

Ingeniería clínica. Fundamentos para la implementación de la tecnología en los hospitales

Fernando Prieto Hernández,* J. Raúl Rosete Uribe**

Resumen

Hace casi cinco años, mediante un convenio entre la Universidad Autónoma Metropolitana y el Patronato del Hospital General de México, A. C., fue llevado a la práctica el proyecto de un servicio de ingeniería clínica en el Hospital General de México de la Secretaría de Salud.

Se presenta el resultado de más de dos años del servicio, cuyos objetivos son: mejorar la implementación de los equipos médicos en el hospital, tanto la selección, la adquisición, la instalación, el control de calidad, el uso y la conservación, así como la educación, la investigación y el desarrollo en materia de recursos tecnológicos para la atención de la salud y servicios auxiliares.

En este periodo de arranque se han obtenido resultados interesantes en cada una de las áreas de la ingeniería clínica, mismos que deseamos compartir con la comunidad médica.

Palabras clave: *Ingeniería clínica, ingeniería biomédica, gerencia de tecnología para la salud.*

Summary

A new clinical engineering service was started in the Hospital General de México, almost 5 years ago, with the technical assistance of Universidad Autónoma Metropolitana and financial support of Patronato del Hospital General de México, A.C.

The purpose of such service is to improve all aspects of medical device management in the hospital, i.e., selection, acquisition, installation, quality control, use and maintenance. The project also includes education, research and development related to health care technology.

Interesting results have been obtained in each of the areas of clinical engineering, even during the early stages. They are herein presented to the medical community.

Key words: *Clinical engineering, biomedical engineering, medical device management, health care technology management.*

* Departamento de Ingeniería Biomédica, Hospital General de México

** Ph.D.; Ingeniero Clínico Certificado (CCE) por el Colegio Americano de Ingenieros Clínicos (ACCE)
Ingeniero Biomédico

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Ingeniería Biomédica, Hospital General de México. Doctor Balmis 148, Colonia Doctores, 06720. México, D.F. Tel. 761-4219 Fax. 578-5096

Introducción

La ingeniería clínica o ingeniería biomédica hospitalaria, es el empleo combinado de los conocimientos científicos, tecnológicos y administrativos, para su aplicación segura y efectiva, en los servicios de atención de la salud.

No se concibe un sistema moderno de atención de la salud sin los servicios de la ingeniería clínica; mismos que se organizan en los niveles nacional, regional y local.^{1,2,3}

Todo hospital requiere de un sistema que asegure la excelencia en los procedimientos de selección, adquisición, instalación, control de calidad, uso y conservación de los equipos médicos del hospital.^{4,5} Existen sociedades y organizaciones internacionales dedicadas al desarrollo y normalización de cada una de dichas actividades, así como a la producción de sistemas de clasificación, nomenclatura, control y comunicación de experiencias, que incluyen todo tipo de equipos o dispositivos empleados en la atención de salud y en los servicios de apoyo a la misma. El interés en estos temas es universal, tanto entre los prestadores de servicios médicos, como entre los fabricantes de equipo médico e instalaciones hospitalarias.

Se define como **equipo médico** a los "dispositivos, aparatos o sistemas utilizados para prevenir, diagnosticar o tratar la enfermedad, y que no se administran normalmente por las vías metabólicas" (en cuyo caso se trataría de fármacos).⁶

Según ECRI, una empresa no lucrativa que colabora con la Organización Mundial de la Salud, existen aproximadamente 4000 diferentes tipos de equipos médicos; van desde los simples productos desechables, como abatelenguas y apósitos de gasa, los implantes, como prótesis de cadera o marcapasos cardíacos, hasta sistemas complicados, como analizadores de química sanguínea y aparatos de tomografía computada. Incluyen también *kits* de diagnóstico, que utilizan tanto los profesionales de la salud como los pacientes.⁵

La administración moderna emplea cada vez con mayor frecuencia el término "**gerencia**" para designar un nivel alto en la teoría y práctica administrativa y se enfatiza lo que actualmente se conoce como "**aseguramiento de la calidad**" del proceso o sistema que se administra.⁷⁻¹⁰

La gerencia debe especificar las obligaciones y las responsabilidades de quienes intervienen en el proceso, asegurarse de que se den las condiciones necesarias para obtener un producto o servicio de calidad, minimizar la posibilidad de falla, comprobar que se obtengan los resultados esperados y en caso necesario, difundir la información y tomar las medidas necesarias para evitar y controlar los riesgos residuales.

Los procedimientos médicos, quirúrgicos y auxiliares de diagnóstico y tratamiento, han alcanzado un alto nivel técnico, de manera que los aspectos básicos de ingeniería de los mismos no son del dominio del personal encargado de aplicarlos. Muchos de estos procedimientos son capaces, no solamente de ayudar en la atención del paciente, sino de causarle daño o aun la muerte, si no se toman las debidas precauciones que aseguren el funcionamiento correcto del equipo, su ubicación, instalación y uso adecuados. Es indispensable una estrategia no solamente médica sino también tecnológica y de gerencia. Este es el campo de la ingeniería clínica.

Hace casi cinco años, mediante un convenio con la Universidad Autónoma Metropolitana y con donación del Patronato del Hospital General de México, A. C., fue llevado a la práctica el proyecto de un servicio de ingeniería clínica en el Hospital de México de la Secretaría de Salud. Los objetivos de dicho servicio son: mejorar la administración de los equipos médicos en el hospital, tanto en la selección, adquisición, instalación, control de calidad, uso y conservación, como en la educación, investigación y desarrollo en materia de recursos tecnológicos para la atención de la salud y servicios auxiliares.

El presente trabajo presenta los resultados de la operación del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital General de México, desde septiembre de 1991 hasta diciembre de 1993.

Propósito del trabajo

Nos proponemos presentar y evaluar los resultados obtenidos:

1. Gerencia de tecnología de equipo médico
a. Selección y adquisición

- b. Instalación
 - c. Control de calidad
 - d. Capacitación y documentación
 - e. Conservación
2. Docencia de la tecnología de equipo médico
 3. Diseño y desarrollo tecnológico

También se presenta la evolución de los resultados que arroja nuestro sistema de evaluación del desempeño del servicio, contra metas específicas, como son:

- Incremento eficaz del mantenimiento medida por el número de solicitudes de servicio atendidas, el tiempo medio por servicio y la proporción de las solicitudes atendidas sobre las recibidas.
- Reducción del costo del mantenimiento del equipo médico, medido por el costo medio por solicitud de servicio atendida.
- Mejoría en el control sobre el uso del equipo médico, medido por el número de pruebas de control de calidad realizadas, número de proyectos de seguridad y calidad concluidos, resultados en las pruebas y proyectos de control de calidad y seguridad.
- Apoyo a la formación de recursos humanos en ingeniería biomédica en los niveles técnico, profesional y de posgrado, el número de cursos impartidos, el número de estudiantes atendidos en cursos, prácticas escolares, proyectos terminales y tesis.
- Desarrollo técnico, medido por el número de proyectos de diseño construidos y probados.

Resultados

La información aquí presentada proviene de las siguientes fuentes:

- a) Los informes de actividades del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital General de México.
- b) La base de datos de los equipos médicos del Hospital General de México.¹¹
- c) Los informes estadísticos del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital General de México.

Gerencia de tecnología de equipo médico Selección y adquisición

La Dirección Médica del Hospital General de México, fue apoyada por el área de Ingeniería Biomédica siempre que fue necesario elaborar listados de los equipos para su selección y adquisición; en los listados se describieron y se especificaron los equipos de acuerdo a lo solicitado por cada servicio. Se estableció comunicación directa con cada jefe de servicio, a fin de que las especificaciones fuesen lo más precisas posible; se participó así, en la selección y decisión de compra de equipos en los años 1990 a 1991, por valor aproximado equivalente a los cuatro millones de nuevos pesos al año.

La Dirección de Administración del Hospital, por medio de la Subdirección de Recursos Materiales, recibió apoyo de Ingeniería Biomédica siempre que se requirió establecer decisiones de compra de equipo médico. Ingeniería Biomédica proporcionó cuadros comparativos de equipos, así como guías de precios. Para esto, ha sido de mucha utilidad el sistema de información denominado *Health Devices*, de la compañía ECRI. Del sistema podemos obtener cuadros comparativos de muy diversos equipos, información sobre especificaciones como de proveedores, precios y otros aspectos de interés.

En el bimestre noviembre-diciembre de 1993, se elaboró el listado con especificaciones de 141 renglones de equipo médico diverso y de 843 renglones de instrumental quirúrgico, también se asesoró a la Dirección Médica y a la Dirección de Administración del Hospital, en todo el proceso de concurso de dicho equipo, por un costo global cercano a los 30 millones de nuevos pesos.

Instalación

La Dirección de Administración, por medio de la Subdirección de Conservación y Mantenimiento, obtuvo asesoría respecto a las instalaciones requeridas para dos autoanalizadores y una central de monitoreo. Ingeniería Biomédica participó directamente en la instalación de dos reveladores de placas radiográficas y tres unidades dentales.

Control de calidad

Aún no se ha establecido ningún programa de control de calidad en el uso de equipo médico. Contamos ya con los programas ECRI de Inspección y Mantenimiento Preventivo y se ha adquirido, mediante una donación de la Lotería Nacional, el equipo de prueba necesario para implantarlos junto con los controles de calidad respectivos.

Uso

Han sido muchos los casos en donde los usuarios del equipo médico del Hospital General, han recibido instrucciones y comentarios directos del personal de Ingeniería Biomédica, respecto a la mejor forma de utilizar y cuidar a sus equipos.

Los técnicos de Ingeniería Biomédica no permanecen en los talleres ni en las instalaciones del servicio, sino que al acudir a los servicios clínicos, tienen la oportunidad de establecer comunicación personal con los usuarios del equipo; el conocimiento directo de las condiciones de trabajo de los equipos resulta crucial en el funcionamiento de la ingeniería clínica, diferente de la que ejerce un servicio de mantenimiento, el cual sólo atiende equipos, pero en general no se ocupa de los usuarios.

Se ha impartido un total de 24 cursos especiales a los usuarios del equipo que han cubierto diferentes temas, como Gases médicos y aparatos de electrocirugía.

En cuanto se recibe información relevante sobre algún equipo médico, se envía copia o relación de la misma a los servicios involucrados, esto incluye el índice de la revista *Health Devices*.

Conservación y mantenimiento

Entre el 2 de mayo de 1991 y el 31 de diciembre de 1993, se han atendido 2923 solicitudes de servicio. De ellos 1611 corresponden al período que se estudia en el presente artículo (informes estadísticos desde noviembre 1991 hasta diciembre 1993, excepto los meses de febrero y marzo de 1992 y de abril a junio de 1993, en los que no se elaboró informe, por haber existido dificultades en nuestros sistemas de información). Únicamente un 3 por ciento de las solicitudes ameritó su envío

a un prestador externo de servicios. Hay que aclarar, sin embargo, que varios equipos del hospital se encuentran bajo contrato de mantenimiento y no se contabilizó ese trabajo, ya que no poseemos información al respecto.

Los cuadros I al VI, muestran la evolución entre el primero y el séptimo informe estadístico trimestral de mantenimiento correctivo. De ellos vale la pena destacar lo siguiente:

- El número de equipos oscila en los diversos trimestres sin que se observe alguna variación estacional clara. La proporción de equipos que son entregados en el mismo trimestre en el que se les recibe, se incrementó del 79 al 97 por ciento. (Cuadro I)

**Cuadro I. Mantenimiento correctivo
(Resumen estadístico)**

| | Recibidas | | Entregadas | |
|---------------------------|-------------|-------------|---------------|-----------|
| | Solicitudes | Equipos | Solicitudes % | Equipos % |
| Ordenes de trabajo | | | | |
| 1991-1992 | | | | |
| Nov-Ene | 220 | 302 | 80 | 79 |
| Abr-Jun | 283 | 440 | 91 | 85 |
| Jul-Sep | 173 | 209 | 95 | 90 |
| Oct-Dic | 215 | 329 | 94 | 96 |
| 1993 | | | | |
| Ene-Mar | 306 | 498 | 88 | 86 |
| Abr-Jun* | | | | |
| Jul-Sep | 230 | 309 | 93 | 94 |
| Oct-Dic | 184 | 260 | 93 | 97 |
| Total | 1611 | 2347 | 91 | 90 |

* No se elaboró informe en este trimestre

- El número de horas de mano de obra efectivas por equipo, que refleja en cierta forma el grado de complejidad del trabajo, ha ido también en aumento, de 0.61 a 1.87 en el período comprendido por este trabajo. El tiempo en que el equipo permanece en el taller, ha descendido en promedio, de 12 a 3 días. (Cuadro II)

**Cuadro II. Mantenimiento correctivo
(Promedio de tiempo)**

| | Plazo de entrega en días | Horas de mano de obra por equipo |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1991-1992 | | |
| Nov-Ene | 11.6 | 0.61 |
| Abr-Jun | 9.3 | 0.92 |
| Jul-Sep | 2.7 | 0.88 |
| Oct-Dic | 5.0 | 1.70 |
| 1993 | | |
| Ene-Mar | 4.0 | 1.36 |
| Abr-Jun* | | |
| Jul-Sep | 4.2 | 1.74 |
| Oct-Dic | 3.0 | 1.87 |

* No se elaboró informe en este trimestre

c) Los costos de materiales por equipo no se han incrementado en términos reales. Los costos de mano de obra han disminuido en términos absolutos de N\$47.69 a N\$23.06, lo que refleja mayor productividad y eficiencia de nuestro personal. (Cuadro III)

**Cuadro III. Mantenimiento correctivo
(Costos promedio)**

| | Mano de obra Costo promedio | Materiales Promedio por equipo |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1991-1992 | | |
| Nov-Ene | 47.69 | 38.17 |
| Abr-Jun | 28.00 | 21.44 |
| Jul-Sep | 54.54 | 20.13 |
| Oct-Dic | 25.96 | 29.22 |
| 1993 | | |
| Ene-Mar | 24.00 | 27.00 |
| Abr-Jun* | | |
| Jul-Sep | 22.64 | 43.34 |
| Oct-Dic | 23.06 | 21.83 |

* No se elaboró informe en este trimestre

Nota: cifras en miles de pesos o en nuevos pesos

La siguiente lista resume las labores docentes realizadas en el período comprendido en este trabajo:

- Estudiantes técnicos en curso académico 55
- Estudiantes técnicos en servicio social 36
- Estudiantes técnicos en prácticas escolares 24
- Estudiantes de ingeniería en curso académico 11
- Estudiantes de ingeniería en proyecto terminal o tesis 5
- Personal del Hospital General en cursos de actualización (personas horas) 599
- Personal de ingeniería biomédica en cursos de actualización (personas horas) 480

Diseño y desarrollo tecnológico

En el período que comprende este artículo, se realizó el diseño y manufactura de 24 diferentes aditamentos que comprenden entre otros: adaptadores para conexión de electrodos, cubiertas de acrílico para facilitar la toma de radiografías transoperatorias, sistema para cambiar pacientes de una camilla a otra, bastidor radioopaco posicionable, ejes excéntricos para sierras oscilantes, tarjeta de control de aspiradores térmicos, extractor de plasma, control de velocidad para centrifugas, protector posicionable contra radiación, en roentgenterapia, palanca acrílica de repuesto para bombas de infusión, sistema de poleas para tracción ortopédica, prototipo de esfinter uretral implantable.

Con la realización de proyectos terminales de licenciatura en ingeniería, se ha producido un sistema automatizado para pruebas funcionales pulmonares¹² y un sistema automatizado para electroencefalografía clínica.¹³

Se diseñó en detalle toda la red de transmisión digital de datos del hospital, que consta de un anillo de fibra óptica de más de 1 kilómetro de longitud, conectado en diversas redes locales de cable. Esto hizo factible un concurso público con una definición muy exacta del sistema solicitado. La red ha sido ya prácticamente terminada por el proveedor y permitirá regular la transmisión rápida de información digital para uso administrativo, técnico, clínico y científico, incluyendo imágenes médicas y didácticas digitalizadas.

Desempeño

Los cuadros IV y V condensan la información contable contenida en los informes de actividades entre septiembre de 1991 y diciembre de 1993. Se comentan a continuación:

a) El cuadro IV estima el valor monetario de la producción del Departamento.

Se ha procurado conocer las tarifas existentes en el mercado del ramo y tasar nuestra producción por la mínima conocida.

En la columna de docencia se tabularon únicamente los cursos formales impartidos directamente por nosotros al personal del hospital, no así los cursos a estudiantes de escuelas técnicas o profesionales, ni la asesoría a estudiantes que elaboran tesis o proyectos escolares o que realizan servicio social, cuyo número se desglosó en un inciso previo.

En la columna de servicios se incluyen los de asesoría, elaboración o traducción de manuales, así como la participación en las funciones administrativas del hospital relacionadas con la selección, adquisición, recepción o instalación de equipo y con el diseño de áreas e instalaciones hospitalarias.

Mientras que en varias columnas se observa una variación irregular, la de mantenimiento muestra un incremento casi constante, habiéndose elevado en más de 4 veces su valor, principalmente por el mayor número de horas de mano de obra efectivas por equipo.

b) El cuadro V muestra la evolución en los costos de operación del Departamento y el balance resultante de sumar el valor estimado de la producción, con los ingresos directos de bienes o efectivo, por medio de donaciones y de susstraer los costos de operación. Nótese que este balance ha ido en aumento a pesar de existir bimestres con balance negativo.

**Cuadro IV. Ingeniería clínica
(Balance financiero)**

| | Producción* | | | |
|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| | Docencia | Mantenimiento | Servicios | Manufactura |
| 1991 | | | | |
| Sep-Oct | 6.8 | 15.5 | 1.1 | 2.7 |
| Nov-Dic | 0.0 | 18.2 | 0.0 | 0.6 |
| 1992 | | | | |
| Ene-Feb | 1.1 | 21.8 | 0.5 | 3.0 |
| Mar-Abr | 0.3 | 17.4 | 0.6 | 1.5 |
| May-Jun | 0.1 | 23.7 | 6.1 | 0.2 |
| Jul-Ago | 6.4 | 23.4 | 7.2 | 4.1 |
| Sep-Oct | 1.7 | 13.8 | 0.3 | 5.5 |
| Nov-Dic | 3.4 | 9.5 | 1.4 | 0.0 |
| 1993 | | | | |
| Ene-Feb | 0.0 | 33.8 | 0.0 | 5.8 |
| Mar-Abr | 0.2 | 35.4 | 0.7 | 21.8 |
| May-Jun | 7.4 | 33.2 | 6.0 | 8.8 |
| Jul-Ago | 0.0 | 64.7 | 63.0 | 10.6 |
| Sep-Dic** | 0.0 | 67.4 | 14.8 | 0.0 |
| Total | 27.4 | 377.8 | 101.7 | 64.6 |

*Valor mínimo en el mercado, estimado para la producción del Departamento

Nota: cifras en millones de pesos o en miles de nuevos pesos

** Se rindió informe cuatrimestral

**Cuadro V. Ingeniería clínica
(Balance Financiero)**

| | Costo de operación* | Balance** |
|--------------|---------------------|--------------|
| 1991 | | |
| Sep-Oct | 20.7 | 6.2 |
| Nov-Dic | 19.1 | -0.3 |
| 1992 | | |
| Ene-Feb | 23.9 | 4.0 |
| Mar-Abr | 25.8 | 9.6 |
| May-Jun | 22.5 | 8.3 |
| Jul-Ago | 23.4 | 18.4 |
| Sep-Oct | 28.7 | -7.4 |
| Nov-Dic | 24.4 | -10.1 |
| 1993 | | |
| Ene-Feb | 26.8 | 12.8 |
| Mar-Abr | 25.5 | 32.6 |
| May-Jun | 33.3 | 32.1 |
| Jul-Ago | 38.9 | 302.4 |
| Sep-Dic*** | 62.8 | 19.5 |
| Total | 375.8 | 428.1 |

* Incluye salarios más gastos totales del Departamento

** Producción más ingresos del Departamento (principalmente donaciones) menos costos de operación

*** Se rindió informe cuatrimestral

Dos factores explican el balance tan positivo en el bimestre julio-agosto 1993: la donación de 200 mil nuevos pesos realizada por la Lotería Nacional para la Asistencia Pública a nuestro proyecto de control de calidad y el valor atribuido a la elaboración del plan de inversiones en equipo médico para 1993.

Globalmente, la producción del departamento en el período que se estudia, se estimó en 572 mil nuevos pesos, es decir, 196 mil nuevos pesos por arriba de los gastos contabilizados. Las donaciones recibidas en ese lapso sumaron 232 mil nuevos pesos, lo que explica el balance global estimado de 428 mil nuevos pesos. Todas estas son cifras absolutas, sin corregir a causa de la inflación. (cuadros IV y V)

Discusión

México ha aprendido, no sin dolor, acerca de la necesidad que la modernidad trae consigo, respecto a establecer medidas de control y seguridad, comprendiendo la necesidad de preparar acciones de emergencia para evitar las trágicas consecuencias de los desastres naturales o de los provocados en el contexto del desarrollo industrial. A pesar de ello, todavía no existe un sistema para la gerencia de los recursos tecnológicos en los centros de atención médica, ni para el control de los riesgos que dichos recursos traen consigo.

Las labores de la ingeniería clínica han sido improvisadas de alguna manera en nuestros hospitales; sin embargo, del mismo modo que no es lo óptimo el dibujar tomando el lápiz con el pie cuando se puede utilizar la mano, tampoco es óptimo administrar un hospital sin un servicio completo de ingeniería biomédica. No sólo eso, sino que esa omisión puede resultar en accidentes graves, en pérdida de vidas humanas y en desperdicio de recursos.

La ingeniería biomédica, como todo el sistema hospitalario, tiene como finalidad última, la mejor atención al paciente; para lograrla, creemos necesario actuar equilibradamente en varios aspectos, como son: servicio, docencia, información, consultoría, investigación y desarrollo. Nos parece importante enfatizar el garantizar la calidad, cuya falla implicaría riesgos serios para los pacientes y para el personal hospitalario, así como los costos incalculables. La calidad no sólo evita dichos riesgos y costos, sino que de ella depende el valor del servicio asistencial al enfermo y la confianza en el hospital como centro de docencia y de investigación.

El presente trabajo demuestra los resultados del establecimiento de un servicio de ingeniería biomédica hospitalaria en el corto plazo. Nos parece que son elocuentes por sí mismos. Hemos mostrado de manera cuantitativa la viabilidad económica de los servicios de ingeniería clínica, la extensión, que rebasa en muchos aspectos, al mantenimiento o a la conservación del equipo médico.

Aún falta mucho por realizar, sobre todo en el terreno de la docencia y la capacitación, del control de la calidad técnica de los servicios médicos y auxiliares y del desarrollo de equipos y técnicas. Son metas que no se alcanzan en pocos meses y que requieren una actividad constante, así como el acopio paciente de recursos (personal, sistemas, información, comunicación, aparatos, financiamiento).

La producción del Departamento se ha dedicado predominantemente a los servicios de mantenimiento correctivo, en este aspecto es en el que se observa mayor consistencia y crecimiento. Esto es explicable dado que en ese renglón la demanda es constante.

Consideramos importante la labor realizada en la gerencia de tecnología, así como en la docencia, el diseño, el desarrollo y la manufactura. Consideramos que para incrementar la productividad en estos aspectos, el Departamento deberá asumir un papel todavía más activo, proponiendo proyectos a los servicios, de acuerdo con las necesidades observadas.

Aún en el terreno de la conservación de equipo, puede influirse en la demanda y ampliar la cobertura, asumiendo el servicio de nuevas clases de equipo, que hoy están bajo contrato, e iniciando programas de inspección y mantenimiento preventivo.

En el segundo trimestre de 1993 se ha iniciado, con la Dirección de Administración, un programa especial tendiente a reducir, racionalizar y redistribuir los gastos por mantenimiento, así como a obtener, a partir de las condiciones de compra de equipo nuevo, información técnica y entrenamiento para nuestro personal, a un alto nivel.

La información presentada refleja nuestra preocupación por apoyar la formación de recursos humanos. Es constante la presencia de estudiantes en nuestras instalaciones. Las cifras no son, tal vez muy impresionantes, pero nos parecen un buen inicio.

Los diseños y desarrollos producidos han resuelto problemas prácticos del Hospital y van desde los de baja tecnología, hasta los de mayor importancia técnica, como los de pruebas funcionales pulmonares y electroencefalografía, o los experimentales, como el esfínter uretral artificial.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro reconocimiento a la Ingeniero Patricia Díaz Ceballos, quien participó con entusiasmo en los primeros 15 meses de existencia del Departamento. A todo el personal del Departamento se debe su éxito operativo. Debemos mencionar la trascendencia del apoyo de los doctores Raúl Cicero Sabido y José Kuthy Porter, de los miembros del Patronato del Hospital General de México, A.C., en especial el del Ingeniero Sergio González Karg y los señores Alfredo Miguel Afif y Rolando Vega Iñiguez. El doctor José Luis Ramírez Arias, actual Director General de México ha sido un decidido impulsor de este Departamento.

Referencias

1. **Irnich W.** Structuring of service centers for economic and equipment efficiency. *Med & Biol Eng & Comput* 1989, 27:69-74.
2. **Scaffer M.J.** Clinical engineering cost-effectiveness measurements in the USA. *Med & Biol Eng & Comput* 1985, 23: 505-510
3. **Judd T.M.** Clinical engineering in the Southeast. *Journal of Clinical Engineering* 1983, 8(1): 31-38.
4. **Association for the Advancement of Medical Instrumentation.** Guideline for Establishing and Administering Medical Instrumentation Maintenance Programs. AAMI RECOMMENDED PRACTICE (AAMI MIM 3/84), 1984.
5. **Simendinger EA, Carver ME, Wood LM.** Developing a Strategy for Managing the Hospital's Growing Technology. *J Clin Eng* 1983, 8(2): 109-117.
6. **Universal Medical Device Nomenclature System.** Plymouth Meeting PA, ECRI, 1992.
7. **Starr MK Management.** A Modern Approach. New York, Harcourt Brace Jovanovich, 1971:716.
8. **Griffin RW.** Management. Boston, Houghton Mifflin, 1984:754
9. **Elkins A.** Administración y Gerencia. México, Fondo Educativo Interamericano, 1984:559
10. **Losfstedt L.** Introduction to QA. en: Training Programme. Biomedical Engineering. Malm+, SwedeHealth South AB, 1990.
11. **Prieto F y cols.** Relational Data-Base Handling Program for Medical Equipment Control in a 1200-Bed Teaching Hospital in Mexico City. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 1991, 13(3): 1367-1368.
12. **Reséndiz CR y Saucedo CM.** Diseño e Implementación de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de una Señal Espirométrica. Licenciatura en Ingeniería en Computación. UNAM. Facultad de Ingeniería. 1992.
13. **Thomassigny P.** Realisation d'un système d'acquisition et traitement de signaux EEG. Projet de Fin d'Etudes. Génie Biomedicale. Université de Technologie de Compiègne. 1992.