

# El Ingeniero Clínico y su rol en un Hospital

Rodrigo Taborda – [rodrigotaborda@gmail.com](mailto:rodrigotaborda@gmail.com)

Monografía vinculada a la conferencia del Ing. Valerio Di Virgilio sobre “La vida del equipamiento biomédico en un Hospital General desde la concepción hasta el despacho” del 21 de marzo de 2006.

**Resumen**—Se pretende mostrar la importancia de un Departamento Clínico en un hospital para que se ocupe de la Gestión Tecnológica Hospitalaria, auxiliando al staff medico con el objetivo de mejorar la atención a costos óptimos.

**Palabras clave**—Equipo medico, Ingeniero Clínico,

## I. INTRODUCCION

El desempeño de los equipos biomédicos puede ser evaluado desde diversos ángulos, en particular son de interés los aspectos técnico, clínico y económico. Para las instituciones de salud es de importancia conocer el estado físico y funcional que guardan sus equipos en relación con su capacidad de satisfacer las necesidades clínicas para las que fueron adquiridos y la conveniencia económica de su funcionamiento. Regularmente, estas instituciones basan sus decisiones de mantener con vida y/o reubicar sus equipos biomédicos en la experiencia o en criterios cualitativos, en muchos casos ressegados por presiones comerciales, el poder (jerarquía) de los médicos en la toma de estas decisiones y modas en las técnicas médicas. En instituciones de alta capacidad instalada, en donde la cantidad de equipos se cuenta por cientos, la tarea de evaluarlos periódicamente se complica y requiere de una forma ordenada de obtener datos a partir de variables cuantitativas que permiten medir los aspectos relevantes de cada equipo.

## II. DATOS UTILES

### A. Definición de equipo medico.

“Aparato eléctrico, unido de una conexión a una particular red de alimentación destinada al diagnóstico, al tratamiento o a

Esta monografía fue realizada como trabajo final de la asignatura Seminario de Ingeniería Biomédica, perteneciente al NIB, dictada por el Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, universidad de la República ([www.nib.fmed.edu.uy](http://www.nib.fmed.edu.uy)). Docente responsable: Ing. Franco Simini

la vigilancia del paciente bajo la supervisión de un médico, que entra en contacto físico o eléctrico con el paciente y/o transfiere energía a través del paciente y/o revela una determinada transferencia de energía a través o del paciente.”

### B. Ingeniero Clínico

En general el Ingeniero Clínico es un especialista con capacidad de gerenciar sistemas de mantenimiento preventivo y correctivo, adiestrar el personal relacionado con la instalación y realizar pequeños desarrollos, todo ello dentro del ámbito hospitalario con relaciones costo/beneficio óptimas.

### C. Algunas de las tareas que realiza un Ingeniero Clínico

El Ingeniero Clínico deberá estar preparado para:

- Coordinar las nuevas inversiones de tecnologías biomédicas, a fin de propiciar la mejor selección de acuerdo al crecimiento programado, procurando adecuadas garantías de mantenimiento del nuevo equipo a fin de asegurar su explotación durante toda su vida útil.
- Garantizar el cumplimiento de las normas para la seguridad de los equipos y las instalaciones, a fin de minimizar las causas de riesgo para pacientes y operadores. Ello incluye establecer programas de adiestramiento y capacitación relacionados con las normas de seguridad eléctrica del hospital, sistemas y equipos médicos.
- Investigar los accidentes y daños relativos a la instrumentación biomédica.
- Cumplir con los procedimientos metrológicos de verificación establecidos para la instrumentación biomédica.
- Coordinar y administrar los contratos de mantenimiento de la tecnología biomédica instalada.
- Programar y dirigir la ejecución del mantenimiento preventivo para el equipamiento médico instalado de acuerdo a las normativas oficiales vigentes y las recomendaciones del fabricante.
- Lograr pequeños desarrollos para dar solución a diferentes problemas que se presentan en el ámbito médico-hospitalario, propios del campo de la bioingeniería.
- Efectuar el mantenimiento correctivo del equipamiento que lo requiera.

### III. DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CLINICA

#### A. *La Ingeniería Clínica*

Una interesante experiencia de los países industrializados fue la de incorporar al hospital el área, departamento, servicio o especialidad de Ingeniería Clínica y al Ingeniero Clínico como especialista en el medio hospitalario.

El doctor César Cáceres, un cardiólogo, fue el primero en acuñar el término de Ingeniería Clínica en 1967 y dos años más tarde obtuvo fondos de la fundación Fannie E. Rippel para crear el primer departamento de ingeniería clínica en un hospital. La existencia de Ingenieros Clínicos fue formalmente reconocida por la Joint Commission on Accreditation of Hospital en su Manual de Acreditación en 1976.

El Ingeniero Clínico es un especialista surgido en un momento del desarrollo, como otros tantos ya existentes en los hospitales u otros más que seguirán apareciendo. Quizá lo único que pueda parecer extraño por ahora es que sea un especialista no tan de las Ciencias de la Vida y más de las Ciencias Técnicas, pero en esta era de unión de las Ciencias, las Ciencias Médicas no son una excepción y las llamadas Ciencias Interfaciales reclaman importantes espacios, no atender a este imperativo científico, es quedar a la zaga del desarrollo. Cada vez habrá más computación, más electrónica, más automática, más robótica, más cibernética, más biotecnología, más bioingeniería, más progreso y más y mejor vida.

La Ingeniería Clínica es la rama de la Bioingeniería que se ocupa de la Gestión Tecnológica Hospitalaria cuyo objetivo fundamental es alcanzar una atención de excelencia a costos razonables, mediante el empleo racional y eficiente de la tecnología.

#### B. *El papel de la tecnología*

##### B1)

Las tecnologías biomédicas incluyen los dispositivos, equipos, sistemas, programas, suministros, fármacos, biotecnológicos, así como los procedimientos médicos y quirúrgicos usados en la prevención, diagnóstico, y tratamiento de enfermedades en humanos. La aplicación de la tecnología a la medicina ha jugado un importante papel que continuará aumentando en el futuro. La tecnología médica contribuye a la prevención de enfermedades mediante la protección o disminución de los riesgos de ocurrencia, así como también permite limitar los impactos de las enfermedades. La tecnología es la principal herramienta del diagnóstico a fin de obtener los signos clínicos con el propósito de identificar la naturaleza, causa y extensión de un evento patológico. La tecnología contribuye asimismo al tratamiento por restauración, mejoramiento o sustitución de las funciones fisiológicas y corporales, así como previene de su deterioro o de dolor al individuo, garantizándole el disfrute de una adecuada calidad de vida. Gracias a su empleo la tecnología permite acortar el periodo de enfermedad o recuperación de los

individuos y su reincorporación a la sociedad. Hay abundantes ejemplos que demuestran como la medicina moderna está utilizando nuevos instrumentos para extender su poder de observación, manipulación y control. La mejor tecnología es aquella que con alta efectividad en la prevención, detección, análisis y tratamiento de enfermedades está también en función del incremento de la esperanza o calidad de vida, en función de prevenir la muerte prematura, en función de posibilitar el fácil y rápido acceso a los cuidados de salud y en función de incrementar el uso eficiente de los recursos.

La década pasada ha dejado un impresionante desarrollo de las tecnologías biomédicas, los países industrializados han reportado negocios millonarios en el área, algunos tienen en sus redes hospitalarias cientos de equipos de resonancia magnética nuclear y miles de tomógrafos computarizados.

De acuerdo al Food and Drug Administration (FDA), organismo que se encarga en los Estados Unidos del registro, control y certificación de los dispositivos médicos, en la actualidad existen más de 50 000 tipos diferentes de equipos médicos y cada año se agregan a este arsenal 5 000 nuevos productos. Todo esto, es debido a una fuerte relación entre la ingeniería y la medicina que ha dado origen, en los países industrializados, a un gran complejo médico-industrial.

Este relacionamiento ayudo al desarrollo de tecnologías aplicadas a la medicina en áreas como:

- Imagenología (radiología, mamografía, ecotomografía, escáner, ecodoppler color y colangioscopia)

- Diagnostico (ECG)

- Radioterapia

- Intervenciones (mesa de cirugía)

- Sustitución de funciones vitales (diálisis, ventilación pulmonar, sustitución de corazón con una maquina de circulación extracorpórea)

- Nutrición artificial (con las bomba de infusión volumétrica)

Un estudio realizado en 54 países, produjo dos conclusiones básicas: 1- El nivel de salud de la población viene determinado, en un país por los siguientes

factores en el orden indicado:

- a-) Educación

- b-) Vivienda

- c-) Nutrición

- d-) Urbanización

- e-) Recursos Médicos (incluida la tecnología)

2- Existe un óptimo en cuanto a inversiones en el sistema sanitario, a partir del cual sólo se consiguen mejoras marginales en el nivel de salud de la población, afectando cada vez a menos habitantes las mejoras (fig 1). De los estudios realizados, en relación con el uso de la tecnología biomédica, se ha comprobado que si establecer un diagnóstico con una probabilidad de acierto del 95 % cuesta cinco unidades, para obtener una certidumbre del 96 % es necesario invertir 500 unidades.

B2)

A pesar de todos los beneficios que trae la tecnología, sola no sirve ya que se necesita de personal capacitado para operarlos y mas importante aun la toma de decisiones clínicas importantes en momentos claves, que solo con experiencia y una buena formación académica pueden hacerlo

### C. Los sistemas sanitarios

El Sistema Sanitario es el conjunto de instituciones de un país que se ocupan del estudio, prevención, control y curación de las enfermedades. La llamada sociedad moderna está en una constante búsqueda a fin de incrementar la calidad y mejorar la eficiencia de los Sistemas Sanitarios y aunque muchas estrategias y experiencias han sido aplicadas el modelo óptimo aún no ha sido encontrado.

Sin embargo los Sistemas Sanitarios actuales suelen estar más enfocados hacia la curación de la enfermedad que hacia su prevención, lo que determina que sean sistemas caros e intensivos en tecnología. La toma de conciencia por parte de los organismos internacionales de esta realidad ha conducido a desplazar la atención de muchos estados, hacia la intensificación de la asistencia primaria. La mayor atención hacia la asistencia primaria modifica, en parte, las prioridades tecnológicas, al crear un nuevo tipo de demanda que sin excluir la sofisticación técnica, prima la extensión del uso de esta, basándose en que resulta más barato prevenir que curar.

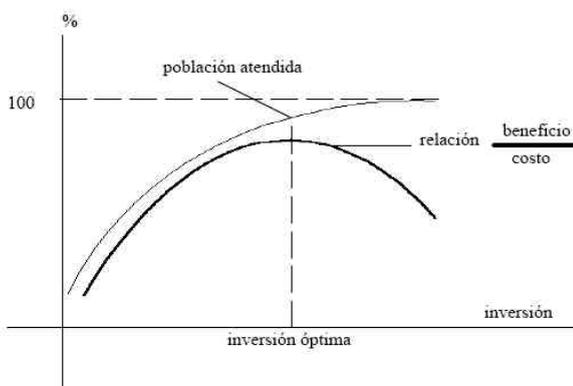


fig 1.1.- Relación beneficio costo de Tecnologías Biomédicas para el diagnóstico.

En la prestación de los servicios médico-asistenciales convergen múltiples factores tales como recursos humanos, financieros, administrativos, tecnológicos, biológicos, etc., los cuales para el análisis pueden agruparse en a) Factores Médico-biológicos, b) Factores Médico-administrativos y c) Factores Médico-tecnológicos. Por analogía, un Sistema de Salud lo podemos subdividir en tres sub-sistemas: Sub-sistema Médico-biológico, Subsistema Médico-administrativo y Sub-sistema Médico-tecnológico y a cada sub-sistema le corresponden aspectos que le son particulares y los cuales deben ser abordados por especialistas en cada disciplina.

Precisamente una de las grandes fallas de muchos Sistemas de Salud, sobre todo en países no desarrollados, es que sus recursos humanos sólo cubren los aspectos biológicos, es decir, médicos, bioanalistas, enfermeras, farmacéutas, etc., mientras otros profesionales como gerentes, administradores, ingenieros, son sólo casuales y su presencia no influye en el desenvolvimiento del sistema.

Sin embargo, cada día los avances en el campo de las tecnologías médicas son más espectaculares y por ende los equipos más sofisticados y costosos. Frecuentemente, en el desarrollo de estas tecnologías, se utilizan logros obtenidos dentro de las investigaciones de las Ciencias Técnicas y las Ciencias Exactas, por lo que sus principios de funcionamiento, en muchos casos, están fuera del alcance de los profesionales de las Ciencias de la Vida, quienes se convierten en meros usuarios.

No obstante, no es lo sofisticado de algunos equipos lo que justifica la presencia de profesionales de las Ciencias Técnicas en la medicina, sino la diversidad de tecnologías, su utilización, los estudios de costo-beneficio, el entrenamiento al personal médico y paramédico que actuarán como operadores, la preparación de técnicos encargados del mantenimiento y la calibración de los equipos y en particular la gestión especializada de la tecnología en el medio hospitalario, a fin de que la institución alcance el nivel de calidad ( y por que no de excelencia) que la sociedad le exige y espera de ella. Ello es, lo que condiciona sin prórroga ni dilaciones la inmediata vinculación de los profesionales de las Ciencias Técnicas y Exactas a los sistemas sanitarios y también demanda de una preparación adicional del profesional de las Ciencias de la Vida responsabilizado con el sector.

Tradicionalmente en nuestros países de Latinoamérica las instituciones médico asistenciales han sido planificadas y administradas exclusivamente por médicos, quienes se han visto obligados a asumir el papel que le correspondería a otros profesionales a causa de la no-existencia de recursos humanos especializados capaces de asumir tales funciones.

Por otra parte la indiferencia o falta de creatividad de las autoridades responsables de la prestación de los servicios médico-asistenciales, unido a la ineficiencia característica del subdesarrollo con los tradicionales problemas económicos de nuestras naciones que convierten en más costosas y en muchos casos inalcanzables las tecnologías biomédicas de las cuales Latinoamérica es totalmente dependiente, hacen del problema de la salud algo que pareciera no tener solución.

Un informe de la OMS, sobre dirección, mantenimiento y reparación de equipos utilizados en la salud, hacia el final de la pasada década señalaba, "que un país en desarrollo tendría raramente el 50% de sus equipos en estado de utilización... En algunos casos hasta el 80% pudieran estar inoperables".

El factor principal que determina esta desastrosa situación es la falta de calificación del personal médico y paramédico con relación a la utilización de nuevas tecnologías y la incapacidad

de generar desarrollos en el ámbito médico-hospitalario que puedan elevar la calidad de la atención.

Al respecto el informe de la OMS concluye; "el problema integro debe direccionarse en tres aspectos fundamentales: contar con una política comprensiva y entregada, una fuerte infraestructura técnica y un programa de desarrollo de especialistas determinado".

#### D. Ética

No todo esta limitado pura y exclusivamente a lo económico al momento de la compra de un equipo. En países como Uruguay, nuestro presupuesto volcado a la salud es del orden del 10% del P.B.I. , o sea que se trabaja con un presupuesto limitado. Si en lugar de comprar un equipo con muchas funciones innecesarias a un precio elevado, se compra dos del mismo tipo pero con las funciones básicas mas necesarias, pueden estar atendiendo a dos pacientes en lugar de a uno y esto puede significar salvarle la vida a una persona.

El tema de importancia en estos casos es usar bien los recursos disponibles en beneficio de las personas, tratando de aprovecharlos lo mejor posible.

#### E. Organización de la tarea de mantenimiento

##### E1) Requisitos del Mantenimiento

Los requisitos del Mantenimiento varían con el tipo de equipo. Algunos equipos tales como ventiladores, máquinas de diálisis y artículos similares requieren mantenimiento extensivo. Equipos mecánicos, neumáticos o hidráulicos requieren de alineación rutinaria o calibración por el personal de mantenimiento. Equipos como los monitores fisiológicos y las bombas de infusión necesitan

Solamente que sea comprobado su funcionamiento y su seguridad, por lo que tienen requisitos de mantenimiento promedio.

##### E2) Obtención o diseño de los procedimientos para las Inspecciones y Mantenimiento Preventivo de los Equipos Médicos y Entornos.

Los Procedimientos para el Mantenimiento deben ser obtenidos a partir del fabricante y/o agencias especializadas, los contenidos y la frecuencia de cada uno de ellos, no son estándares sino modelos sujetos a una adecuación particular para cada institución prestadora de servicios de salud, puesto que estos se confeccionan para las condiciones del país del diseñador y deben ser adaptados a las condiciones del usuario, lo cual puede ser un buen tema de seminarios, talleres, etc., donde los especialistas encargados del mantenimiento intercambien sus experiencias en cada región o país.

##### F. Criterio para dar de baja un equipo medico

Los fabricantes garantizan una vida útil del equipo. Luego de transcurrido ese periodo, es muy probable que los componentes eléctricos comiencen a fallar, y el desempeño de esta maquina deje de ser confiable y recomiendan darlo de

baja.

Este periodo de utilización puede ser controlado por un reloj interno que la mayoría de los aparatos tienen a la vista, el cual cuenta las horas que este ha estado en uso.

#### IV. EXPERIENCIA DE LA APLICACION DE LA ING. CLINICA EN LA CLINICA CENTRAL "CIRA GARCIA" (LA HABANA, CUBA)

En este trabajo se expone la labor realizada por el departamento de Ingeniería Clínica de la Clínica Central Cira García (CCCG). Se presentan los resultados de la aplicación de la Gestión Tecnológica en esta institución.

Los resultados obtenidos durante la etapa 2000-2002 se exponen a continuación.

- Se implementó una carta técnica para la evaluación de proveedores y equipos, ver tabla I

Tabla I Carta técnica para cada proveedor licitando equipo.

<b>Costo del Ciclo de Vida/Valor Presente Neto</b>	
Equipo: Analizador Hematológico Modelo: ABX Micros CT Firma: Roche	
Vida útil: 10	
Tasa de descuento: 10 %	
<b>Inversión</b>	
Costo de Adquisición: 24 314	
Entrenamiento del personal: usuario: X técnico: X	
Manuales de usuario y servicio: ambos	
Kit de mantenimiento: 12 meses	
Garantía: 12 meses	
Costos de Instalación: 450 USD	
Costos de operación (Salario+reactivos+electricidad)/año: 4000 USD	
Costos de Mito (labor +partes y componentes)/año: 500 USD	
<b>Ingresos por Conceptos de Exámenes/año realizados a pacientes.</b>	
(Precio Exámenes/día)*(20 días/mes)*(12 meses/año) = 50 000 USD	
Cantidad de Pacientes atendidos por año: 2000	
<b>Costo del Ciclo de Vida/Valor Presente Neto: (33864)/(271 286)</b>	

Esta carta técnica se llena para cada proveedor que presente una propuesta de equipo. Se calculan los costos y las condiciones de venta de cada proveedor, así como los ingresos en un año de explotación.

- Se realizaron adquisiciones de equipos médicos.

Se propuso por el departamento la compra de tres nuevas unidades Estomatológicas pues las existentes a pesar de que funcionaban ya estaban en mal estado.

A pesar de que el Analizador de Gases existente en el Laboratorio Clínico estaba funcionando se propuso cambiarlo por uno de tecnología más moderna que calculaba otros parámetros muy importantes para la seguridad de la vida del paciente en estado crítico o sometido a cirugía. Esto proporcionó un aumento en el costo de esta investigación pues ahora el resultado era más completo que con el equipo anterior.

Resultados obtenidos a partir de la utilización de esta metodología:

- Se disminuyeron los tiempos de rotura de los equipos.
- Se disminuyeron los tiempos de correctivo, en oposición se aumentaron los tiempos de preventivo.
- Decrecimiento en los gastos del departamento por el ahorro en materiales y piezas de repuestos.
- Como servicio de Ingeniería Clínica se participó en las remodelaciones y nuevas obras.
- Se posee una biblioteca técnica que incluye libros conceptuales, manuales de uso y mantenimiento y planos de equipos.

#### A. Discusión

En algunos hospitales sólo se emplea en un momento dado menos de la mitad del equipo disponible, lo que a veces supone pérdidas de varios miles de millones de dólares. Como el personal está poco preparado para usarlo y mantenerlo y los presupuestos de mantenimiento son muy reducidos (aproximadamente un 1% del valor del capital inmovilizado, cuando se considera que lo óptimo es un 7%-8%), el equipo se avería con frecuencia y su vida activa se ve considerablemente acortada. La falta de mantenimiento conlleva costos adicionales del orden de un 20%-40%, y la falta de existencias incrementa el costo del uso y los servicios en un 60%-80%. La elección inapropiada de tecnologías puede incrementar sensiblemente el costo de la asistencia. De la experiencia de la utilización de esta metodología, se ha podido ahorrar considerables sumas de dinero y tiempo, independientemente del aporte social que se realiza. En estos momentos del total de alrededor de 542 equipos médicos funcionando, 20 equipos de alta tecnología tienen contratado su mantenimiento correctivo y preventivo con los proveedores y 3 en COMODATO (aunque ante una urgencia son revisados por nuestro departamento tratando de resolver la avería sin llamar al servicio contratado) es decir la mayor parte de los equipos son asumido por el servicio de Ingeniería Clínica del Hospital.

#### B. Síntesis

Este hospital ha experimentado una considerable mejora en cuanto al rendimiento de los recursos disponibles. Se logra un mayor aprovechamiento de los equipos, un ahorro en costos de mantenimiento y reducción del tiempo de interrupción del servicio de la máquina por reparaciones.

### V. CONCLUSION

1. Un Ingeniero Clínico debe cumplir las siguientes responsabilidades relacionadas con el Equipamiento Médico:
  - Asistencia para la selección, compra, inspección e instalación de los equipos médicos
  - Realización de pruebas de efectividad y seguridad sobre los equipos médicos.

- Calibración periódica de los equipos Implementación, organización y ejecución de planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los equipos.
  - Diseños especiales y modificación de equipos.
2. Los ingenieros clínicos constituyen el soporte técnico y gerencial en todas las áreas, ya sea en la administración, o en servicios médicos relacionado con la tecnología.

### RECONOCIMIENTO

Agradezco el apoyo del Ing. Valerio Di Virgilio en la presentación de éste trabajo preliminar.

### REFERENCIAS

- [1] Duke University Hospital, "Clinical Engineering Department", <http://www2.mc.duke.edu/depts/clineng/cestats.htm>
- [2] Duke University Hospital, "Clinical Engineering Management Plan". 2001. <http://www2.mc.duke.edu/depts/clineng/>
- [3] Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation.

### Organismos internacionales de normalización

- [4] **I.S.O.** International Organization for Standardization [www.iso.org](http://www.iso.org)
- [5] **I.E.C.** International Electrotechnical Commission [www.iec.ch](http://www.iec.ch)
- [6] **I.E.C.** International Electrotechnical Commission [www.iec.ch](http://www.iec.ch)
- [7] **IEEE.** Institute of Electrical and Electronic Engineers
- [8] **A.M.N.** Asociación Mercosur de Normalización [www.amn.org.br](http://www.amn.org.br)
- [9] **CO.PA.N.T.** Comisión Panamericana de Normas Técnicas [www.copant.org](http://www.copant.org)

**Rodrigo Martín Taborda Bonilla** Nacio en Paysandú, Uruguay el 4 de enero de 1982. Actualmente es estudiantes de grado de 4<sup>a</sup> carrera Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.