



Temática vinculada con el medio hospitalario para la formación de ingenieros biomédicos

MR Ortiz Posadas*
MJ Gaitán González**
MR Ortiz Pedroza*
FM Martínez Licona*
MT García González*

* Departamento de Ingeniería Eléctrica, Ciencias Básicas e Ingeniería.

** Departamento de Ciencias de la Salud, Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. Michoacán y la Purísima s/n Col. Vicentina, C. P. 09340 D. F. México.

Autor responsable: Martha Refugio Ortiz Posadas, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. Michoacán y la Purísima s/n Col. Vicentina, C. P. 09340 D. F. México, tel: 5804-4905 ext. 232 o 205, fax: 5804-4631

RESUMEN

El conocimiento relacionado con el medio hospitalario juega un papel fundamental, no sólo para quienes laboran directamente en un hospital, sino para el desarrollo profesional de cualquier ingeniero biomédico. En este trabajo se propone una temática orientada al medio hospitalario, que todos los ingenieros biomédicos deban conocer, así como una particular para aquellos que quieran desarrollarse como ingenieros clínicos. Para diseñarla se aplicó una encuesta a sesenta egresados de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, se evaluaron veinte departamentos de ingeniería biomédica hospitalaria, y se consideró el desarrollo de la ingeniería clínica en el mundo. Todas estas actividades contribuyeron a la definición del perfil del ingeniero biomédico que hoy está requiriendo la sociedad, dando orientación al conocimiento relativo al medio hospitalario que es necesario para un mejor desempeño profesional de nuestros egresados.

Palabras clave:

Medio hospitalario, Ingeniería clínica, Educación, Programa de ingeniería biomédica

ABSTRACT

The knowledge related with the hospital environment plays a priority roll, not only for the engineers working within a hospital, but for the professional career of any biomedical engineer.

The purpose of the present work is to propose a general curriculum related to the hospital environment for biomedical engineers, as well as the particular curriculum for those professionals specializing on clinical engineering. For this purpose, a poll was applied to sixty graduates from UAM-I, while another one was given to twenty biomedical engineering departments in clinical settings. World trends in clinical engineering were also considered. All these activities contributed to define the biomedical engineer profile that the society is requiring nowadays, orienting the required hospital-related knowledge that would result in a better professional performance of biomedical engineering graduates.

Key words:

Hospital environment, Clinical engineering, Education, Biomedical engineering program.



INTRODUCCIÓN

La incorporación de ingenieros biomédicos en los equipos multidisciplinarios al cuidado de la salud, se ha ido incrementando en los últimos años. Como ejemplo, se puede mencionar que en la mayoría de los Institutos Nacionales de la Secretaría de Salud, se cuenta con un área de ingeniería biomédica, no sólo para desarrollar actividades relacionadas con la administración de la tecnología médica, como son: el control de equipo, mantenimiento preventivo y correctivo, la participación en la adquisición de equipo nuevo, el desarrollo de programas de seguridad hospitalaria, etc., sino también para incorporarse en los protocolos de investigación clínica con una función de soporte o haciendo investigación y desarrollo en ingeniería biomédica. De igual forma puede observarse que los hospitales privados también han incorporado a la ingeniería biomédica dentro de sus cuadros profesionales, ya que se ha constatado que la productividad de un área de ingeniería biomédica hospitalaria incrementa el costo-beneficio en el uso de la tecnología médica¹.

En este trabajo se propone una temática orientada al medio hospitalario que todo ingeniero biomédico debiera conocer, así como la particular para aquellos cuyo interés profesional sea desarrollarse como ingenieros clínicos. Para acometer dicho objetivo, se realizaron diferentes actividades, tales como: aplicar una encuesta a los egresados de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAM-I) y otra para evaluar los departamentos de ingeniería biomédica de diversos hospitales de la Ciudad de México. Estas actividades contribuyeron a la

definición del perfil del ingeniero biomédico que hoy está requiriendo la sociedad, dando orientación al conocimiento relativo al medio hospitalario que es necesario para un mejor desempeño profesional de nuestros egresados.

METODOLOGÍA

El ingeniero biomédico tiene diversos campos de acción dentro del ámbito laboral, como puede ser en instituciones de salud, o en alguna instancia vinculada con éstas. Por esto, se diseñó una encuesta con 36 preguntas para recopilar información general del egresado, su medio laboral, su formación universitaria, así como la tendencia de la ingeniería biomédica según su experiencia, y los conocimientos y actividades que permitieran una mejor formación en esta disciplina. De manera particular, se diseñaron algunas preguntas (tabla I) para evaluar la frecuencia de contacto con el medio hospitalario que tiene el egresado, y sus necesidades en cuanto a conocimientos relacionados con el mismo: una introducción al medio hospitalario (IMH), conocimientos básicos acerca de la administración de la tecnología médica (ATM) y conceptos sobre seguridad e instalaciones en los hospitales (SIH).

Se procesaron en total 60 encuestas a egresados de la UAM-I. Sin embargo, para propósitos del presente trabajo únicamente fueron consideradas las de cincuenta y tres egresados que laboran en instituciones relacionadas con la profesión, las siete encuestas restantes no se tomaron en cuenta porque los egresados manifestaron estar empleados en áreas no vinculadas con el sector.

Cuadro 1. Preguntas de la encuesta consideradas para evaluar la necesidad de conocimientos relacionados con el medio hospitalario de los egresados.

-
1. Empleo actual:
 2. Dentro de su campo de trabajo, ¿tiene contacto con el medio hospitalario?
Siempre Casi siempre Con frecuencia Ocasionalmente Nunca
 3. De acuerdo a su experiencia en el campo profesional, ¿considera relevante que el plan de estudios contemple:
 - a) Una introducción al medio hospitalario: (SÍ) (NO)
 - b) Conocimientos básicos acerca de la administración de la tecnología médica (adquisición de instrumentos y equipos médicos, etc.): (SÍ) (NO)
 - c) Conceptos sobre instalaciones y la seguridad en los hospitales (instalaciones eléctricas, gases, etc.): (SÍ) (NO)
-

Las instituciones de salud tienen diferentes particularidades dependiendo del nivel de atención que proporcionen², lo que evidentemente influye en las características que pueda tener un departamento de ingeniería biomédica (DIB), determinando el tipo de trabajo que se desarrolla. En este sentido, se realizó una encuesta para evaluar diferentes DIB en términos de su infraestructura (recursos humanos, materiales y financieros), del impacto que éste tuviera dentro de la estructura organizativa del hospital y las funciones que realiza. De manera particular, para el presente trabajo se evaluaron las funciones relacionadas con mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, capacitación, participación en el proceso de adquisición de nueva tecnología médica, desarrollo de programas de seguridad hospitalaria, participación en los diferentes comités hospitalarios, en el diseño y remodelación de áreas clínicas y en investigación³. Esta última se refiere a investigaciones relacionadas con ingeniería biomédica o investigaciones clínicas, cuyos protocolos sean multidisciplinarios y en los que el ingeniero biomédico sea parte integral del equipo que esté trabajando en el protocolo.

La encuesta se aplicó a veintiún instituciones de salud, nueve de las cuales corresponden al sector público y las doce restantes al sector privado. Las instituciones públicas se refieren a dos hospitales generales: Pemex Picacho y Manuel Gea González; y a siete institutos nacionales de salud: Cancerología, Ciencias Médicas y Nutrición, Enfermedades Respiratorias, Neurología y Neurocirugía, Pediatría, Hospital Infantil de México y Hospital General de México, estos dos últimos, dada la actividad de investigación que realizan, también están considerados como institutos por la Secretaría de Salud⁴. Por otro lado, los doce hospitales del sector privado a los que se les aplicó la encuesta fueron: ABC, Angeles Pedregal, Ángeles de las Lomas, Dalinde, Español, Infantil Privado, Londres, Médica Sur, Metropolitano, Moxel, Santa Fe y Torre Médica.

Para la definición de la temática, se consideraron las funciones que desempeñan los ingenieros biomédicos en su práctica profesional en México, tanto en el medio hospitalario como en otras fuentes laborales. También se incluyeron las actividades que actualmente se realizan en otras partes del mundo dentro del ámbito referente a la ingeniería clínica⁵. En este sentido, se observó que la temática propuesta debía ser actual y

completa. Por un lado, se consideraron temas generales relacionados con el medio hospitalario y por otro, tópicos más específicos y avanzados para la formación de ingenieros biomédicos que contribuyan en la solución de problemas del área de ingeniería clínica, tomando en cuenta la estructura y características del sistema de salud mexicano.

RESULTADOS

Encuesta a egresados. Los resultados obtenidos con relación al contacto que tienen los profesionales con los hospitales se muestran en la figura 1. Como puede notarse, el 74% manifestó siempre tener contacto con las instituciones de salud, únicamente el 2% mencionó tenerlo casi siempre, el 11% tiene contacto frecuente y el 13% declaró tener sólo contacto ocasional con los mismos dentro de sus actividades laborales.

En la figura 2 se muestran los resultados relativos a las actividades que el egresado considera importantes para la formación de los ingenieros biomédicos con relación al medio hospitalario. Puede notarse que la gran mayoría considera importante que los planes de licenciatura en ingeniería biomédica contemplen conocimientos de IMH (92%), conocimientos básicos de ATM (95%) y de SIH (95%).

Encuesta a hospitales. De las encuestas realizadas a los hospitales para evaluar los departamentos de ingeniería biomédica, se puede con-

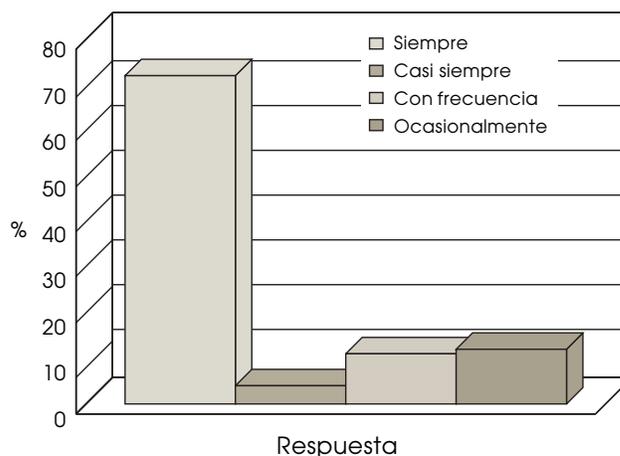


Figura 1. Porcentajes de las respuestas dadas por los cincuenta y tres egresados de la UAM-I a la pregunta: Dentro de su campo de trabajo, ¿tiene contacto con el medio hospitalario?

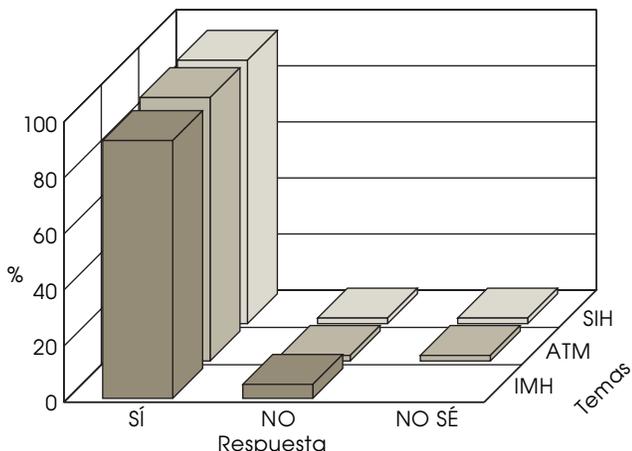


Figura 2. Porcentajes de las respuestas dadas por los cincuenta y tres egresados de la UAM-I a la pregunta: De acuerdo a su experiencia en el campo profesional, considera relevante que el plan de estudios contemple: a) Una introducción al medio hospitalario, IMH (Sistema de salud en México, etc.); b) Conocimientos básicos acerca de la administración de la tecnología médica, ATM (Adquisición de instrumentos y equipos médicos, etc.); c) Conceptos sobre instalaciones y la seguridad en los hospitales, SIH (Instalaciones eléctricas, gases, etc.).

cluir que con respecto a las actividades relacionadas con *mantenimiento correctivo y preventivo*, el 100% de los hospitales públicos y el 91% de los privados, realizan este tipo de funciones, como puede observarse en la figura 3. Con respecto a la *capacitación*, en el caso de los hospitales públicos, el 88% llevan a cabo este tipo de actividades y el 91% en el caso de los privados. En cuanto a la participación de ingeniería biomédica en el proceso de *adquisición* de tecnología médica, se puede observar que la mayoría de los hospitales (88% públicos y 91% privados) se involucran en este proceso. Con respecto a la *seguridad* hospitalaria, se puede notar que la participación de ingeniería biomédica es menor que en las actividades anteriores, sólo el 77% de los hospitales públicos y poco más de la mitad de los privados (58%), se involucran en actividades relacionadas con seguridad eléctrica, control de infecciones (desechos biológicos) y administración de gases medicinales. En relación con los *comités hospitalarios*, los referidos por los hospitales fueron: radiología, adquisiciones, obra pública, protección civil (prevención de desastres), control de infecciones, control de activo fijo y código azul; este último se refiere a las emergencias con pacientes hospitalizados

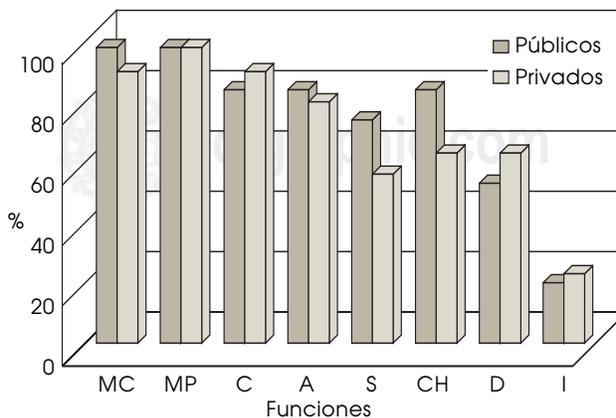


Figura 3. Funciones de los departamentos de ingeniería biomédica evaluados (nueve públicos, doce privados). MC: mantenimiento correctivo, MP: mantenimiento preventivo, C: capacitación, A: adquisiciones, S: seguridad, CH: comités hospitalarios, D: diseño y remodelación, I: investigación.

que requieren de atención médica muy especializada, haciendo uso de la más alta tecnología. La participación de ingeniería biomédica en dichos comités está presente en la mayoría de los hospitales públicos (88%), no así en los privados donde sólo el 66% participa. Con respecto al *diseño* y remodelación de áreas clínicas, los departamentos de ingeniería biomédica se involucran poco. Sólo el 55% de los hospitales públicos y el 66% de los privados tienen relación con el diseño de áreas, aunque de manera eventual y no formalmente. Finalmente, la investigación es una de las actividades que menos se desarrolla en los departamentos de ingeniería biomédica hospitalaria, pues solamente el 22% de los hospitales públicos y el 25% de los privados se vincula en alguna actividad de investigación.

Temas incluidos. Basándose en los criterios de inclusión temática, en los resultados de las encuestas realizadas tanto a hospitales como a los egresados de la licenciatura en ingeniería biomédica de la UAM-I, así como en las actividades e investigaciones que se realizan en ingeniería clínica en otros lugares⁵, en el cuadro 2 se presentan los temas propuestos para incluirse en el programa de ingeniería biomédica. Los temas fueron clasificados en seis grupos, utilizando como base las funciones del ingeniero clínico descritas por David Yadin¹. En este sentido, *administración de la tecnología* se refiere al desarrollo, establecimiento y dirección de programas, tales como el de ingeniería clínica y el de control de equipo, mientras

que *adquisición de tecnología* se relaciona con la evaluación y selección de equipos. *Manejo de riesgos* considera la evaluación de seguridad y los incidentes atribuidos al uso y manejo de los equipos; *diseño de áreas y evaluación de proyectos*, se refiere a la colaboración del ingeniero biomédico en el diseño de áreas y servicios hospitalarios, tanto nuevos como remodelados; y finalmente, *capacitación* incluye todo lo relacionado con el establecimiento de programas de educación y entrenamiento. A esta clasificación se le agregaron temas introductorios y otros que

no se encuentran directamente relacionados con las funciones especificadas, o tienen relación con más de una de ellas.

Tanto en la UAM-I como en los otros dos centros de educación superior que imparten esta licenciatura en la Ciudad de México (Universidad Iberoamericana y Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biología y Biología Aplicada del IPN) existe la opción de definir un perfil terminal en ingeniería clínica^{6,7,8}. Por esta razón, los temas se dividieron en dos grupos (Cuadro 2): uno formado por IMH, ATM y SIH, que por sus contenidos generales proporcionan una

Cuadro 2. Temas propuestos para el programa de ingeniería biomédica en aspectos relacionados con hospitales.

Introducción	Administración de la tecnología	Adquisición de tecnología	Manejo de riesgos	Diseño de áreas y evaluación de proyectos	Capacitación	Otros
Perfiles profesionales	Bases de administración	Análisis de necesidades y requerimientos	Seguridad	Análisis de necesidades y requerimientos específicos	Programa interno de capacitación continua	Instalaciones
Análisis de sistemas	Programas de control de equipo	Evaluación de la tecnología	Programas de seguridad	Normas y especificaciones de áreas	Programa de capacitación al personal médico y paramédico	Códigos, estándares y regulaciones
Sistema de atención a la salud	Procedimiento general de mantenimiento	Evaluación de proveedores	Detección y análisis de riesgos	El proceso de diseño y construcción y/o remodelación	Programas externos de enseñanza	Investigación
Estructura del hospital	Proceso administrativo interno	El proceso de adquisición	Evaluación y reporte de incidentes	Evaluación y dirección de proyectos	Técnicas y estrategias de enseñanza	Metodología de la investigación
Aspectos éticos, legales y profesionales	Definición de políticas y procedimientos	Recepción, instalación, puesta en funcionamiento y manejo del equipo	Comité de seguridad	Comité de construcción		
Fuentes de información y asociaciones	Costo/beneficio, control de calidad y productividad del DIB	Comité de adquisición				
Programa de ingeniería clínica	Análisis de equipos					

Temas generales para todos los alumnos de ingeniería biomédica

- Introducción al Medio Hospitalario
- Administración de la Tecnología Médica
- Seguridad e Instalaciones Hospitalarias

Temas específicos para los alumnos de ingeniería clínica

- Temas Selectos de Ingeniería Clínica

formación valiosa para todos los ingenieros biomédicos aún sin estar dentro de una institución de salud; y temas específicos para complementar la preparación de los alumnos que seleccionan como opción terminal o área de concentración a la ingeniería clínica.

DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta a egresados confirmaron la necesidad que tienen los ingenieros biomédicos de contar con conocimientos relativos al medio hospitalario. Todos los que trabajan en instituciones del medio profesional de la ingeniería biomédica manifestaron tener contacto con las instituciones de salud. Asimismo, consideraron importantes los temas relacionados con los hospitales, la administración de la tecnología y la seguridad e instalaciones, en la formación del ingeniero biomédico. Por otro lado, la encuesta a hospitales permitió definir y orientar en forma más específica la temática requerida para complementar la formación de ingenieros clínicos.

Temas generales. Estos temas son de gran valor en la formación de todos los ingenieros biomédicos, pues además de la necesidad de reconocer el medio hospitalario en el que se trabaja de manera muy estrecha, es necesario conocer los procesos administrativos y operativos de adquisición, control de equipo, así como los criterios de diseño y uso respecto a seguridad, para poder incidir en el mercado de la tecnología médica, como proveedor de bienes y/o servicios en las instituciones de salud.

Los temas de *introducción al medio hospitalario* (Cuadro 2), se refieren a un conjunto de conocimientos generales con los que todo ingeniero biomédico debe estar familiarizado, principalmente sobre el entorno hospitalario y su vinculación con él. Se analiza la estructura del sistema de salud mexicano y los elementos que lo conforman, se abordan los tres niveles de atención a la salud, la estructura de un hospital desde el punto de vista organizativo y operativo, haciendo su análisis con el enfoque de sistemas. Asimismo, se define el perfil del ingeniero biomédico que labora en diferentes ámbitos (sector salud público y privado, proveedores de bienes y servicios relacionados con la tecnología médica, instituciones de educación superior, etc.). Por otro lado, se provee información sobre legislación (normas, códigos, regulaciones) y aspectos

éticos profesionales y legales vinculados con el desempeño de la ingeniería biomédica en el sector productivo. También se proporcionan algunas fuentes de información tales como publicaciones periódicas, en donde se pueden consultar los últimos avances de la ingeniería biomédica en el mundo, así como algunas asociaciones civiles, nacionales e internacionales, que aglutinan al gremio y que desarrollan foros científicos y académicos para la difusión y discusión de los trabajos más relevantes en investigación y desarrollo de la ingeniería biomédica.

La temática relacionada con la *administración de la tecnología médica* inicialmente contempla una introducción a las bases de administración: planeación, organización, integración, dirección y evaluación. Se analizan los conceptos de administración y evaluación de tecnología médica (ciclo de vida, costo/beneficio, eficacia, efectividad, etc.). Se describe el programa de control de equipo (inventario, historial, seguridad, control de calidad, partes y consumibles, mantenimiento, etc.) y algunas estrategias para llevarlo a cabo. Con respecto a la adquisición de tecnología, se describe desde el análisis de necesidades y requerimientos hasta la instalación y puesta en marcha del equipo.

El manejo de la tecnología médica implica una serie de riesgos que se deben intentar reducir al máximo. De aquí la importancia de la participación del ingeniero biomédico en cuanto a *seguridad hospitalaria*. De esta manera se consideró que temas como seguridad eléctrica, mecánica y radiológica, así como aquellas relacionadas con el uso y manejo de gases medicinales, de control de infecciones, y de prevención y control de siniestros, deben considerarse como parte de la formación de todo ingeniero biomédico. Dentro de los conocimientos básicos de seguridad eléctrica se incluyen conceptos y aspectos relacionados con los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica, corriente de fuga y sus mediciones, y aspectos de seguridad para el diseño de equipo médico, entre otros. Para el tema de seguridad radiológica se contemplan aspectos tales como: efectos de la radiación, sistemas de protección radiológica, detección y medición, etc. En relación con los gases medicinales, se incluyen las principales recomendaciones para lograr el uso seguro de los elementos que conforman un sistema de suministro. Para el caso de control de infecciones se incluyen las diferentes técnicas de desinfección y esteriliza-

ción, manejo y desecho de materiales. Finalmente, se incluyen temas de prevención y control de siniestros, principalmente aquellos relacionados con el equipo médico y sus instalaciones.

Con respecto a las instalaciones hospitalarias (eléctricas, de gases, hidráulicas, de aire acondicionado y sistemas de comunicación), el ingeniero biomédico debe tener conocimientos generales, ya que todas ellas contribuyen al funcionamiento del equipo. El conocimiento sobre instalaciones hospitalarias es un instrumento de apoyo para el ingeniero biomédico en la toma de decisiones, ya que la presencia de problemas en los equipos puede ser atribuible tanto al equipo mismo como a la calidad de la fuente de suministro. Algunos de los temas que se abordan son tierra física, fuentes de suministro y de almacenamiento, sistemas de distribución, así como los sistemas de tratamiento de aguas para hemodiálisis y técnicas de filtrado de aire ambiental.

Temas de ingeniería clínica. La temática específica para los alumnos orientados hacia la ingeniería clínica aborda, de manera más profunda, los conocimientos requeridos para desempeñar las funciones de ingeniería biomédica dentro de una institución de salud. Existe una tendencia a incluir dentro de las actividades operativas del DIB la investigación, la evaluación tecnológica y el manejo de riesgos⁵, además de las actividades tradicionales de control de equipo, mantenimiento, diseño de áreas y capacitación y las administrativas requeridas para que la función del departamento sea adecuada.

Los conocimientos sobre la *estructura del DIB* contemplan temas relacionados con la organización del DIB y las funciones que puede desempeñar dentro de un hospital. Se abordan las tres divisiones que debe tener un DIB³: a) Servicio y mantenimiento, que se refiere a la conservación de la tecnología médica a través de un programa de control de equipo, b) Ingeniería, cuyas actividades están relacionadas con el desarrollo de dispositivos y/o la adaptación de cambios tecnológicos en el cuidado del paciente, la planeación y renovación de nuevos servicios y tecnología médica, etc. y c) Administración, cuya función es la de optimizar todos los recursos (humanos, materiales y financieros) destinados al DIB.

Una de las actividades que involucra al ingeniero biomédico dentro del ámbito hospitalario es la relacionada con los procesos administrati-

vos de adquisición y manejo de la tecnología médica. Además de las bases adquiridas en ATM, tanto de administración como de evaluación y adquisición, el alumno debe familiarizarse con el proceso administrativo interno a fin de llevar a cabo la organización del DIB en sus diversas facetas, incluyendo entre otras funciones, el manejo de recursos, la elaboración de informes y la participación dentro de la disposición de presupuestos. La definición de políticas y procedimientos le permitirá sentar las bases para llevar un control efectivo de las actividades internas del DIB y de los servicios que éste presta al hospital. Cada DIB funciona bajo circunstancias diversas por lo que la determinación de su productividad es una tarea individual que sólo se logra cuando se conocen los aspectos para definirla. Asimismo se aborda la participación del ingeniero biomédico dentro de los comités hospitalarios de adquisiciones, seguridad, construcción, etc. (conformación, responsabilidades, interrelación, operación, etc.).

El ingeniero clínico requiere, además de los conocimientos básicos sobre seguridad, conceptos sobre el diseño, desarrollo, instrumentación, dirección y control de programas de seguridad que integren las políticas y procedimientos propios de la institución hospitalaria. Se consideran temas como la detección y el análisis de riesgos; la evaluación y el reporte de incidentes y la participación en el comité de seguridad.

Para el *diseño de áreas* clínicas se incluyen los temas relacionados con el proceso de remodelación y/o construcción, remarcando los componentes (análisis de necesidades y requerimientos, normas y especificaciones de áreas clínicas) en los que el ingeniero biomédico participa, incluyendo la descripción e importancia de contar con un comité de construcción. Asimismo, se incorporaron temas de *evaluación y dirección de proyectos*, contemplando la evaluación inicial, tanto operativa como de costos, y procedimientos como la ruta de camino crítico.

Los ingenieros biomédicos deben incidir en la capacitación del personal médico y paramédico en las cuestiones relacionadas con tecnología médica, incluyendo seguridad. Actualmente, mucha de la capacitación que realizan los DIB no se encuentra conformada dentro de un programa específico. El alumno debe conocer y ser capaz de colaborar en el diseño y aplicación de programas integrales de capacitación. Además del programa de capacitación al per-

sonal médico y paramédico, se consideran los programas de capacitación continua del personal del DIB y la colaboración en programas externos con los que cuente el departamento de enseñanza de la institución de salud. Un tema importante a incluir en este rubro es el de estrategias y técnicas de enseñanza, incluyendo los criterios de diseño para el material de apoyo.

Es importante destacar que la investigación que se realiza en los DIB de los hospitales públicos donde se aplicó la encuesta es baja, a pesar de pertenecer a instituciones del tercer nivel de atención. Esta misma tendencia se observó en los DIB de los hospitales privados. Sin embargo, se reconoce la importancia de aumentar las actividades de investigación. En este sentido, dentro de la temática propuesta se incluyen dos temas relacionados: uno descriptivo sobre las posibilidades de investigación, su importancia y la incidencia posible y otro formativo sobre la metodología de la investigación.

El proceso de enseñanza-aprendizaje. Para que la adquisición del conocimiento sea adecuada, en todos los casos se considera necesario incluir tiempo de teoría y de práctica. Para los temas de IMH, ATM y SIH, es muy importante considerar dentro del tiempo de práctica, visitas a diversos centros de salud e inclusive a empresas relacionadas con las instalaciones y equipo médico, que sean proveedores del bien o presten servicios de mantenimiento, calibración, verificación de condiciones de seguridad, asesoría, etc. Por otro lado, es de gran utilidad contar con diversas conferencias que permitan al alumno tener contacto con los profesionales directamente relacionados con el área.

Además, para los temas relacionados con ingeniería clínica es indispensable contar con un tiempo considerable de estancia hospitalaria, donde el alumno se relacione en forma directa con la problemática que se presenta en las instituciones de salud. Se propone además que participe en el desarrollo de un proyecto en el que proponga una solución a un problema específico del hospital donde desarrolle su estancia. La participación en este proyecto le permitirá inte-

grar sus conocimientos y aplicar la metodología de la investigación.

CONCLUSIONES

En este trabajo se corroboró que existe una clara vinculación del ingeniero biomédico con el medio hospitalario en el ejercicio de su profesión; de aquí la importancia de tener conocimiento sobre dicho entorno. En este sentido, se propone la temática relacionada con el medio hospitalario para la formación de ingenieros biomédicos. Ésta se dividió en dos partes, una definida a partir de la encuesta aplicada a los egresados que incluye conocimientos generales que todos los ingenieros biomédicos requieren, y otra más específica para la preparación de ingenieros clínicos generada a partir de los resultados de la evaluación de los DIB en los diferentes hospitales. Ambas partes de la temática fueron enriquecidas con el conocimiento sobre la tendencia mundial de la ingeniería clínica, así como la experiencia docente dentro de la UAM-I. Finalmente, se puede afirmar que la temática propuesta contribuirá en la definición de un programa integral y completo para la formación de recursos humanos en ingeniería biomédica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yadin D. "Clinical Engineering" En: Handbook of Biomedical Engineering, Bronzino J, editor, CRC (Boca Ratón), 1995, p. 2505-2608
2. Barquín CM, "Sistemas y servicios de salud" En: Dirección de hospitales. Sistemas de atención médica. 5ª edición, Editorial Interamericana (México), 1985, p. 1-27
3. Webster J., "The Clinical Engineering Program" En: Clinical Engineering: Principles and Practices, Prntence-Hall, USA, 1979, p. 119-142
4. Secretaría de Salud, Ley de Institutos Nacionales, <http://www.ssa.gob>
5. XXII Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society. Memorias. Chicago Il. 2000.
6. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Plan de estudios de la licenciatura en ingeniería biomédica <http://www.iztapalapa.uam.mx>
7. Universidad Iberoamericana, Plan de estudios de la licenciatura en ingeniería biomédica <http://www.uia.mx>
8. Instituto Politécnico Nacional. Plan de estudios de la licenciatura en ingeniería biomédica <http://www.upibi.ipn.mx>