

UNIVERSIDAD DE MONTEMORELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA



EL DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA CLINICA PARA EL HOSPITAL "LA CARLOTA"

PROYECTO

PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERIA EN ELECTRONICA  
Y TELECOMUNICACIONES

POR:

MARIO LUIS VAZQUEZ HUERTA

CIB  
Ej.1



MAYO 2011



Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología



EL DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA CLÍNICA PARA EL HOSPITAL "LA CARLOTA"

Proyecto

presentado en el cumplimiento de los requisitos

para obtener el grado de Ingeniería en

Electrónica y Telecomunicaciones

por

Mario Luis Vázquez Huerta

Mayo 2011

## RESUMEN

DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA CLÍNICA PARA EL HOSPITAL “LA CARLOTA”

por

Mario Luis Vázquez Huerta

Asesor principal : M.C. Jorge Manrique

## RESUMEN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología

Título: DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
CLÍNICA PARA EL HOSPITAL “LA CARLOTA”

Nombre del investigador: Mario Luis Vázquez Huerta

Nombre y título del asesor principal: M.C. Jorge Manrique

Fecha de Terminación: mayo del 2011

### **Problema**

La propuesta del proyecto está orientada a proponer un modelo de departamento de Ingeniería Clínica (DIC) para el Hospital La Carlota (HLC).

Siendo el objetivo principal, describir un modelo que se adapte a la situación actual en el HLC, considerando el estado de la tecnología médica, los procesos de adquisición, instalación, operación, mantenimiento y capacitación del personal, para



así proponer una metodología basada en las mejores prácticas de la ingeniería clínica, hasta conseguir el modelo adecuado. Este modelo vendría a resolver varios de los posibles problemas que pueden estarse generando por no contar con el mismo y principalmente ayudaría en la reducción de costos por los gastos que se efectúan actualmente por la forma como manejan la tecnología médica.

La importancia de que el hospital cuente con un departamento de ingeniería clínica es fundamental, ya que significa la posibilidad de tener una administración plena sobre el equipo médico y su mantenimiento, lo cual beneficia no sólo al hospital, también a sus trabajadores, ofreciendo mayor seguridad en el uso de la tecnología y, por consecuencia, una mejor atención a los pacientes.

### **Método**

Se hizo una revisión bibliográfica del campo de la ingeniería biomédica, enfocándose en los procesos de la ingeniería clínica para así poder plantear una solución a las diferentes necesidades de administración de la tecnología del HLC. Al proponer un modelo de departamento de ingeniería clínica y establecer una guía de implementación del mismo, para esta institución u otra de características similares que pueda requerir implementar dicho departamento.

### **Resultados**

Después de realizar el estudio en el campo de la ingeniería biomédica, se enfocaron detalladamente los distintos procesos de la ingeniería clínica y de esta forma se llegó a un análisis de los diferentes tipos de departamento de IC.

Realizado este análisis se estableció una guía de implementación de un DIC para el hospital, donde se consideran los principales elementos a tomar en cuenta al

momento de su implementación y desarrollo.

Esta guía consta de cinco pasos clave, siendo el análisis el primero de ellos para así poder tener una visión desde dónde vamos a partir y hasta dónde vamos a llegar con la implementación de nuestro departamento. Ya que se analizó el hospital y las áreas con las que se habría de trabajar, se continuó con el registro ya que es muy importante para poder a empezar a construir nuestro departamento. En esta parte se espera poder registrar toda la tecnología médica con la cual se estaría trabajando, tomar detalles importantes tales como el fabricante, la fecha de adquisición, las garantías, entre otras, dando paso a la fase de implementación. Esta fase se basa en la implementación de programas de mantenimiento para toda la tecnología médica y así garantizar su buen funcionamiento.

Las últimas dos partes son las de capacitación y adquisición de tecnología, las cuales tienen como objetivo principal el entrenamiento al personal para la operación eficiente de las diferentes tecnologías médicas, y la generación de programas de adquisición de equipo tomando en cuenta las diferentes necesidades del hospital y obteniendo como resultado una mejor calidad de servicios.

### **Conclusiones**

El departamento de ingeniería clínica es una parte fundamental de todo hospital ya que de la buena gestión de la tecnología médica se obtiene un mejor funcionamiento de la infraestructura hospitalaria, lo cual se ve reflejado en la calidad de servicio que presta el hospital. El considerar qué tipo de departamento de ingeniería clínica se adapta a las necesidades de un hospital tomando en cuenta costos, funcionabilidad y flexibilidad, es crucial para un funcionamiento óptimo.



Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología

EL DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA CLÍNICA PARA EL HOSPITAL "LA CARLOTA"

Proyecto

presentado en el cumplimiento de los requisitos

para obtener el grado de Ingeniería en

Electrónica y Telecomunicaciones

por

Mario Luis Vázquez Huerta

Mayo 2011

DESARROLLO DE UN MODELO DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
CLÍNICA PARA EL HOSPITAL “LA CARLOTA”

Proyecto

presentado en el cumplimiento de los requisitos  
para obtener el grado de Ingeniería en  
Electrónica y Telecomunicaciones

por

Mario Luis Vázquez Huerta

APROBADO POR LA COMISIÓN

---

M.C. Jorge Manrique Plasencia  
Asesor Principal

---

M.C. Víctor Monárrez Pérez  
Coordinador IET

---

Dr. Andrés Díaz Valladares  
Director CIDET

---

Fecha de Aprobación





Acta Núm. 048

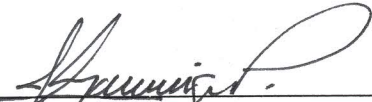
En la ciudad de Montmorelos, Nuevo León, al vigésimo sexto día de mayo del año dos mil once, siendo las 17:00 horas, reunidos en el salón de video conferencias del Departamento de Sistemas Computacionales de la Universidad de Montmorelos, los señores: **MC. Jorge Manrique Plasencia, Dr. Andrés Díaz Valladares, MC. Víctor Monárrez Pérez**, tal como lo dispone el reglamento interno de la carrera, fueron designados por la **Dirección de la Facultad de Ingeniería y Tecnología** para integrar el **Comité Evaluador** en la defensa de proyecto para la **Titulación de la carrera Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones** del alumno sustentante **MARIO LUIS VAZQUEZ HUERTA**, el cual llevó por título:

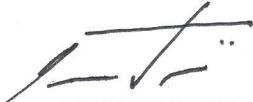
**“Desarrollo de un modelo de  
Departamento de Ingeniería Clínica para el Hospital La Carlota”**


Se procedió a iniciar dicha defensa con la presentación del proyecto y posteriormente se sometió al sustentante a los interrogatorios de rigor para los diversos casos teóricos y prácticos; una vez concluido el procedimiento descrito, el Comité pasó a deliberar sobre las diversas pruebas a que fue sometido el proyecto y una vez discutidos todos los aspectos de la defensa del sustentante, el Comité resolvió hacer de su conocimiento a: **MARIO LUIS VAZQUEZ HUERTA**, que es:

Aprobado por unanimidad

la Defensa del proyecto para la Titulación de la carrera Ingeniero en Sistemas Computacionales. Con este dictamen, se da por terminado el acto de defensa y en cumplimiento de lo dispuesto por los presentes legales y reglamentarios, firman la presente acta los miembros del Comité Evaluador que dan fe al vigésimo sexto día del mes de mayo del año dos mil once.

  
\_\_\_\_\_  
MC. Jorge Manrique Plasencia  
Presidente del comité evaluador

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Andrés Díaz Valladares  
Secretario del comité evaluador

  
\_\_\_\_\_  
MC. Víctor Monárrez Pérez  
Vocal del comité evaluador

El suscrito Director de la Facultad de Ingeniería y Tecnología, **CERTIFICA**, que las firmas que aparecen en la presente acta, son auténticas y las mismas que utilizan las personas mencionados en ella.

Montmorelos, N.L. 26 de mayo de 2011

  
\_\_\_\_\_  
MC. Jorge Manrique Plasencia  
Director Facultad de Ingeniería y Tecnología

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación está dedicado a mis padres los cuales me han apoyado en todos los aspectos de mi vida: lo académico, lo moral y lo económico hasta llegar a este punto de mi vida.



## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTOS.....	xi
 Capítulo	
I. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
Identificación del problema.....	1
Marco de referencia para el proyecto.....	2
Campo de aplicación del proyecto.....	3
Justificación del proyecto.....	6
Objetivos del proyecto.....	8
 II. MARCO TEÓRICO.....	 9
Introducción.....	9
Ingeniería biomédica.....	10
Actividades principales de un ingeniero biomédico.....	11
Cronología de la ingeniería biomédica en México.....	12
EI CENETEC.....	13
Objetivos.....	14
Estrategias.....	14
Ingeniería clínica.....	15
Interacción de un ingeniero clínico.....	15
Modelos de DIC.....	16
Outsourcing.....	17
Consultoría.....	17
In- House.....	18
Descripción de los programas.....	18
Casos de éxito en otros hospitales.....	20
Instituto de salud del niño (Lima, Perú).....	20
Clínica central Cira García (La Habana, Cuba).....	21
 III. MODELO PROPUESTO.....	 24
Introducción.....	24
Propuesta de organigrama.....	25
Propuesta de recursos del modelo In-House.....	26
Recursos humanos.....	26
Infraestructura.....	27
Equipos y herramientas.....	28
Propuesta de programas.....	29

Programa de seguridad y administración de riesgos.....	29
Recomendaciones de seguridad.....	30
Programa de mantenimiento.....	31
Metas propuestas.....	31
Objetivos.....	32
Tipos de mantenimiento propuestos.....	32
Ficha de registro de tecnología médico.....	34
Datos para el programa de mantenimiento.....	35
Investigación y adquisición de equipo médico.....	35
Programa de capacitación.....	36
Administración y funcionalidad.....	37
Propuesta de indicadores de calidad.....	39
Sistema de medición.....	39
IV.    GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN DIC.....	42
Análisis.....	42
Registro.....	43
Programa de mantenimiento.....	44
Programa de capacitación.....	45
Programa de adquisición.....	46
V.    RESUMEN, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	48
Resumen.....	48
Conclusiones.....	48
Propuestas para trabajos futuros.....	49
<b>Apéndice</b>	
Apéndice A.....	49
REFERENCIAS.....	51
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	52
LISTA DE ABREVIATURAS.....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Organigrama administrativo HLC.....	5
Figura 1.2 Organigrama HLC.....	5
Figura 2.1 Actividades de un IB.....	12
Figura 2.2 Diagrama de interacción de un ingeniero clínico.....	16
Figura 3.1 Organigrama propuesto.....	25
Figura 3.2 Modelo de ficha técnica para las diferentes tecnologías médicas.....	34
Figura 3.3 Indicador de gestión de procesos.....	41

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios quien me ha dado la capacidad tanto física como intelectual para poder llegar hasta esta etapa de mi vida.

Como segundo lugar agradezco a mi familia la cual siempre estuvo ahí para apoyarme en todas las decisiones con respecto a mi vida académica lo cual me ayudó para llegar hasta donde me encuentro ahora.

Agradezco al Ing. Jorge Manrique quien fue mi asesor durante todo el proyecto. Gracias a todas sus aportaciones y asesoría, este proyecto ha sido posible.



## **CAPÍTULO I**

### **IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

#### **Identificación del Problema**

El Hospital La Carlota (HLC) es una entidad privada y que cuenta con áreas de carácter social (oftalmología, odontología), brinda sus servicios a los alumnos de la Universidad de Montemorelos, a la comunidad del municipio de Montemorelos Nuevo León y a toda la región citrícola y el noreste de México. El que dicha institución ofrezca servicios médicos a una gran comunidad significa tener una amplia gama de instrumentación médica para las diferentes áreas que le conforman.

Durante los últimos años el HLC ha incorporado a su infraestructura equipos médicos de forma indistinta, algunos de ellos por donación de otras instituciones y particulares, los cuales están renovando su tecnología. Esto se hace, algunas veces, sin una adecuada información sobre las necesidades reales y el estado de desarrollo tecnológico, así como la seguridad y el tipo de mantenimiento que se les tiene que dar. Dadas estas circunstancias el HLC se concentra en mantener un plan de mantenimiento correctivo para sus equipos médicos representando muchas veces mayores gastos.

Según entrevistas con personal del HLC en febrero del 2011, se considera que el 70% de los casos de problemas con los equipos se deben a fallas en el servicio de mantenimiento. De continuar con esta situación no se podrá suplir la exigente

demanda de los servicios hospitalarios creando diversos problemas de carácter económico y de calidad en la prestación de servicios.

Para mejorar esta situación y que el hospital pueda cumplir con las demandas exigidas se plantea el diseño de un modelo de Departamento de Ingeniería Clínica el cual se encargaría de la adquisición y administración del equipo, así como administrar los diferentes tipos de mantenimiento y la seguridad de los equipos y del entorno.

### **Marco de referencia para el proyecto**

Los servicios de atención a la salud dependen cada vez más de la tecnología médica (Ortiz, 2005), la cual incide en la calidad del servicio médico; de ahí la importancia de contar con una estrategia de gestión tecnológica que garantice la funcionalidad, eficacia y seguridad del equipo médico, para coadyuvar a cubrir las demandas de los servicios de salud.

Para entender qué es la ingeniería clínica, es necesario introducir el concepto de Ingeniería Biomédica (IB) como una rama interdisciplinaria que aplica principios y métodos de la ingeniería y de las ciencias físicas (electrónica, electromagnetismo, mecánica, química, óptica y otras) para resolver problemas de las ciencias biológicas y de la salud, desde el área teórica hasta la aplicación de la tecnología en el ámbito médico-biológico (Ortiz, 2005).

La IB es el resultado de la aplicación de los principios y técnicas de la ingeniería al campo de la medicina. Se dedica fundamentalmente al diseño y construcción de productos sanitarios y tecnologías sanitarias tales como los equipos médicos, las prótesis, dispositivos médicos, dispositivos de diagnóstico

(imagenología médica) y de terapia. También interviene en la gestión o administración de los recursos técnicos ligados a un sistema de hospitales. Combina la experiencia de la ingeniería con las necesidades médicas para obtener beneficios en el cuidado de la salud (Brown, 1997).

La IB es ampliamente reconocida como un campo multidisciplinar, resultado de un largo espectro de disciplinas que la influyen desde diversos campos y fuentes de información (Enderle, 2005). Debido a su extrema diversidad. Existen diversos desgloses de disciplinas para esta ingeniería, una de ellas es la Ingeniería Clínica (IC).

En este escenario, la ingeniería clínica es una especialidad de la IB que se desarrolla dentro de las instituciones de salud, mediante la gestión tecnológica, definida como la suma de procedimientos de ingeniería y gerencia para asegurar el uso óptimo de la tecnología médica, contribuyendo así a la seguridad del paciente en el medio hospitalario (Ortiz, 2005).

### **Campo de aplicación del proyecto**

El Hospital y Sanatorio Montemorelos fue fundado hace más de cuarenta años por hombres y mujeres de amplia visión, poseedores de una vocación de servicio. Forma parte del consorcio de hospitales patrocinados por la iglesia Adventista. Su construcción se inició el día 6 de agosto de 1946 bajo la dirección del Profesor Juan Gil P. y su asistente fue el Ingeniero y Profesor Horacio Kelly, ambos hombres de grata memoria en los anales de la Obra Adventista en México.

En 1982 se construye un nuevo edificio para el Hospital, no muy lejos de donde originalmente fue fundado. Ese año el nombre cambia a "Hospital La Carlota".

Muchas personas y proyectos han pasado por el Hospital La Carlota, pero la filosofía y misión sigue siendo la misma: Ser la opción de elección de servicios de salud y sanidad para la comunidad citrícola. Pero su servicio no está limitado a una región en particular pues el Hospital La Carlota atiende a gente que procede de diferentes estados de la República Mexicana y del extranjero.

A través de los años el Hospital la Carlota ha crecido y se ha diversificado, incluye las especialidades básicas de un hospital de segundo nivel y además cuenta con un Instituto de la Visión, un área especializada con tecnología de alta calidad, y que además, en coordinación con diversas entidades públicas y privadas brinda atención oftalmológica al sector más vulnerable de la población por medio de brigadas médicas.

También cuenta con la Clínica Dental, con tratamientos de higiene bucal y ortodoncia. Además cuenta con un Centro de Vida Sana, que promueve la salud a través de tratamientos de hidroterapia, ejercicio, alimentación sana, y estilo de vida saludable.

La integración iniciada en el 2010 de estas cuatro áreas hacen del Hospital La Carlota una completa red de salud, preparada y dispuesta a suplir parte de las necesidades de la población.

Actualmente su organización está estructurada como lo muestran las figuras 1.1 y 1.2. Se puede notar la ausencia de un departamento de ingeniería clínica.



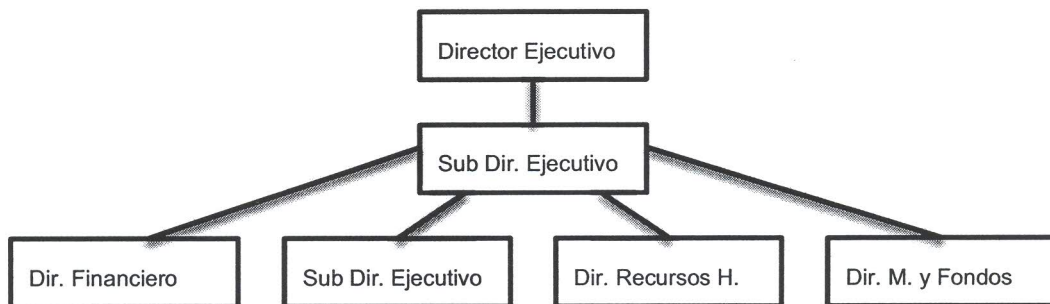


Figura 1.1 Organigrama Administrativo HLC

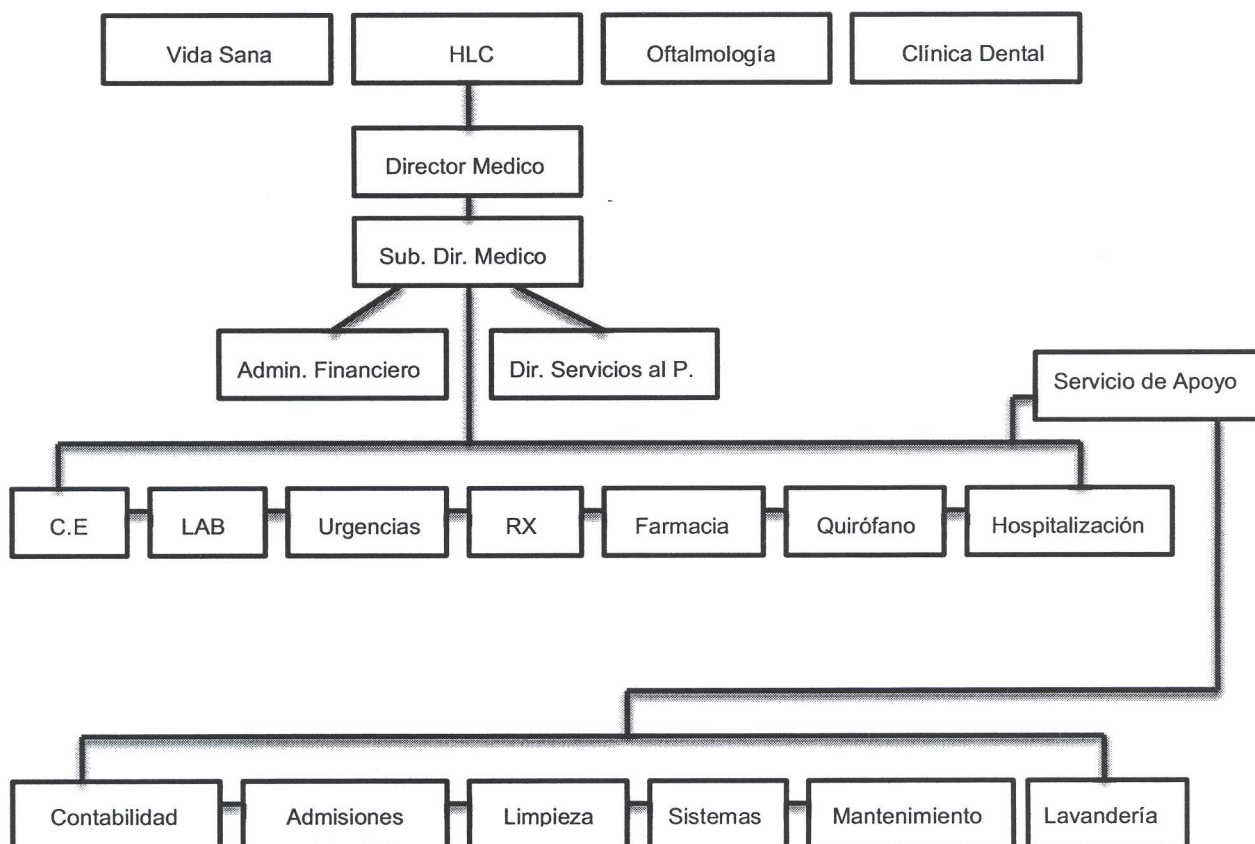


Figura 1.2 Organigrama HLC

Para obtener más información acerca de la situación actual se realizó una encuesta durante el mes de marzo del 2011 a algunos miembros del personal del HLC, entre ellos doctores, enfermeros y personal administrativo. Dicha encuesta y sus resultados se encuentran en el apéndice A.

En el HLC así como en otras instituciones, no existen políticas adecuadas dirigidas al manejo de tecnologías médicas, sistemas de apoyo operacional, programas de seguridad y calidad así como los grupos destinados a su gestión.

En este estudio inicial se identifican algunos de los aspectos tecnológicos de la organización que se necesitan replantear en el hospital, debido a que el mantenimiento de los equipos y su administración tecnológica representan una importante fuente de gastos que realiza el hospital en su tarea cotidiana.

Los equipos existentes están en estado de obsolescencia e inoperatividad, de la misma manera no existe mantenimiento preventivo y capacitación interna para el personal. Todos estos aspectos se ven reflejados de forma negativa en la calidad, eficacia, eficiencia, economía y continuidad tanto en la prestación de los servicios como de la institución en general.

Con el diseño del modelo de Departamento de Ingeniería Clínica la idea principal es el plantear una posible solución a estos problemas que refleja el HLC.

### **Justificación del Proyecto**

La incursión de ingenieros clínicos en el medio hospitalario ha ido en aumento: en 1978 se formó el primer Departamento de Ingeniería Biomédica (DIB) en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición. Actualmente, diez institutos nacionales de salud cuentan con un DIB en su estructura. De la misma manera, en el

sector privado se observa la incorporación de ingenieros biomédicos en sus cuadros profesionales (Ortiz, 2005).

El diseño del modelo de DIC es necesario debido a que en la actualidad el HLC no cuenta con una unidad consolidada y con funciones específicas que le permitan gestionar de una manera adecuada la administración de los recursos tecnológicos.

La creación del DIC generará un impacto positivo para la institución porque permite optimizar todos los recursos vinculados al proceso de mantenimiento y administración de la tecnología permitiendo aumentar la disponibilidad del equipo, la prolongación de su vida útil y un óptimo funcionamiento que garantiza mayor efectividad en la prestación del servicio.

Por otro lado, en hospitales de instituciones como PEMEX, la SEDENA, la Secretaría de la Marina, el IMSS y el ISSSTE la participación de los ingenieros clínicos se ha incrementado debido a la necesidad de contar con dichos departamentos (Ortiz, 2005) .

En la actualidad en México (Secretaría de Salud, 2010), hay sesenta y cinco DIC ubicados en diferentes hospitales (públicos y privados), lo cual cubre menos del 10% de las necesidades (considerando los hospitales de segundo y tercer nivel).

En aquellos lugares en los que no hay ingenieros biomédicos, quienes se encargan de la operación del equipo médico son profesionales de ingeniería más tradicionales formados en áreas como mecánica o electrónica, entre otras y de esa manera suplen las necesidades de las diferentes instituciones hospitalarias (Ortiz, 2005).

## **Objetivos del Proyecto**

El Objetivo principal de este proyecto es el poder analizar los diferentes modelos de departamentos de ingeniería clínica existentes en la práctica actual y así proponer un modelo adecuado para el HLC.

Se presentará una guía de implementación ya sea en el HLC o en cualquier otra institución hospitalaria de características similares.

Demostrar por medio de la investigación la funcionalidad de un departamento de ingeniería clínica los beneficios que representaría su implementación en un hospital.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Introducción**

En el siglo XX y durante los primeros años del siglo XXI la innovación tecnológica ha avanzado a un paso tan vertiginoso que hoy en día ya se involucra en cada aspecto de nuestra vida. Esto es un hecho en campos como el de la medicina y en la prestación de los servicios de salud. Hoy, en la mayoría de los países desarrollados, sus modernos hospitales se rigen como centros de salud tecnológicamente avanzados, acompañados además de un buen grupo de profesionales ampliamente capacitados en esta tecnología (Ortiz, 2005).

Debido a la constante innovación tecnológica en los cuidados médicos, los profesionales de la Ingeniería se han visto íntimamente involucrados en muchas de las actividades del sector salud. Como resultado de ello, la disciplina de la Ingeniería Biomédica ha surgido como un medio de integración entre estas dos dinámicas(medicina, ingeniería) profesiones. En todo este proceso los Ingenieros Biomédicos se han visto ampliamente involucrados en el diseño, desarrollo y utilización de materiales, equipos (como la litotripsia ultrasónica, marcapasos, etc.) y técnicas como el procesamiento de señales e imágenes, inteligencia artificial, etc, para investigación clínica, así como para el diagnóstico y tratamiento de pacientes. Estos ingenieros biomédicos forman parte de todo un equipo capacitado en busca de

nuevas soluciones para los problemas de servicios de salud que actualmente confronta nuestra sociedad.

### **Ingeniería Biomédica**

Si bien, lo que se incluye en el campo de la Ingeniería Biomédica es considerado por muchos completamente claro, hay algunos desacuerdos acerca de su definición. Por ejemplo, considerar los términos Ingeniería Biomédica, Bioingeniería e Ingeniería Clínica o Médica, los cuales han sido definidos en el Directorio de Educación de Bioingeniería. Mientras Pacela (1990) define la Bioingeniería como un amplio término usado para describir este en su totalidad, la Bioingeniería es usualmente definida como una actividad cerrada orientada a la investigación básica relacionada a la biotecnología y la Ingeniería Genética, es decir, la modificación de células animales o plantas, o parte de ellas para mejorarlas o para desarrollar nuevos microorganismos para fines benéficos.

En la industria del alimento, por ejemplo, esto ha significado el desarrollo de los campos de cultivo para la fermentación de levadura. En la agricultura los ingenieros biomédicos puedan estar involucrados con el mejoramiento de los campos de cosecha por tratamiento de plantas con organismos encargados de reducir el daño. Está claro que los ingenieros biomédicos del futuro tendrán un tremendo impacto en la calidad de vida de los humanos, el potencial de esta especialidad es difícil de imaginar.

Enderle (2005) señala como actividades de los ingenieros biomédicos:

- Desarrollos en cuanto a la mejora de especies de plantas y animales para la producción alimenticia;

- Invención de nuevas técnicas médicas para el diagnóstico de enfermedades;
- Producción de vacunas sintéticas de células clonadas;
- Invenciones para el reemplazo o el aumento de funciones corporales, como órganos artificiales;
- Estudio de la interacción de proteínas de superficie;
- Investigación en tecnología inmovilizada de enzimas;
- Diseño de instrumentación para la medicina;

Para los términos antes mencionados, la ingeniería biomédica parece tener un amplio y comprensivo significado. Los Ingenieros Biomédicos aplican principios eléctricos, mecánicos, químicos, ópticos y demás principios de ingeniería para entender, modificar o controlar sistemas tanto humanos como animales, así como diseñar y desarrollar productos que puedan monitorear funciones fisiológicas y asistir en el tratamiento y diagnóstico de pacientes.

### **Actividades principales de un ingeniero biomédico**

La importancia de la actividad de los Ingenieros Biomédicos es significativa. El campo se ha movido significativamente de estar ocupado primordialmente en invenciones médicas en los 50 y 60, a participar en un rango de acción mucho más amplio. El campo de la Ingeniería Biomédica incluye ahora varias áreas como se ilustra la figura 2.1 a continuación:

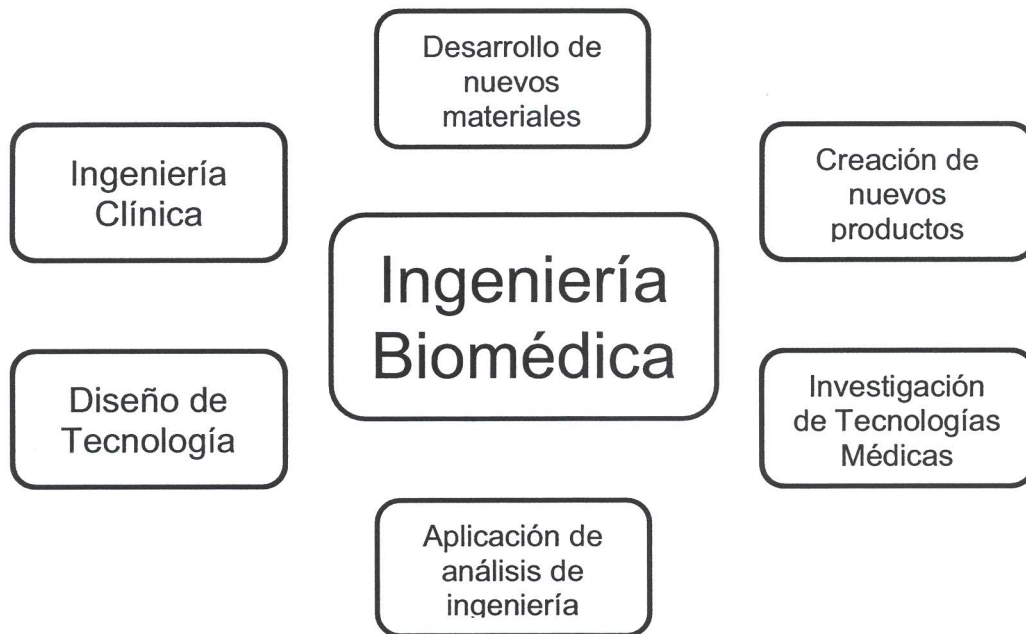


Figura 2.1 Actividades de un IB

Quizás el mayor beneficio potencial, como consecuencia del uso de la Ingeniería Biomédica, es la identificación de los problemas y necesidades de nuestro sistema actual de salud que pueden ser solventados usando la tecnología y sistemas metodológicos existentes. Consecuentemente, el campo de la Ingeniería Biomédica ofrece esperanzas en la continúa batalla de proveer alta calidad en servicios de salud a razonable costo; si son propiamente dirigidos para solventar problemas relativos a la prevención médica, servicios de cuidados ambulatorios, de esta forma los Ingenieros Biomédicos pueden proporcionar las herramientas y tecnología para hacer de nuestro sistema de salud más efectivo y eficiente (David, 2005).

### **Cronología de la Ingeniería Biomédica en México**

- 1970.- Creación por decreto Presidencial del: CONACYT



- 1973.- Primer programa de Ingeniería Biomédica
- 1974-2004 Implementación en otras Instituciones académicas
- Incorporación a los Hospitales
  - INCMNSZ, Hospital Ángeles, ISSSTE
- Creación CENETEC
- La ingeniería clínica comenzó a florecer en los ochenta, cuando los primeros egresados de la carrera de ingeniería biomédica comenzaron a trabajar en las instituciones de salud.
- Hasta 1990 se nota un incremento considerable de profesionistas laborando en los hospitales, clínicas e institutos de salud (Secretaría de Salud, 2004).

### **EI CENETEC**

El Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud (CENETEC) es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud, que depende directamente de la Subsecretaría de Integración y Desarrollo del Sector Salud

La creación del CENETEC en la Secretaría de Salud, por decreto presidencial, el 19 de enero de 2004 obedece a la necesidad del Sistema Nacional de Salud de México de contar con información sistemática y objetiva de la evaluación, gestión y uso apropiado de las tecnologías para la salud, que brinde datos fiables sobre la efectividad, seguridad, aplicaciones y normatividad en materia de tecnologías para la salud que apoyen la toma de decisiones y el uso óptimo de los recursos (CENETEC, 2010).

Los productos del Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud se alinean y responden a los siguientes objetivos y estrategias del *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*:

### **Objetivos**

- Brindar servicios de salud eficientes, con calidad, calidez y seguridad para el paciente.
- Reducir las desigualdades de salud mediante intervenciones focalizadas en comunidades marginadas y grupos vulnerables.

### **Estrategias**

- Asegurar recursos humanos, equipamiento, infraestructura y tecnologías de la salud suficientes, oportunas y acordes con las necesidades de salud de la población.
- Ampliar la cobertura de servicios de salud a través de unidades móviles y el impulso de la telemedicina.
- Desarrollar instrumentos de planeación, gestión y evaluación para el Sistema Nacional de Salud

Debido a que en México es el CENETEC quien se encarga de establecer todas las normas con respecto a las nuevas tendencias de la tecnología médica así como de la seguridad y leyes que a esto conciernen es de vital importancia tener muy presente todo lo que al CENETEC concierne (Secretaría de Salud, 2010).

## **Ingeniería Clínica**

Es una especialidad de la IB responsable de aplicar la tecnología de la ingeniería para la mejora y la entrega de los servicios médicos. Mientras que algunos remontan sus raíces a los años cuarenta, el término “ingeniería clínica” fue utilizado inicialmente en 1969. Sobre los años, el campo ha cambiado de un foco inicial en actividades de la investigación a su énfasis actual en actividades del mantenimiento de equipo. Se han hecho las tentativas de ensanchar el alcance de las actividades clínicas de la ingeniería para abarcar actividades por ejemplo como las pre-compras, la evaluación del equipo, la investigación de incidente, la gerencia del equipo, la productividad, la rentabilidad y la integración de sistemas de información (David, 2005).

A principios de los años setenta, la ingeniería clínica fue pensada para ser un campo que conduciría a una necesidad de un número substancial de ingenieros clínicos. Las estimaciones para los E.E.U.U. se extendieron tan arriba como 5.000 a 8.000 ingenieros clínicos, o cinco a diez ingenieros clínicos para cada 250.000 de la población, o de un ingeniero clínico por 250 camas del hospital (Brown, 1997).

### **Interacción de un ingeniero clínico**

Parte del trabajo de un ingeniero clínico es el poder interactuar con diferentes áreas del hospital, así como con las diferentes organizaciones que forman parte de su departamento tal como se muestra en la figura 2.2.

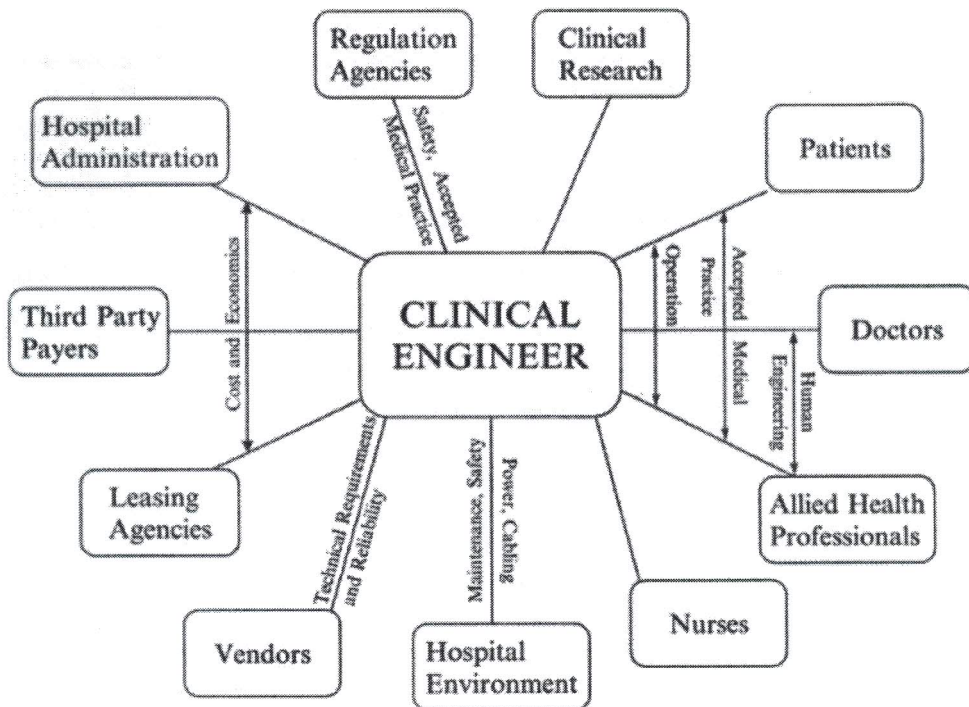


Figura 2.2 Diagrama de interacción de un ingeniero clínico (Enderle, 2005).

En muchas de estas áreas el ingeniero clínico solo actúa como administrador, pero en casos como con los fabricantes o agencias acreditadoras su participación podría ser un poco más directa y personal para asegurar una buena gestión. Su interacción con el paciente es principalmente para obtener una idea de cómo están funcionando los equipos y su operación es óptima.

### Modelos de departamentos de ingeniería clínica

Un hospital así como otras organizaciones tiene necesidades varias. Para poder cubrir las necesidades con respecto al equipo e instrumentación médica es necesario hacer uso de la ingeniería clínica la cual cuenta con tres posibles modelos de departamento (a) Outsourcing, (b) Consultoría y (c) In-House, que se encargan de



suplir estas necesidades de distinta manera. A continuación se describe cada uno de estos modelos.

### **Outsourcing**

*Outsourcing* o Subcontratación se define cómo la contratación de servicios profesionales externos para satisfacer necesidades empresariales específicas: (a) reclutamiento, (b) selección, (c) elaboración de publicidad y (d) mantenimiento de redes de telecomunicaciones. Una de sus ventajas es que permite concentrarse en actividades básicas para cumplir metas específicas.

Principalmente de lo que se trata es que el hospital deja toda la tecnología médica en manos de alguna empresa o grupo de ingenieros especialistas para que ellos puedan administrarla. La empresa se hará cargo de los mantenimientos correspondientes, seguridad, investigación, adquisición, etc. El hospital solo se limita a pagar por el servicio y a evaluarlo.

Se debe estudiar cuidadosamente esta decisión ya que no necesariamente deriva en una reducción de costos, principalmente por el motivo de una deficiente formulación del contrato al tener cargos adicionales para cada tarea adicional identificada (Leopoldo, 2006).

### **Consultoría**

Este servicio es muy similar al anterior con la diferencia que hay una persona encargada en el hospital, el cual se va a encargar de que toda la tecnología médica esté funcionando correctamente. Por lo general este es uno de los modelos más utilizados por los hospitales debido a su facilidad de manejo y también porque los costos que representa pueden ser parcialmente controlados.

Por lo general la persona que se pone a cargo de este modelo de departamento es un ingeniero biomédico o a fin, aunque en algunas instituciones optan por utilizar un médico para que administre dicho departamento.

Sin embargo uno de los inconvenientes al contar con este modelo de departamento, es la interacción con otras compañías, ya que la comunicación puede no ser la óptima lo que podría afectar su desempeño.

### **In-House**

El modelo In-House (en casa) se considera el modelo ideal ya que el hospital obtiene control total sobre la administración de su equipo médico y así pueden estar consciente de lo que sucede con respecto a la seguridad, mantenimiento, investigación, etc.

Un departamento de ingeniería clínica de tipo In-House tiene los siguientes programas de acción: (a) seguridad y administración de riesgos, (b) mantenimiento (administración de la tecnología), (c) investigación y adquisición de tecnologías médicas y (d) entrenamiento. En los siguientes apartados se explica con detalle y se da una descripción de cada uno de los programas.

### **Descripción de los programas de un Modelo In-House**

Debido a que el modelo In-House es en el que se va a basar el futuro departamento a proponer a continuación se describen los diferentes programas que este contiene y así poder tener una mejor visión de cómo está conformado.

## Programa de seguridad y administración de riesgos

Los hospitales son ambientes muy semejantes a ambientes de servicios industriales, que deben ser operados por trabajadores en buen estado de salud. Existe en los hospitales una serie de riesgos a los que estarán expuestos los trabajadores mientras estén en el hospital y los pacientes que deberán estar por temporadas mientras duren sus tratamientos. La responsabilidad del IC, será entonces, estar enterado de estos riesgos y formular un programa para reducir cualquier tipo de accidentes a un nivel aceptable determinado.

## Programa de mantenimiento (administración de la tecnología)

Mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con la calidad esperada.

## Programa de investigación y adquisición de tecnologías médicas

La adquisición de los equipos médicos y la tecnología biomédica constituye uno de los procesos más complejos de la 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.

## Programa de entrenamiento

La parte correspondiente al entrenamiento dentro del departamento de ingeniería clínica es hasta cierto punto la parte más importante y fundamental de todo el DIC ya que su éxito dependerá del buen funcionamiento de éste. Consiste en

el poder entrenar de una manera eficiente a todo el personal que tenga contacto directo con el equipo o instrumentación médica.

### **Casos de éxito en otros hospitales**

Así como en México, en otros países de América Latina no existen políticas adecuadas respecto al manejo de las tecnologías médicas.

#### **Instituto de salud del niño (Lima, Perú) (Changana, 2001)**

En la actualidad Perú cuenta con 6208 centros de salud y hospitales, la mayoría se encuentran en Lima, la capital de este país.

El Instituto de Salud del Niño es una dependencia de nivel IV. Fue creado en 1929 y es la única institución especializada en salud infantil. Debido a que el manejo de la tecnología se había hecho de forma aislada, se decidió crear una unidad de ingeniería clínica para este hospital.

Como primer paso se planteó la formación del recurso humano basada en la pirámide del conocimiento en ingeniería clínica. Esta consiste en la participación clínica, conocimientos de administración, clínicos y técnicos. Como segundo paso se planteó la administración de todo este recurso humano así como el concepto de unidad para poder integrar todos estos aspectos.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. Cambio en la estructura orgánica del Instituto.
2. Existencia de una contraparte de ingeniería especializada en lo concerniente al gerenciamiento de tecnología médica.



3. Adecuada evaluación en la adquisición de equipos, instrumentos, accesorios, insumos, y en la prestación de servicios tercerizados, considerando criterios de análisis de costo/beneficio y costo/eficiencia.
4. Supervisión técnica de los servicios prestados por terceros.
5. Control y supervisión de los contratos de mantenimiento y sus garantías.
6. Desarrollo de mecanismos de control de equipos para detectar su ubicación, inoperatividad, obsolescencia, reserva, inversión ociosa, e inversión actual estimada entre otros.

Como conclusión de este caso se puede decir que la creación de una unidad de IC es una alternativa viable para establecer políticas tecnológicas y así garantizar una adecuada administración.

### **Clínica Central Cira García (La Habana, Cuba) (Muñoz, 2003)**

La clínica Central Cira García es una unidad de salud destinada a ofrecer servicios médicos al personal de la embajada cubana, también se ofrecen especialidades médicas con excepción de cardiología y neonatología.

En un principio la administración de toda la tecnología médica era llevada por una compañía tercera pero en el año de 1999 debido a una acreditación de normas ISO 9000 y por la necesidad de una mayor seguridad se implementó el departamento de ingeniería clínica.

El DIC fue establecido en este hospital debido a que la demanda de pacientes era más grande así como sus inversiones, prestaciones y contaban con tecnología más avanzada.

La forma en que se vino a establecer el DIC fue primeramente por actualizar todos los inventarios así como la creación de una base de datos. Se clasificaron por niveles de riesgo y se establecieron coordinaciones con los servicios médicos para reportar cualquier problema relacionado con su función.

Algo fundamental fue tomar en cuenta las bajas de las diferentes tecnologías así como mantener a todo el personal al día mediante capacitaciones varias en conjunto con el centro universitario.

Lo más importante fue la nueva implementación de un departamento de adquisición de nuevos equipos donde se tomaban en cuenta puntos tales como uso, necesidades, personal que lo requiere, etc.

Al no contar con un departamento de IC previo, esto generó dos tipos de respuestas en el entorno de la clínica ya que algunos estaban de acuerdo pero también había otro grupo que estaba en desacuerdo con esta nueva serie de políticas. El departamento comenzó a desempeñar tareas típicas y funciones tales como el control de inventario, seguridad, aplicaciones clínicas de investigación, control de costos y capacitación. Sin embargo cuando el departamento comenzó a gestionar los recursos humanos y técnicos relacionados con los equipos médicos y a conducir programas de mantenimiento, surge la necesidad de suministrar esa información a un nivel con el poder de decisión que la implemente, o perder los costos y el tiempo invertidos en generarla, entonces quedó bien claro que la IC, debía estar en un nivel de decisión adecuado.

Alguno de los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. Implementación de una carta técnica para la evaluación de proveedores y equipos.

2. Se propuso la compra de tres nuevas unidades estomatológicas.
3. Se disminuyeron los tiempos de mal función de los equipos.
4. Se disminuyeron los tiempos de mantenimiento correctivo y se aumentaron los de mantenimiento preventivo.
5. Bajaron los gastos del departamento.

Dentro del departamento de IC los ingenieros clínicos constituyen el soporte técnico y gerencial en todas las áreas, ya sea en la administración, o en servicios médicos relacionados con la tecnología.

## CAPÍTULO III

### MODELO PROPUESTO

#### Introducción

Después de analizar los diferentes elementos que componen un departamento de ingeniería clínica y las diferentes necesidades encontradas en el Hospital La Carlota se propone un modelo de tipo In-House que se pueda integrar en un futuro de manera fácil y eficiente a la institución.

Debido a que en el HLC actualmente no existe un DIC se propone, de forma inicial, contratar un asesor externo de alguna empresa médica que apoye al encargado del DIC. En el corto plazo se esperaría que el departamento del hospital fuera totalmente independiente así tomando todo el aspecto funcional de un modelo de departamento In-House. En la figura 3.1 puede observarse el organigrama propuesto.



## Propuesta de Organigrama

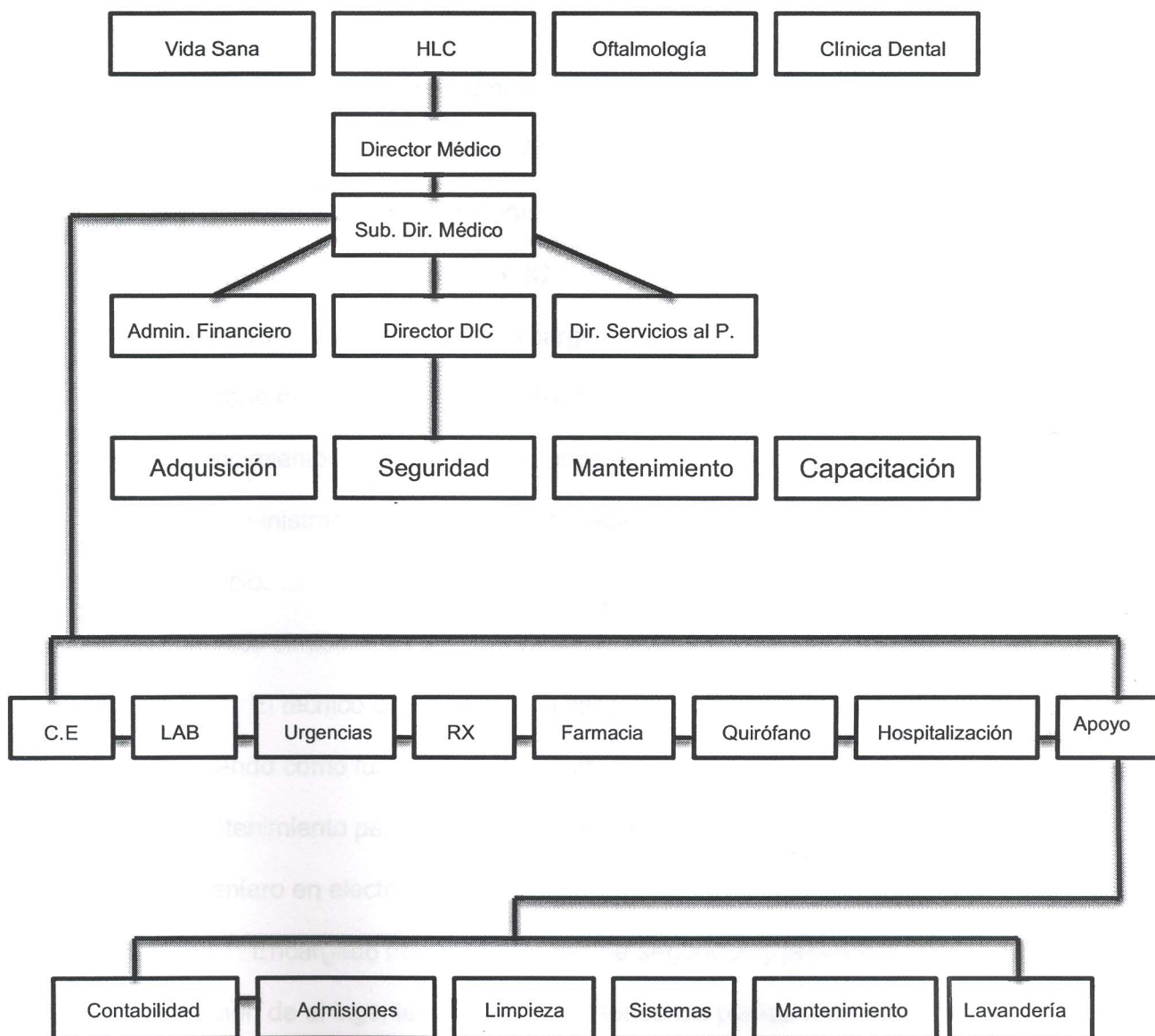


Figura 3.1 Organigrama propuesto

## **Propuesta de recursos del modelo In-House**

A continuación se proponen los diferentes recursos básicos con los que el departamento debiera contar para un buen funcionamiento.

### **Recursos humanos**

La planeación de recursos humanos es un proceso por el cual se establece estrategias y programas en relación con el personal necesario para lograr los objetivos del departamento de ingeniería clínica.

#### **1. Director del departamento de IC**

Esta sería la persona a cargo del departamento de ingeniería clínica. Se propone que sea un ingeniero biomédico o clínico ya que debe contar con los conocimientos necesarios para poder llevar a cabo su función. Se encargaría de administrar toda la tecnología médica, dando esto como resultado un mejor servicio.

#### **2. Técnico clínico**

El técnico clínico estaría a cargo del departamento de mantenimiento, teniendo como función el crear diferentes planes de funcionamiento y de mantenimiento para la tecnología médica.

#### **3. Ingeniero en electrónica**

Encargado del departamento de seguridad y prevención de riesgos, la función de el ingeniero sería revisar todos los planes existentes de seguridad con respecto a la tecnología médica y en caso de que no existan, entonces diseñar los programas necesarios e implementarlos.

#### 4. Ingeniero biomédico

Encargado del departamento de investigación y adquisición de equipos, este deberá trabajar en conjunto con el departamento de mantenimiento analizando las diferentes tecnologías con las que ya cuenta el hospital con el fin de determinar cuándo será necesario remplazarlas.

También se encargará de realizar investigaciones de las nuevas tecnologías para los hospitales que estén surgiendo y realizar programas de adquisición de nuevo equipo médico.

Por último también desarrollará programas de entrenamiento para el personal que está haciendo uso de alguna tecnología médica, con el fin de eficientar el uso de los recursos que ofrece el hospital.

#### **Infraestructura**

A continuación se señalan los requerimientos básicos para la infraestructura de las diferentes áreas que formarán parte del departamento de ingeniería clínica. Teniendo en cuenta que toda la información presentada es solo como propuesta y los elementos pueden variar de acuerdo con las necesidades de los diferentes departamentos y sus directores.

Oficina Director DIC

- \* Teléfono
- \* Conexión Internet
- \* Computadora
- \* Escritorio
- \* Múltiples conectores de corriente

Laboratorio de pruebas

- \* Lámparas
- \* Mesas de trabajo
- \* Sistema de ventilación
- \* Múltiples conectores de corriente
- \* Área de trabajo amplia

Cuarto de Base de datos y almacenamiento

- \* Área restringida
- \* Computadoras
- \* Sistema de Ventilación
- \* Escritorio

### **Equipos y herramientas**

A continuación se propone la lista de equipos y herramientas necesarias para poder desempeñar las funciones de mantenimiento y revisión dentro del DIC.

- Generador de funciones
- Multímetros
- Fuente de energía
- Osciloscopio
- Detector de radiación
- Equipo de soldadura para circuitos
- Medidor de oxígeno
- Computadora para base de datos
- Computadora para pruebas
- Analizador de Gas
- Termómetros



- Pinzas
- Probador de transistores
- Medidor de presión
- Probador de desfibriladores
- Analizador de seguridad eléctrica
- Medidor de flujo
- Respirómetro

### **Propuesta de programas**

#### **Programa de seguridad y administración de riesgos**

La tecnología médica ha aumentado considerablemente la seguridad de los equipos y ha reducido los riesgos debidos al manejo y utilización. Resulta obvio que no puede asegurarse un riesgo nulo en el uso del equipo, sin embargo, una adecuada utilización de los mismos por usuarios instruidos minimiza los riesgos eléctricos y aumenta la seguridad del paciente.

Se propone implementar acciones en este programa considerando los siguientes posibles riesgos:

#### **Riesgos eléctricos**

Esta en riesgo todo aquel que tiene contacto directo con alguna fuente de energía la cual pueda causar un daño de manera directas o indirectas a la persona que opera el equipo o al paciente. También se toman en cuenta los posibles riesgos que se pudieran generar con la infraestructura o el propio equipo al carecer de un mantenimiento previo.

## Riesgos mecánicos

Se refiere a aquellos dispositivos mecánicos utilizados para propósitos clínicos, incluyendo ayudas técnicas e instalación de rampas para discapacitados.

Incluyen sillas de rueda, transferencia de pacientes, equipos mecánicos, etc.

## Riesgos del ambiente

Se refiere a incluir el control de desechos artificiales del hospital, humos generados por máquinas, descargas de aguas residuales, ruido, uso de gas y vapores e incluso la prevención de desastres artificiales y desastres naturales.

## Riesgos de radiación

La seguridad radiológica es multidisciplinaria, intervienen médicos, técnicos radiólogos, enfermeras, ingenieros biomédicos, administradores y físicos.

La seguridad radiológica debería trabajar en conjunto con protección civil para garantizar a los trabajadores, a la población y sus bienes, así como el ambiente en general mediante la prevención y limitación de los efectos a la exposición de la radiación ionizante.

## Recomendaciones de seguridad de forma general (Campbell, 2000)

Hay una serie de puntos a tomar en consideración de una forma general al analizar el departamento de seguridad. A continuación se señalan los más importantes:

- Realizar una clasificación de las zonas hospitalarias para identificar el riesgo.
- Hacer un inventario de los equipos médicos según el tipo de riesgo.

- Agendar una revisión de corrientes de fuga de los equipos eléctricos cada 6 meses.
- Disponer de una estructura para la clasificación de la información y uso de reportes.

En resumen, un programa de control de riesgos requiere: comunicación, trabajo en equipo y un registro adecuado de cada incidente por mínimo que sea.

Individualmente, el IC no podrá proveer todos los componentes para administrar los riesgos en un ambiente de salud, no obstante, será el responsable por minimizarlos a un nivel aceptable.

### **Programa de mantenimiento**

La administración de mantenimiento de equipos médicos es una herramienta para apoyar al personal operativo y de ingeniería en el desarrollo, control y dirección de un programa de mantenimiento para el equipo médico garantizando su operación segura y a un costo adecuado.

Se propone la implementación de este programa con las siguientes metas y objetivos.

#### **Metas propuestas**

Las metas que deberían ser alcanzadas al seguir este modelo son:

1. Proporcionar un entorno seguro y funcional
2. Proporcionar documentación esencial y necesaria de todos los equipos y su ubicación.
3. Minimizar la cantidad de tiempo requerido para generar y archivar la documentación de mantenimiento.

4. Minimizar el tiempo promedio entre fallas y minimizar el tiempo promedio de reparación.

## Objetivos

Los objetivos que se deberían establecer para este modelo son:

1. Garantizar disponibilidad
2. Satisfacer requisitos de calidad
3. Cumplir normas de seguridad
4. Maximizar los beneficios
5. Prolonga la vida útil de los equipos
6. Prepararse para situaciones de emergencia
7. Evitar resultados erróneos por fatal de calibración
8. Proteger a los pacientes y al personal de accidentes y daños a la salud.
9. Seguir las recomendaciones del fabricante.

## Tipos de mantenimiento propuestos

Los tipos de mantenimiento que se deben considerar son: (a) mantenimiento preventivo, (b) mantenimiento predictivo y (c) mantenimiento correctivo. A

continuación se da la descripción de cada uno de los mantenimientos:

### Mantenimiento preventivo

Se propone la inspección periódica de máquinas y equipos, para evaluar el estado de su funcionamiento e identificar fallas, realizar acciones programadas que tiendan a prevenir disfunciones y averías, para asegurar el rendimiento óptimo de los equipos y garantizar la seguridad y proteger el medio ambiente.



El coordinador del área de ingeniería clínica e infraestructura diseñará el plan de mantenimiento preventivo para cada área de servicio, se realizará un cronograma anual de actividades donde se considere cada equipo biomédico así como cada apoyo operacional de infraestructura y las actividades a desarrollar por el técnico encargado de dichos procedimientos.

#### Mantenimiento predictivo

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar la posibilidad de falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Las acciones para esta detección, generalmente se pueden realizar programándolas durante el proceso de mantenimiento.

#### Mantenimiento correctivo

Conjunto de procedimientos utilizados para reparar un equipo ya deteriorado, en otras palabras es la ejecución de acciones para reparar elementos defectuosos por el mal funcionamiento o rendimiento de los equipos.

El procedimiento que se sugiere seguir es el siguiente:

(a) Se recibirá la orden de trabajo de cada uno de los servicios que lo requiera en un formato especial, (b) se atenderá por prioridad, (c) se hará un diagnóstico del estado del equipo identificando la causa de su mal funcionamiento, (d) si es el caso se procederá a corregirlo y (e) se reintegrará al servicio en el menor tiempo posible. De igual manera se procederá a atender los casos que ocurran con las redes eléctricas, de agua, telefónicas, de gases medicinales y aspectos de infraestructura.

Se espera en esta propuesta que este tipo de mantenimiento sea el de menor inversión en tiempo y en recursos, ya que siguiendo los dos anteriores, se debe reducir la incidencia de casos de mantenimiento correctivo.

Otros aspectos muy importantes dentro de esta área de mantenimiento son: (a) el registro de equipo médico, (b) contar con una base de datos que contenga las bitácoras de mantenimiento y (c) desarrollar un programa bien establecido de los procedimientos para el mantenimiento correspondiente a cada uno de los equipos.

Ficha de registro de equipo médico.

**HOSPITAL LA CARLOTA**

NOMBRE DEL EQUIPO \_\_\_\_\_

MARCA/FABRICANTE/MODELO \_\_\_\_\_

NÚMERO DE SERIE \_\_\_\_\_

FECHA DE INICIO OPERACIONAL \_\_\_\_\_

USOS DEL EQUIPO \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

GARANTÍAS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PERSONAL QUE LO UTILIZA \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ÁREA DEL HOSPITAL AL QUE PERTENECE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NÚMERO DE BITÁCORA \_\_\_\_\_

NOTAS \_\_\_\_\_

Figura 3.2 Modelo de ficha técnica para las diferentes tecnologías médicas

La base de datos deberá contener la siguiente información :

(a) Localización del equipo, (b) tipo de mantenimiento realizado, (c) descripción de las actividades realizadas y las piezas reemplazadas, (d) fecha de la actividad, (e) monto total del mantenimiento y (f) responsables y especialistas que efectuaron el mantenimiento.

Datos para el programa de mantenimiento:

Es importante considerar una serie de puntos importantes al momento de establecer la base de datos. Estos se presentan a continuación:

1. Se deberán definir los límites, frecuencia, cobertura y la ruta de la revisión.
2. Elegir a las personas que van a llevar a cabo la revisión.
3. Clasificar e identificar cada elemento mediante códigos y ubicarlos en un plano físico.
4. Determinar los recursos necesarios.
5. Revisar el procedimiento.
6. Ejecutar los procedimientos de la base de datos.
7. Realizar un registro documental

Investigación y adquisición de equipo médico

La adquisición de los equipos médicos y la tecnología biomédica constituye 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.

David (2005) propone para la adquisición de los equipos seguir algunos pasos básicos a considerar y así ayudarnos a llevar a cabo este proceso.

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. Evaluar el soporte e ingeniería.
9. Negociar el precio y soporte.
10. Instalar e inspeccionar.
11. Capacitar al usuario y al personal de mantenimiento.
12. Administrar y manejar el inventario.

### **Programa de capacitación**

Se propone la capacitación periódica en las diferentes áreas del hospital, así como también el poder trabajar en conjunto con el departamento de investigación y adquisición de equipo para estar al día en cuanto a los diferentes cambios realizados en los equipos y las actualizaciones de estos mismos.

Para que esto funcione de una mejor manera, se sugiere tener una relación del personal que trabaja y los equipos que emplea, así como el inventario y las bitácoras del historial.



## **Administración y funcionalidad**

La administración de un DIC involucra a los diferentes equipos médicos en las diferentes áreas del hospital. Hay una serie de pasos a seguir para poder empezar a administrar el departamento.

La parte inicial sería determinar el área del hospital que se desea administrar para así precisar el tipo de equipos médicos involucrados.

Una vez que se definió el área con la que se estará trabajando, se puede proceder al análisis de cada uno de los equipos médicos reuniendo toda la información detallada.

Se propone implementar una especie de biblioteca, ya sea virtual o física donde se encuentre la información de los equipos que se estén administrando, sus manuales de operación o información importante como la fecha de adquisición y el tipo de mantenimiento que ha recibido. De igual forma se propone la implementación de una bitácora para cada equipo facilitando su gestión y agendando sus mantenimientos.

El área de mantenimiento se encargaría directamente de supervisar todos los equipos y aplicar los diferentes tipos de mantenimiento para asegurar una funcionalidad óptima. También esta área estaría encargada del registro de los equipos, bitácora e historial de manejo.

El área de seguridad está encargada del tema de la seguridad relacionada a cada uno de los equipos. Tener en cuenta todos los posibles riesgos que estos representan, riesgos eléctricos, mecánicos, radioactivos, biológicos entre otros. El departamento debe asegurar el bienestar no solo de cada equipo sino también de

todo el personal médico que labora en la institución y de los pacientes, ya que todos forman parte del proceso de seguridad.

El área de entrenamiento trabajaría en conjunto con los proveedores o compañías especializadas en la ingeniería biomédica para garantizar que el personal que utiliza el equipo médico tenga una capacitación adecuada.

Esta área debe organizar sesiones de capacitación cuando llegue al hospital equipo nuevo, o cuando ocurra alguna actualización de software o hardware. El personal nuevo que llegue, al hospital, recibirá la capacitación de los equipos que estará utilizando de acuerdo al área donde labore.

El departamento de investigación estará trabajando con todas las áreas en general, y estará informando de las tendencias y oportunidades tecnológicas de cada área.

Siguiendo con las funciones de este departamento de investigación, otras de sus funciones son: informar al director de los cambios y ajustes del equipo médico existente así como el proceso de adquisición de nuevos equipos. Es muy importante la comunicación entre este departamento y el área de mantenimiento para llevar un seguimiento detallado de equipo para su remplazo cuando sea requerido.

Todas las áreas informarán al director del DIC para que la gestión del departamento pueda funcionar de una manera óptima, tomando siempre en cuenta el bienestar de todos los elementos involucrados.

## **Propuesta de indicadores de calidad**

Se propone el uso de indicadores de calidad para los diferentes procesos del departamento de ingeniería clínica, ya que de esta forma se puede asegurar un buen manejo y rendimiento de las distintas operaciones de la tecnología médica.

### **Sistema de medición**

Mecanismo sistemático y permanente de monitoreo del avance, resultado y alcance de la operación diaria de la organización y dependencias, para evaluar el cumplimiento de su que hacer organizacional, a través de indicadores y metas (David, 2005).

A continuación se presentan algunas de las características de los sistemas de medición las cuales son de vital importancia para su implementación.

- a) Permite el cambio de un sistema de monitoreo tradicional por actividades, a un sistema de monitoreo de resultados.
- b) Genera información vital para la toma de decisiones en la instrumentación de acciones que apoyarán el logro de quehacer organizacional.
- c) Permite ubicar el nivel de eficacia y eficiencia de la organización, sin dar margen a la ambigüedad.
- d) Permite la evaluación de los programas.
- e) Permite la difusión de logro de objetivos, tanto al interior como al exterior.

Según David (2005) los indicadores son parámetros utilizados para medir el nivel de cumplimiento de una actividad o un evento.

Por otra parte los elementos críticos de éxito son los resultados y acciones que describen el logro de objetivos y comprenden:

- a) Los componentes críticos de éxito: Definen los resultados concretos que deben obtenerse, para garantizar el logro de los objetivos.
- b) Los factores críticos de éxito: Son las acciones concretas por desarrollar en la operación y que por su impacto, son determinantes para el éxito en el logro de los objetivos.

#### Determinación del Indicador

- a) Se debe determinar, para cada elemento crítico de éxito, la mejor manera de medir su cumplimiento.
- b) Deben contar con: Nombre, forma de medición, unidad de medida.
- c) Debe establecerse un proceso de validación continua, en el que se perfeccione la definición de los indicadores a través de la experiencia.
- d) Debe establecerse una meta para cada indicador.

#### Metas

- a) Las metas deben ser retadoras y alcanzables. La meta es la especificación cuantitativa (numérica) de lo que se desea lograr y la fecha en que se piensa lograr. Es la expresión numérica del indicador, que en su conjunto permite medir el cumplimiento del objetivo establecido.
- b) Las metas deben ser comunicadas al equipo de trabajo y fijar un responsable
- c) para su seguimiento y medición.
- d) Las metas deben establecerse para cumplirse.



En la figura 3.3 se presenta un esquema del proceso de la creación de indicadores (David, 2005).

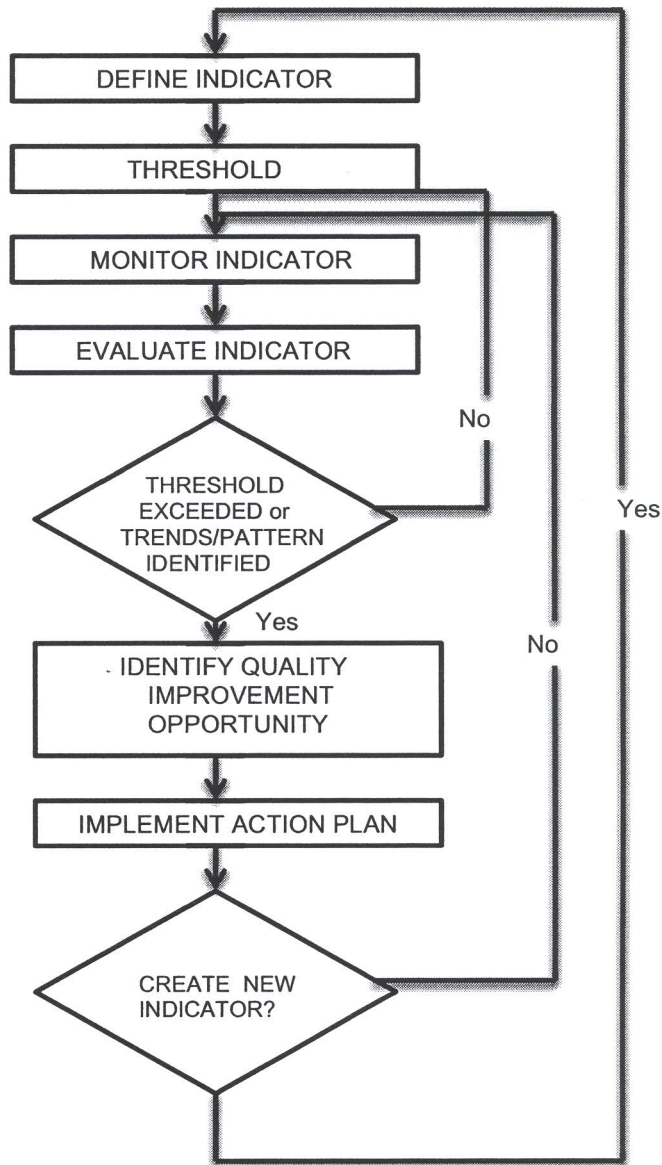


Figura 3.3 Indicador de gestión de procesos

## **CAPÍTULO IV**

### **GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CLÍNICA**

Como producto de este proyecto de investigación se ha documentado una guía para la implementación de un departamento de ingeniería clínica que supla las necesidades del HLC o de algún otro con características similares.

Esta guía está resumida en cinco pasos que ayudarán a un hospital a darle continuidad a su proyecto de DIC. En los siguientes apartados se presentan a detalle sus características.

- 1. Análisis**
- 2. Registro**
- 3. Programa de Mantenimiento**
- 4. Programa de Capacitación**
- 5. Programa de Adquisición**

#### **Análisis**

La primera acción que hay que hacer cuando se quiere establecer un departamento de ingeniería clínica en un hospital es analizar. Esto es vital ya que así se determina el alcance o qué tipo de departamento se propone establecer en el hospital.

Los elementos que se deben analizar son: (a) qué tipo de hospital se tiene, (b) cuántas áreas cuenta (hospitalización, urgencias, radiología, etc.). De esta manera se podrá entender con mayor claridad la situación y tomar las decisiones necesarias para poder implementar el departamento.

Para un hospital muy pequeño no es recomendable un departamento completo de ingeniería clínica ya que el equipo a administrar es muy poco; se recomienda contratar servicios de terceros. En el caso de hospitales más grandes y con mucho más áreas, si es factible establecer un modelo de departamento In-House.

## **Registro**

Terminada la fase del análisis del hospital donde se piensa establecer el departamento, la siguiente fase sería el registro. El registro consiste en pasar por un proceso donde se registren cada uno de las diferentes tecnologías a administrar para así tener una base de datos con toda la información detallada de cada uno de los equipos que se está utilizando y que están dentro de las áreas que se planean administrar mediante la implementación de un departamento de ingeniería clínica.

Independientemente del tipo de modelo de departamento que se decida usar, es muy recomendable poder contar con esta información ya que nos ayudaría a tener cierto control sobre nuestra tecnología.

Tal como se indica en el capítulo II la base de datos debe contener información clave para que trabajado en conjunto con el área de mantenimiento e investigación, se logre un funcionamiento óptimo del departamento y del hospital en general.

## **Programa de mantenimiento**

Una vez que se ha cumplido con las dos primeras etapas, es momento de considerar el área mas vital de todo el departamento, de la cual dependerá su buen funcionamiento.

Como ya se ha considerado previamente, existen tres tipos de mantenimiento: (a) mantenimiento preventivo, (b) mantenimiento predictivo y (c) mantenimiento correctivo.

La meta de la administración deberá concentrarse siempre en los primeros dos, de esta forma si se tiene un buen mantenimiento preventivo y predictivo, se reducirá la necesidad de usar el correctivo.

Para que el área de mantenimiento funcione bien hay que hacer un buen uso de la base de datos previamente establecida donde se encontrarán las bitácoras de cada una de las tecnologías así como todo su historial de funcionamiento.

De esta misma manera que el departamento pueda crear un buen programa de mantenimiento para cada uno de los diferentes equipos con los que se está trabajando, tomando en cuenta las diferentes necesidades que puedan tener.

A continuación se presenta una tabla que resume las acciones a seguir para este departamento:



<b>Nombre del programa:</b> Programa de mantenimiento
<p><b>Objetivo del programa.</b></p> <p>El objetivo principal de este es poder proporcionar los tres tipos de mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Preventivo</li> <li>b) Predictivo</li> <li>c) Correctivo</li> </ul> <p>Haciendo énfasis en el mantenimiento preventivo así como crear un programa para ponerlos en práctica.</p>
<p><b>Objetivos secundarios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovar al crear un nuevo sistema de mantenimiento</li> <li>• Proporcionar mantenimiento a otros hospitales.</li> </ul>
<p><b>Acciones</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Registrar los equipos</li> <li>2. Establecer una base de datos</li> <li>3. Crear un programa de mantenimiento que se acople a las necesidades del hospital</li> <li>4. Establecer medidores de calidad</li> </ol>

### **Programa de capacitación**

El área de capacitación debe ser tomada muy en serio, ya que de esta depende que las tecnologías médicas puedan ser operadas correctamente y así el área de mantenimiento pueda cumplir sus funciones adecuadamente.

Se espera que una vez que ya se tengan bien establecidas las etapas previas se organicen programas de capacitación para todo el personal del hospital (doctores, enfermeras, etc.) De igual forma establecer programas o medios de comunicación

con los otros departamentos para saber cuando se realizan actualizaciones a los equipos.

A continuación se presenta una tabla que resume las acciones a seguir para este departamento:

<b>Nombre del programa:</b> Programa de capacitación
<b>Objetivo del programa.</b> El objetivo principal de este programa es capacitar a todo el personal que hace uso de las tecnologías médicas para así poder garantizar un mejor servicio.
<b>Objetivos secundarios</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Crear un centro de capacitación para personal de otros hospitales</li><li>• Crear tutoriales para subirlos a la intranet o servidor del hospital</li></ul>
<b>Acciones</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Entrar en contacto con los principales proveedores de tecnología médica</li><li>2. Diseñar un programa de capacitación para el personal por área de trabajo específica</li><li>3. Capacitar a todo el personal en el uso de equipos médicos</li><li>4. Realizar evaluaciones constantes del personal que hace uso de las tecnologías médicas</li></ol>

## Programa de adquisición

Por último pero no menos importante, está la adquisición de tecnologías médicas. Se sugiere que este programa sea desarrollado en conjunto con el departamento de investigación, si es que se opta por implementarlo.

Como se mencionó en el capítulo II la adquisición de las tecnologías médicas y la tecnología biomédica constituyen uno de los procesos más complejos en cuanto a gestión, ya que se deben considerar 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.

A continuación se presenta una tabla que resume las acciones a seguir para este departamento:

<b>Nombre del programa:</b> Programa de adquisición
<b>Objetivo del programa.</b> El objetivo principal es el establecer un programa de adquisición de equipo para que el hospital pueda contar con la mejor tecnología que esté disponible y a su alcance.
<b>Objetivos secundarios</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Buscar donaciones</li><li>• Vender equipo que ya no esté en uso</li><li>• Generar fondos para adquirir equipo</li></ul>
<b>Acciones</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Administrar el inventario del equipo actual</li><li>2. Gestionar la lista del equipo que se necesita</li><li>3. Diseñar un programa de adquisición</li><li>4. Hacer investigaciones de los avances de la tecnología médica.</li></ol>

Se espera que al completar los pasos de esta guía de ayuda, el hospital o institución donde se decida establecer el DIC pueda ya tener información suficiente para poder completar sus objetivos para administrar su tecnología médica.

## **CAPÍTULO V**

### **RESUMEN, CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

#### **Resumen**

La intención principal de este proyecto ha sido analizar la situación actual y las necesidades del hospital La Carlota. También se analizó qué es la ingeniería biomédica, sus diferentes ramas y en especial el área de la ingeniería clínica. Se ha señalado la importancia que representa para su buen funcionamiento, un departamento de ingeniería clínica en un hospital, así como la capacitación de su personal.

Ya analizadas las áreas de un DIC, se establecieron sus puntos importantes para proponer un modelo de departamento para el hospital La Carlota.

Por último se estableció una guía rápida con los puntos más importantes para el establecimiento de un departamento de ingeniería clínica en un hospital.

#### **Conclusiones**

La creación de un departamento de ingeniería clínica es una alternativa viable para establecer políticas respecto a la tecnología médica en hospitales y clínicas. De esta forma se garantiza una adecuada administración y control de las tecnologías existentes.

Los resultados de estos departamentos dependerán de una manera directa de lo bien que se desarrollen sus diferentes programas así como de la coordinación



entre ellos. La mala gestión de la tecnología así como el mantenimiento inadecuado se ven reflejados directamente en el servicio que se proporciona ya que no solo afecta al personal sino también a los pacientes creando así una mala imagen.

La importancia de saber que tipo de departamento de ingeniería clínica implementar para los diferentes hospitales es crucial, ya que hay que hacer un estudio del hospital de acuerdo a sus necesidades y así poder determinar qué tipo de modelo se debe de implementar (outsourcing, consultoría, in-house).

Por último hay que hacer énfasis en la importancia de los ingenieros clínicos, ya que ellos son el soporte técnico y gerencial en todas las áreas. Ya sea en la administración, o en servicios relacionados con la tecnología médica.

### **Propuestas de trabajos futuros**

Hay una serie de propuestas que se plantean a continuación las cuales quedan a consideración para futuros trabajos dentro de esta área.

1. Llevar a su implementación los primeros tres puntos de la guía propuesta en el capítulo IV debido a la facilidad de una implementación por fases.
2. Analizar sistemas de información que ayuden en la gestión del DIC.
3. Mejorar el manual propuesto.
4. Realizar investigaciones acerca de nuevos modelos de departamentos de ingeniería clínica.
5. Realizar una comparación de los diferentes tipos de DIC respecto a lo económico.

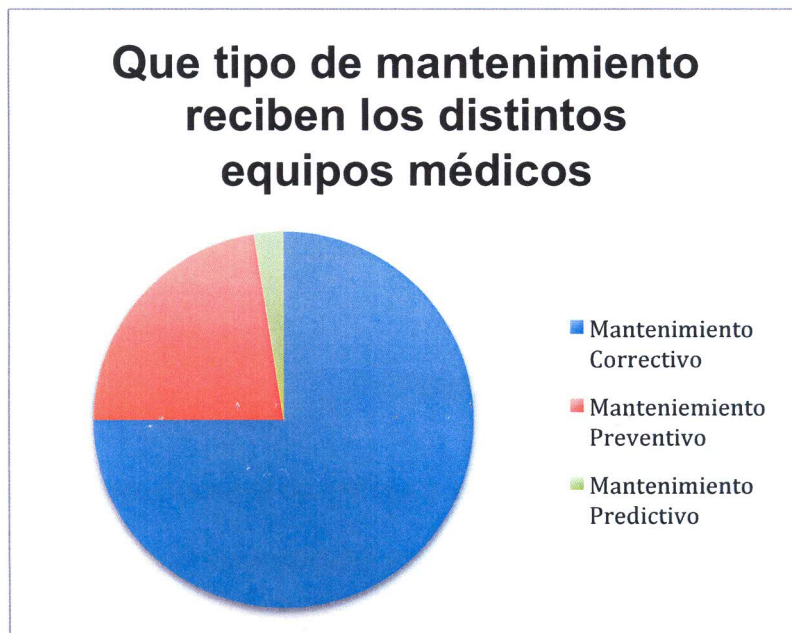
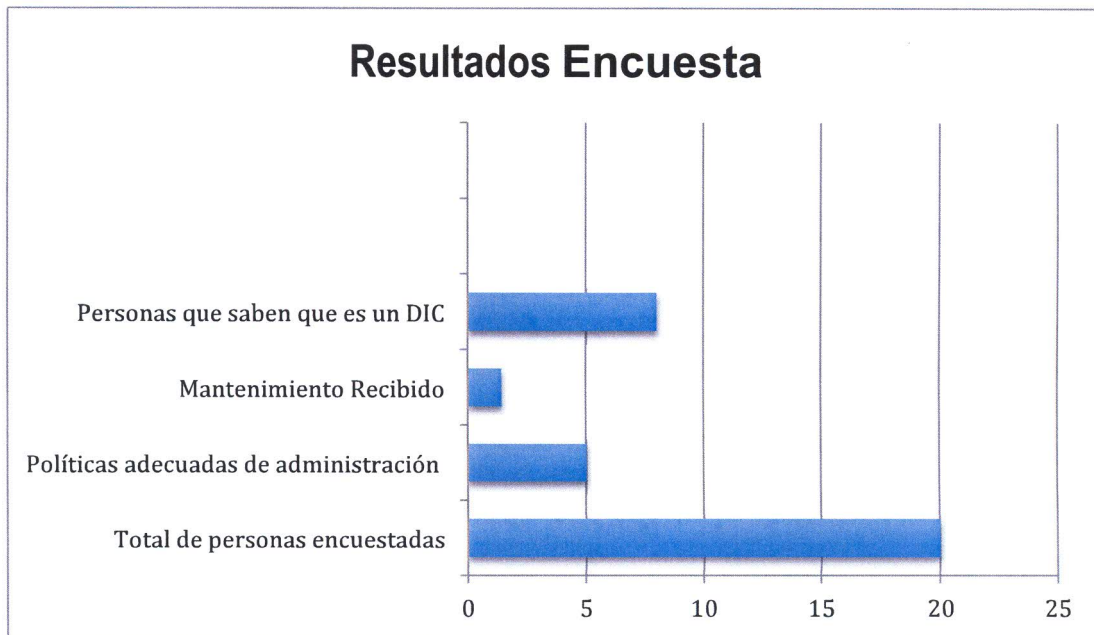
## APÉNDICE A

### ENCUESTA HLC Y RESULTADOS

#### Encuesta.

¿Sabe lo que es un departamento de ingeniería clínica?	SI / NO
¿Existe algún departamento de ingeniería clínica en el HLC?	SI / NO
¿Quien administra el equipo médico en el HLC?	Doctor Ingeniero Nadie
¿Cuáles son las políticas actuales respecto a la adquisición de tecnología médica?	No hay No sabe Donaciones
¿Qué tipo de mantenimiento reciben los distintos equipos médicos?	Preventivo Predictivo Correctivo
¿Quién está a cargo del mantenimiento de la tecnología médica?	Ingeniero Compañía Privada
¿Qué medidas de seguridad existen con respecto a la tecnología médica?	Básicas Especiales No sabe
¿Que tanto del tiempo usted diría que el equipo se encuentra fuera de función debido alguna falla técnica?	24h P/S 1 S. P/M Más tiempo
¿Cree necesaria la implementación de un departamento que se encargue no solo de administrar el equipo medico, sino también de los diferentes tipos de mantenimiento así como las medidas de seguridad de estos mismos?	SI / NO
¿Cuál es el mayor desafío administrativo respecto a la tecnología médica que usted considera sería un obstáculo para la implementación de dicho departamento?	

## Resultados.



## REFERENCIAS

- Brown, John M. (1997). *Introduction to Biomedical Equipment Technology*. EEUU: Prentice Hall College Div.
- Campbell, Caroline A. (2000). *A Model Clinical Engineering Department*. EEUU: ARAMARK.
- Changana, Y. (2001). *Creación de la primera unidad de ingeniería clínica en un hospital en del Perú*. Cuba: Sociedad Cubana de Bioingeniería.
- David, Yadin. (2005). *Clinical Engineering Principles and Applications in Engineering*. EEUU: CRC Press.
- Enderle, John. (2005). *Introduction to Biomedical Engineering, Second Edition*. EEUU: Academic Press.
- Muñoz, Renato. (2003). *Experiencia en la aplicación de la ingeniería clínica en la clínica central "Cira García"*. Cuba: Sociedad Cubana de Bioingeniería.
- Ortiz, Posadas Martha Refugio. (2005), *Revista de Ingeniería*; Issue 22, p164-168. 5p, nov.
- Pacela, Allan F. (1990). *Biomedical Engineering*. EEUU: Quest publishing co.

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- El consejo nacional de ciencia y tecnología.(2010). México. Recuperado marzo 2011 de <http://www.conacyt.mx/comunicacion/revista/202/Articulos/IngenieriaClinica/IngenieriaClinica00.htm>



El centro nacional de excelencia tecnología en salud. (2010). México. Recuperado marzo 2011 de [http://www.cenetec.gob.mx/interior/gaceta6/admon\\_dep\\_ing\\_clinica.html](http://www.cenetec.gob.mx/interior/gaceta6/admon_dep_ing_clinica.html)

El colegio de ingeniería biomédica. (2010). EEUU. Recuperado abril 2011 de <http://www.acenet.org/>

La Secretaría de Salud. (2010). México. Recuperado abril 2011 de <http://www.salud.gob.mx>

Leopoldo Carlos, *revista de tecnología*. (2006). México. Recuperado abril 2011 de <http://www.ing.ula.ve/~dmiranda/ib5.htm>

Sociedad Biomédica. EEUU. Recuperado abril 2011 de <http://www.bmes.org>

## LISTA DE ABREVIATURAS

IB	Ingeniería Biomédica, Ingeniero Biomédico
IC	Ingeniería Clínica, Ingeniero Clínico
HLC	Hospital La Carlota
DIC	Departamento de Ingeniería Clínica
DIB	Departamento de Ingeniería Biomédica
PEMEX	Petróleos Mexicanos
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
ULA	Universidad Latinoamericana
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CENETEC	Centro Nacional de Excelencia y Tecnología en Salud