimos. La implementación de un grupo multidisciplinario (contando con un ingeniero clínico) garantizará que se obtendrá lo que realmente se necesita, que la negociación sea exitosa y además se obtengan valores agregados gracias a la buena comunicación, a un vasto conocimiento de lo que se quiere y del equipo y por supuesto, gracias al uso de un lenguaje común.

10. Instalación e inspección.

Algunas adquisiciones de equipos, tales como compra de dispositivos portátiles o sistemas de pequeño tamaño, son más fáciles de realizar. Otras adquisiciones pueden requerir de la desinstalación del antiguo equipo, renovaciones y adecuaciones del área donde se va a instalar el equipo. Ciertas veces este tipo de actividades necesitan ser realizadas por personal externo a la institución.

Una reunión entre el vendedor, el departamento que comprará el equipo, la gerencia de las instalaciones, el ingeniero clínico y el técnico biomédico ayudará a asegurarse que el equipo se instalará y pondrá en uso apropiadamente, cumplirá con todas las normatividades y que los requerimientos del mismo serán cubiertos satisfactoriamente.

Todo equipo biomédico debe ser probado y evaluado adecuadamente antes de su uso clínico. En algunos casos, este proceso hace parte de la instalación. En otras situaciones, será el ingeniero clínico o el técnico biomédico el encargado de hacer esta primera inspección y posteriormente, si cumple la prueba, se incorporará el equipo al inventario activo.

Cualquier problema que se presente debe ser identificado y comunicado inmediatamente al vendedor para la corrección.

11. Capacitación del usuario y del personal de mantenimiento

Antes de usar cualquier tipo de tecnología que se adquiera, los usuarios (tanto personal médico como técnico, y en general toda persona que utilizará el equipo) necesitan recibir entrenamiento y capacitación sobre el manejo del mismo, buscando familiarizar al usuario con la tecnología, el servicio que brinda y la forma de operar el aparato.

Dependiendo del nivel del usuario es necesario profundizar en diferentes temas, por ejemplo el personal médico estará más enfocado en cómo utilizar el equipo y cómo dar un mejor uso de éste para prestar un servicio óptimo; por otro lado si la persona se encuentra en el área de mantenimiento o es el ingeniero clínico el enfoque será más hacia cómo localizar posibles problemas y darle solución a los mismos, cómo reparar y dar correcto mantenimiento al equipo y cómo obtener un correcto soporte.

Este entrenamiento de los técnicos, ingenieros y personal de mantenimiento es una pieza clave cuando la garantía se ha vencido y todo tipo de localización y resolución de problemas corre por cuenta del personal del hospital.

12. Gerencia y manejo del inventario.

Cuando un nuevo equipo médico entra en la institución clínica hospitalaria y empieza a hacer parte del inventario activo es importante iniciar un constante seguimiento de su desempeño y tenerlo debidamente incorporado dentro del plan de mantenimiento y chequeo de la institución. De esta forma se garantiza la confiabilidad de su desempeño y la duración de la vida útil. De esta forma se obtendrá el mejor provecho de los servicios del equipo y la inversión será beneficiosa.

Se debe crear un calendario en el cual se asignen las respectivas inspecciones y se le establezca una frecuencia de mantenimiento preventivo. Además, se deben documentar todo tipo de procedimientos que se realicen sobre el equipo, tales como reparaciones, piezas reemplazadas, chequeos, entre otros.

Es importante realizar un seguimiento del equipo. Tener un historial completo de éste permitirá tomar decisiones más certeras (y con bases fundamentadas) sobre el reemplazo o actualización del equipo biomédico, así se empezará de nuevo con el proceso de adquisición.

En la Fig. 1 se muestra una adaptación del proceso de planeación de tecnología de la empresa Technical Services Program de la Universidad de Vermont [9, 13]. En ésta se resumen los pasos para la adquisición de equipos médicos.

Las cuatro grandes secciones que se encuentran en la parte inferior del cuadro, evaluación, presupuesto, adquisición y monitoreo, constituyen las principales divisiones en este proceso. Además, equivalen a los puntos clave que deben tenerse en el desarrollo de cualquier proceso: evaluación, planeación, ejecución y control.

Este diagrama de flujo permite identificar la trayectoria lógica en el desarrollo del proceso de adquisición de tecnología.

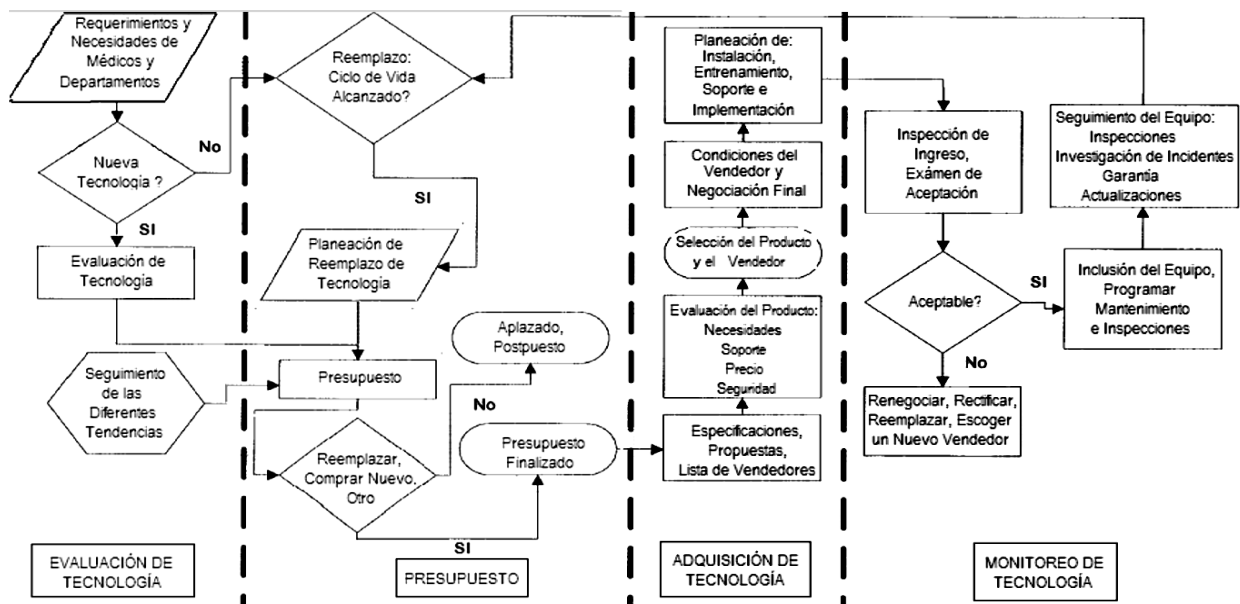


Fig. 1. Adaptación del proceso de planeación de tecnología de la empresa Technical Services Program de la universidad de Vermont [9, 13].

III. EL ICEBERG

La teoría del iceberg no es más que una forma de ilustrar cómo al hablar de adquisición de tecnología y equipos médicos el precio que se debe pagar por ello va más allá del simple costo de compra del equipo o instrumento como tal [4].

Al realizar un presupuesto debe pensarse más que en un equipo, debe abarcar las necesidades del mismo, los requerimientos y el ciclo de vida; lo cual implica contar con el costo de adecuación de las instalaciones o posibles remodelaciones, valor de los repuestos, costo de la instalación, capacitación, entrenamiento, accesorios, mantenimientos, entre otros.

El proceso de adquisición de equipos cobra gran importancia cuando se comprende y entiende el verdadero significado de la adquisición, y este “tip” del iceberg logra reafirmar la necesidad de realizar cada uno de los pasos del proceso de adquisición. Para lograr que el proceso

de adquisición sea realmente exitoso debe llevarse a cabo una correcta planeación y se debe tener en cuenta todos los factores visibles y no visibles que determinarán el correcto funcionamiento y uso del equipo médico [4, 10, 26].

Como se muestra en la Fig. 2, sólo una pequeña porción del iceberg se encuentra sobre la superficie del agua y es lo que generalmente se observa desde un plano superficial. Pero un iceberg no puede mirarse sólo por lo que sobresale de él, que por lo general es la parte más pequeña, simple y liviana; al mirar un iceberg debe pensarse en lo que está en sus cimientos, aquello que hace de esta estructura algo realmente grande [4].

Al comprar un equipo el costo de este puede no ser el precio real; por lo tanto, se debe tener en cuenta lo que se encuentra más a profundidad, “debajo del agua”, que por cierto son factores que pueden hacer que el precio se incremente considerablemente, es más, puede presentarse que estos costos excedan el valor del equipo en sí [4, 10, 26].



Fig. 2. Bases de la teoría del iceberg.

IV. CONCLUSIÓN

Es importante empezar a fortalecer la cultura en torno a la importancia de un departamento de ingeniería clínica en los hospitales y clínicas debido a la diversidad de tareas que un ingeniero clínico puede desempeñar y a la capacidad intelectual y preparación que posee.

En los países más desarrollados el ingeniero clínico es parte vital de las IPS, esto se debe al reconocimiento de la importancia de tener un profesional que pueda ser intermediario entre el personal médico y sus necesidades, y el grupo administrativo y la necesidad de tener una comunicación más apropiada; así contar con una persona preparada para manejar la tecnología y adaptarla a las necesidades específicas de cada institución.

Contar con un ingeniero clínico como parte del equipo de trabajo en un hospital o clínica ayudará a mejorar el uso de la tecnología, su aprovechamiento y logrará reducir costos e incrementar beneficios a través de un correcto uso de los equipos y una adecuada planeación del mantenimiento, reemplazo y adquisición de equipos.

Si la institución es muy pequeña o el presupuesto es limitado para costear un departamento de ingeniería clínica en la institución, se puede optar por contratar asistencia externa que preste todos los servicios que se necesitan por parte de un ingeniero clínico. Esto equilibrará los costos de mantener un departamento permanente y a la vez contribuirá a tener el servicio del ingeniero que le dará numerosos beneficios a la institución.

REFERENCIAS

- [1]. Ruiz, C.G. Estudio descriptivo de la ingeniería clínica para proponer un plan de estudios para la especialización en ingeniería clínica. Tesis de grado, Ingeniero Biomédico EIA-CES, 2005.
- [2]. Bronzino, J.D. Clinical Engineering: Evolution of a discipline, Consultado en Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 1, 3-6, 2004.
- [3]. ECRI. Infusion Pumps, Patient-Controlled Analgesic. Consultado en Junio de 2007 en: www.ecri.org
- [4]. Dyro, J.F., Cheng M. Good Management Practice for Medical Equipment, Consultado en Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 31, 108-110, 2004.
- [5]. Di Virgilio, V. El Ingeniero Clínico y su rol en un Hospital. Consultado en Marzo de 2006 en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202006/Trabajos%20estudiantes%202006/Taborda,%20Rodrigo.pdf>
- [6]. American College of Clinical Engineering. Consultado en Abril de 2007 en: <http://www.acenet.org/default.asp?page=about§ion=definition>.
- [7]. David, Y. The Biomedical Engineering Handbook. Segunda Edición, CRC Press, 168.5, 2000.
- [8]. Forsell, R. Acquiring Medical Equipment, *Guides for Healthcare Professionals*, 32, 1, 2006.
- [9]. Plan de adquisición de tecnología empleado por Technical Services Program de la Universidad de Vermont.
- [10]. Clark, J.T. Technology Management & Clinical Engineering, *Cape Town workshop*, Sur Africa. May 2006.
- [11]. Grimes, S.L. The Future of Clinical Engineering: The Challenge of Change. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, marzo-abril, 2003.
- [12]. Zambuto, R.P. Clinical engineers in the 21st century: charting recent changes and a look to the future. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 23, 3, 37-41, May-June 2004.
- [13]. Clark, J.T. Challenges Facing Independent Multihospital Healthcare Technology Management Systems. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 23, 3, 20-26, May-June 2004.
- [14]. Grimes, S.L. Clinical Engineers: Stewards of Healthcare Technologies. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 23, 3, 56-58, May-June 2004.
- [15]. David Y, Jahnke E.G. Planning Hospital Medical Technology Management. *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, 23, 3, 73-79, May-June 2004.
- [16]. República de Colombia, Dirección de Desarrollo Científico y Tecnológico. Manual de adquisición de tecnología biomédica: Santafé de Bogotá, 2, 1997.
- [17]. ECRI. New Tools for Technology Acquisition. *Health Devices*, 2-6, diciembre 1984.
- [18]. ECRI. Making Rational Decisions about Acquiring New Technologies. *Health Devices*, 9-17, January 1985.
- [19]. David, Y, Jahnke E.G. Medical Technology Management: From Planning to Application, *Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, Shanghai, China, September 2005.
- [20]. David Y, Judd T. Management and assessment of medical technology. Clinical Engineering. Boca Raton: CRC Press LLC, 2-14, 2003.
- [21]. Quintana F. Valoración de la tecnología biomédica. Sociedad Española de Electromedicina e Ingeniería Clínica, Córdoba, España 2004 [citado 15 mayo]. Consultado en julio de 2007 en: www.seecic.org.
- [22]. Buglioli M, Pérez A. Evaluación de tecnologías de salud. *Revista Médica del Uruguay*, 18, 1, 27-35, 2002.
- [23]. Zequera M.L. Estrategias para la Optimización en la Adquisición y Mantenimiento de Equipos Biomédicos en las IPS, Módulo 1: gestión Tecnológica en las IPS. Pontificia Universidad Javeriana, febrero 2005.
- [24]. Harding G.H., Epstein SL. Technology Evaluation, Consultado en Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 33, 114-118, 2004.
- [25]. Bronzino J.D. Management of Medical Technology: A Primer for Clinical Engineers. Boston, 1992.
- [26]. Judd T.M. Impact Analysis, Consultado en Dyro, J. F. Clinical Engineering Handbook. Elsevier, 46, 171-177, 2004.
- [27]. Judd T.M. Health in the Americas: Health Care Technology. Cartagena, Colombia 1997.
- [28]. David Y, Judd T.M. Medical Technology Management. *Biophysical Measurement Series, SpaceLabs Medical*, Redmond, WA 1993.
- [29]. Rodríguez E. Ingeniería Clínica. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Centro de Bioingeniería. Cuba, 1, 4, 2003.
- [30]. Painter F. Staffing levels. 1º Taller Internacional de Ingeniería Clínica. Cartagena, 2005.
- [31]. David Y, Judd T. Management and assessment of medical technology. Clinical Engineering. Boca Raton: CRC Press LLC, 2.1-2.15, 2003.
- [32]. Brook R.H., Chassin MR. A Method for the Detailed Assessment of the Appropriateness of Medical Technologies. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 2, 1, Cambridge University Press.
- [33]. Friedman, V. Technology and Equipment: Essentials of the Art of Evaluation, Negotiation and Acquisition. *Critical Care Clinics*, 9, 3, 1993.