



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL BIOMÉDICA

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA INFORMÁTICO
DE APOYO A LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y GASTOS EN
EQUIPAMIENTO MÉDICO PARA UNA UNIDAD DE EQUIPOS
MÉDICOS.**

POR

XANA ISABEL PALACIO ÁLVAREZ

TRABAJO DE TÍTULO REALIZADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL BIOMÉDICO

PROFESOR GUÍA: DR. ALEJANDRO WEINSTEIN
PRFESOR CO-GUÍA: (ACCE) LUIS DANYAU
PROFESOR CORRECTOR: MSC. CÉSAR GALINDO VIAUX

MARZO, 2014

Dedicatoria

Le dedico el presente trabajo de título a mi madre Ana María, por su apoyo incondicional y sus sabios consejos. A David por ser mi principal soporte, y apoyarme y soportarme en todo, a pesar de la distancia. A Isis y Mar, por las lecciones de vida de las que he podido aprender mucho. Mi cuñado favorito Claudio, por su cariño y preocupación constante. A mis sobrinos Lucas, Martín y Nicolás por hacer más alegre la vida con sus formas tan distintas de ser.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Alejandro Weinstein y (ACCE) Luis Danyau, por sus sabios consejos y directrices a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María en su totalidad; especialmente a Scarlett Lever, Jefa de la Unidad, por las facilidades entregadas para desarrollar con éxito este trabajo.

Palabras claves: Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento, Equipamiento Médico.

Resumen: *A medida que las instituciones prestadoras de salud van creciendo, aumenta también su dotación de equipamiento médico, y al mismo tiempo, la información que se debe gestionar; es por esto que se hace inevitable la necesidad de gestionar tanto la tecnología como la información que día a día se genera entorno a la misma.*

El propósito del presente trabajo es contribuir al manejo eficaz y eficiente de la información técnica y administrativa de las unidades de equipos médicos de instituciones tanto públicas como privadas, mediante el desarrollo de un prototipo de sistema computarizado de gestión del mantenimiento y gastos, que sea moldeable a la realidad de cada Institución. El desarrollo del sistema se llevó a cabo mediante la metodología de desarrollo de prototipos, donde se mantuvo un constante contacto con usuarios y expertos del tema.

El prototipo desarrolla pone a disposición del usuario siete módulos, correspondientes a los procesos de mayor generación de información al interior de una unidad de equipos médicos. Estos procesos incluyen el inventario del equipamiento médico, el registro de mantenimiento preventivo y correctivo, la gestión del instrumental médico, gestión de contratos de servicio técnico externo, la gestión del presupuesto y el análisis de la información contenida por el sistema.

El resultado obtenido del desarrollo y las pruebas realizadas al prototipo permiten definir que se cumplen con los objetivos declarados. Principalmente con la ayuda a la integración de la información en un mismo sistema, facilitando de esta forma la búsqueda de la misma. Los resultados obtenidos son satisfactorios, logrando almacenar de manera correcta la información y generando un análisis que agregue valor a la información almacenada.

En conclusión es factible desarrollar un sistema de manejo integral de la información, que sea amigable, facilite la búsqueda de la información y la muestra de una forma ordenada y procesada, permitiendo apoyar la toma de decisiones con respecto al equipamiento e instrumental médico. Mediante la implementación de módulos y perfiles de usuario se logra definir los flujos de información de manera que el flujo físico se asemeje al flujo informático, facilitando la adecuación al sistema por parte del usuario y permitiendo un tiempo de adaptación corto.

Tabla de Contenidos

Trabajo de
Título 2
2013-2

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	17
1.1 Introducción	17
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo General	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
CAPITULO II: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA	20
2.1 Estado del Arte: Situación Actual de Sistemas Informáticos de Apoyo a la Gestión del Mantenimiento de Equipos Médicos	20
2.1.1 Introducción al Estado del Arte.....	20
2.1.2 Estructura básica de un CMMS	20
2.1.3 Programas comerciales.....	21
2.2 Situación en Chile	25
2.3 Conclusiones del estado del arte	25
2.4 Análisis del problema	26
2.4.1 Introducción	26
2.4.2 Causas del problema	29
2.4.3 Efectos del problema.....	29
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
3.1 Estudio del Marco Teórico	31
3.1.1 Introducción al marco teórico.....	31
3.1.2 Elementos de un CMMS.....	31
3.1.3 Conceptos y flujos de una Unidad de Equipos Médicos.....	31
3.1.4 Marco normativo	33
3.2 Descripción de la solución propuesta	34
3.3 Diseño de la propuesta de solución	35
3.4 Descripción de la Metodología Empleada	36
3.5 Implementación	38
3.5.1 Investigación características funcionales de un CMMS	38
3.5.2 Especificación requerimientos funcionales.....	38
3.5.3 Revisión softwares disponibles.....	38
3.5.4 Comparación softwares disponibles vs. Requerimientos funcionales	38
3.5.5 Definición plataforma a utilizar.....	38
3.5.6 Elaboración de un modelo de funciones	38
3.5.7 Elaboración de diagramas de bases de datos	38
3.5.8 Separación del modelo en módulos a implementar	39
3.5.9 Desarrollo del prototipo	39
3.5.10 Validación intermedia	39
3.5.11 Modificaciones.....	39
3.5.12 Validación final.....	39
3.5.13 Verificación de funcionalidad.....	39
3.5.14 Requerimientos computacionales.....	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	41
4.1 Resultados Obtenidos	41

4.1.1	Investigación características funcionales de un CMMS.....	41
4.1.2	Especificación requerimientos funcionales: Informe de requerimientos 41	
4.1.3	Comparación softwares disponibles vs. Requerimientos funcionales.....	42
4.1.4	Definición plataforma a utilizar	42
4.1.5	Elaboración modelo de funciones	43
4.1.6	Elaboración de diagramas de bases de datos	43
4.1.7	Separación del modelo en módulos a implementar	43
4.1.8	Validación final.....	44
4.1.9	Verificación de funcionalidad.....	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		45
5.1	Discusión.....	45
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES		47
6.1	Conclusiones	47
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA		49
7.1	Bibliografía.....	49
ANEXOS.....		51
ANEXO 1: ESPECIFICACIÓN REQUERIMIENTOS FUNCIONALES: INFORME DE REQUERIMIENTOS.....		53
ANEXO 2: MODELADO DE FUNCIONES		61
ANEXO 3: MODELADO DE LA BASE DE DATOS		71
ANEXO 4: DEFINICIÓN DE INDICADORES		77
ANEXO 5: VALIDACIONES DEL PROTOTIPO		91
ANEXO 6: DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES MODULARES SEGÚN PERFIL DE USUARIO.....		97
ANEXO 7: VERIFICACION DE FUNCIONALIDAD: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.....		109

Abreviaturas y Siglas

Trabajo de
Título 2
2013-2

CMMS: Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento, por sus siglas en inglés “Computerized Maintenance Management System”.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

UEM: Unidad de Equipos Médicos.

11

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

12

Lista de Figuras

Trabajo de
Título 2
2013-2

Figura 1.- Mercado de dispositivos médicos por regiones (porcentaje de los ingresos por ventas). Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012).	26
Figura 2.- Modelo de la base de datos con sus tablas y relaciones. Fuente: Elaboración propia.	73
Figura 3.- Descripción de los campos que componen las tablas. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	74
Figura 4.- Descripción de los campos que componen las tablas. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	75
Figura 5.- Validación prototipo de sistema. Dr. Alejandro Weinstein.....	93
Figura 6.- Validación prototipo de sistema. Sr. (ACCE) Luis Danyau.....	94
Figura 7.- Validación prototipo de sistema. Ing. Biomédico Lissette Carvajal.	95
Figura 8.- Inicio Módulo Gestión del Inventario. Fuente: Elaboración propia.	99
Figura 9.- Inicio Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo, perfil Administrador. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 10.- Inicio Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo, perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 11.- Inicio Módulo Gestión Mantenimiento Correctivo, perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.....	102
Figura 12.- Inicio Módulo Gestión Contratos Servicio Técnico Externo, perfil Administrador/Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 13.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Administrador/Calidad. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 14.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.....	104
Figura 15.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Esterilización. Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 16.- Módulo Gestión Presupuesto, ejemplo análisis presupuesto 2013. Fuente: Elaboración propia.....	106
Figura 17.- Módulo Análisis de la Información, ejemplo análisis indicadores. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 18.- Ventana de ingreso de equipamiento nuevo. Fuente: Elaboración propia.....	111
Figura 19.- Ventana de resultados búsqueda de equipo médico inventario. Fuente: Elaboración propia.....	111
Figura 20.- Filas insertadas en la tabla “inventario”. Fuente: Elaboración propia.	112
Figura 21.- Interfaz de inicio de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia.	112
Figura 22.- Interfaz de término de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia.....	113
Figura 23.- Filas insertadas en la tabla “preventiva”. Fuente: Elaboración propia.	113
Figura 24.- Ingreso de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo mediante la interfaz de usuario. Fuente: Elaboración propia.	114
Figura 25.- Interfaz de selección de orden de trabajo para ingresar datos de finalización de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia.	115
Figura 26.- Filas insertadas en la tabla “correctiva”; correspondiente a los registros de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia.	115

**Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.**

14

Figura 27.- Módulo de Gestión del Instrumental, ingreso de nueva reparación perfil Esterilización. Fuente: Elaboración propia.....	116
Figura 28.- Módulo Gestión Instrumental Médico, interfaz envío a reparación perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.....	117
Figura 29.- Módulo Gestión Instrumental Médico, recepción instrumental perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.....	117
Figura 30.- Módulo Gestión Instrumental Médico, inicio común para todos los perfiles. Fuente: Elaboración propia.....	118
Figura 31.- Filas insertadas en la tabla “registro” correspondiente al módulo Gestión del Instrumental Médico. Fuente: Elaboración propia.	118
Figura 32.- Módulo Gestión de Contratos Servicio Técnico Externo, ejemplo historial de contratos de un equipo específico. Fuente: Elaboración propia.	119
Figura 33.- Módulo Gestión Presupuesto, interfaz de ingreso del monto de presupuesto. Fuente: Elaboración propia.....	120
Figura 34.- Módulo Gestión Presupuesto, histórico de presupuestos. Fuente: Elaboración propia.	121
Figura 35.- Módulo Gestión Presupuesto, detalle del año 2013. Fuente: Elaboración propia.	121
Figura 36.- Módulo Análisis de la Información, ejemplo indicadores equipo médico. Fuente: Elaboración propia.....	122

Lista de Tablas

Trabajo de
Título 2
2013-2

15

Tabla 1.- CMMS seleccionados para el análisis. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 2.- Análisis de las funciones de diez CMMS comerciales en comparación con los requisitos básicos entregados por la OMS. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 3.- Estudio orientado al análisis de los cinco sistemas informáticos diseñados para la gestión del equipamiento médico.	23
Tabla 4.- Sistemas informáticos CMMS implementados en instituciones prestadoras de salud nacionales. Fuentes: (IBM, 2010); (Sistemas Médicos Ltda., 2010).	25
Tabla 5.- Ingresos por ventas de dispositivos médicos en países de ingresos medianos. Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012).	27
Tabla 6.- Detalle de las etapas de la propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia.	35
Tabla 7.- Descripción metodológica de las actividades a implementar parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	36
Tabla 8.- Descripción metodológica de las actividades a implementar parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 9.- Análisis para selección del lenguaje de programación a utilizar. Fuente: (Valdés, 2007) ...	42
Tabla 10.- Requerimiento funcionales según necesidad que satisfacen. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 11.- Descripción de la función: Gestión del Inventario. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 12.- Descripción de la función: Gestión del Mantenimiento Preventivo. Fuente: Elaboración propia.....	64
Tabla 13.- Descripción de la función: Gestión del Mantenimiento Correctivo. Fuente: Elaboración propia.....	65
Tabla 14.- Descripción de la función: Gestión del Instrumental Médico. Parte 1 Fuente: Elaboración propia.....	66
Tabla 15.- Descripción de la función: Gestión del Instrumental Médico. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 16.- Descripción de la función: Gestión de Contratos de Servicio Técnico Externo. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 17.- Descripción de la función: Gestión del Presupuesto. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 18.- Descripción de la función: Análisis de Indicadores. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 19.- Clasificación de la información disponible según el tipo de dato. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 20.- Definición de variables consideradas para el análisis. Fuente: Elaboración propia.	80
Tabla 21.- Variables necesarias para el cálculo de los indicadores. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 22.- Variables necesarias para el cálculo de los indicadores. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	83
Tabla 23.- Diseño del indicador. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.	84
Tabla 24.- Diseño del indicador. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.	85
Tabla 25.- Diseño del indicador. Parte 3. Fuente: Elaboración propia.	86

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

16

Desarrollo de un Prototipo de Sistema Informático de Apoyo a la Gestión del Mantenimiento y Gastos en Equipamiento Médicos para una Unidad de Equipos Médicos

Xana Isabel Palacio Álvarez

Escuela de Ingeniería Civil Biomédica, Universidad de Valparaíso, Chile

Palabras claves: Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento, Equipamiento Médico, Unidad de Equipos Médicos.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

A medida que las instituciones prestadoras de salud van creciendo se genera una creciente tasa de adquisición de dispositivos médicos esenciales para prestar una atención sanitaria de calidad. Esto hace necesaria la gestión de los mismos con mayor eficacia y eficiencia. Por este motivo nacen los denominados Sistemas Computarizados de Gestión del Mantenimiento (CMMS en inglés), herramientas que pueden ayudar a mejorar la gestión general de los equipos médicos de las instituciones (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Un CMMS recoge información que puede variar de una institución a otra según las diversas realidades, pero siempre comprende al inventario de equipos médicos y suele incluir información como el historial de reparaciones y mantenimiento de los equipos, los procedimientos de mantenimiento preventivo, indicadores de desempeño e información de costos (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Bajo este concepto y en función de lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud en la “Serie de Documentos Técnicos sobre Dispositivos Médicos”, el presente trabajo aborda el tópico de gestión del equipamiento médico desde la visión de una unidad de equipos médicos, la cual tiene como principal objetivo asegurar la continuidad operativa del equipamiento médico con el que cuenta, cumpliendo con los estándares de calidad de la institución.

Se contribuirá al manejo eficaz de la información desarrollando un prototipo de sistema informático de apoyo a la gestión del mantenimiento y los gastos en equipamiento médico, el cual estará regido por las recomendaciones de la OMS en su documento “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento”, y según los conocimientos de procesos internos de las unidades de

**Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.**

equipos médicos en instituciones prestadoras de salud, tomando como ejemplo de organización a Clínica Santa María. Se pretende generar una herramienta que disminuya los tiempos administrativos, y que sea capaz de analizar la información contenida para apoyar la toma de decisiones en base a indicadores por equipo médico.

La metodología implementada consta de cinco etapas que corresponden a: (1) Definición de requerimientos, (2) Estudio de factibilidad, (3) Diseño, (4) Desarrollo prototipo y (5) Pruebas de funcionalidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Contribuir al manejo eficaz y eficiente de la información técnica y administrativa de las unidades de equipos médicos de Instituciones tanto públicas como privadas, mediante el desarrollo de un prototipo de sistema informático de gestión de mantenimiento y gastos, que sea moldeable a la realidad de cada Institución.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Disminuir el tiempo invertido por el personal responsable en la generación y búsqueda de información relativa al equipamiento médico.
- Concentrar toda la información en una única plataforma.
- Mantener registros históricos de mantenimiento preventivo y correctivo que apoyen a la toma de decisiones.
- Apoyar a la toma de decisiones mediante el control del equipamiento según indicadores específicos.

2.1 Estado del Arte: Situación Actual de Sistemas Informáticos de Apoyo a la Gestión del Mantenimiento de Equipos Médicos

2.1.1 Introducción al Estado del Arte

El aumento en el número de dispositivos médicos de los que dependen las instituciones prestadoras de salud para cumplir con su objetivo de otorgar una atención de calidad, llevó a la OMS a desarrollar una “Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos”. Esta serie de ocho documentos fue escrita por expertos internacionales, y revisada por miembros del Grupo Consultivo Técnico sobre Tecnología Sanitaria, fundado en 2009. Finalmente estos manuales fueron publicados en febrero de 2012 para su conocimiento mundial. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Paralelamente, se desarrolla en Chile el “Reglamento del Sistema de Acreditación para los Prestadores Institucionales de Salud”, publicado en su primera versión en el Diario Oficial el día 3 de agosto de 2007, bajo el Decreto Supremo N°15, en el cual se menciona la publicación de Manuales de Estándares de Acreditación, en el Título II Artículo 8 del mismo decreto (Intendencia de Prestadores, Unidad de Acreditación, 2007). Bajo esta línea surgen los “Manuales del Proceso de Acreditación de Prestadores de Salud” en 2009, los cuales indican los estándares mínimos para cumplir con la Acreditación Nacional. En este ámbito se indica que cada institución de salud debe realizar un seguimiento de la vida útil de sus equipos, documentarlo generando reportes de la necesidad de reposición de equipamiento crítico, establecer un plan de mantenimiento de los equipos y mantener registros de la ejecución del plan de mantenimiento, entre otros (Super Intendencia de Salud, 2009).

El presente estado del arte se enfoca en identificar la manera en que actualmente se enfrenta la necesidad de gestionar el equipamiento médico y la información que el mismo genera día a día, a través del uso de Sistemas Informáticos de Gestión del Mantenimiento.

Durante esta sección se estudiarán los CMMS disponibles en el mercado y la implementación de los mismos en instituciones prestadoras de salud a nivel nacional.

2.1.2 Estructura básica de un CMMS

En relación a los documentos de la OMS, un CMMS integra todos los servicios relativos a los equipos médicos en una base de datos compuesta por campos, tablas, módulos y pantallas (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Los módulos básicos para clasificar un sistema informático como un “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento” son cuatro: (Organización Mundial de la Salud, 2012)

1. Módulo de inventario de equipos: Definido como el núcleo de todo CMMS y el primero que se desarrolla. Se identifican tres datos básicos para la inclusión de un nuevo equipo al inventario; (1) tipo de equipo, (2) modelo de equipo y (3) ubicación del equipo.

2. Módulo de inventario y gestión de repuestos: La gestión de piezas es una extensión del módulo de inventario que sirve para realizar el seguimiento de los repuestos relacionados con los equipos y ayudar a mantener los niveles de existencias.
3. Módulo de mantenimiento: Se puede utilizar tanto para el mantenimiento preventivo como para el mantenimiento correctivo. Es muy frecuente determinar mediante este módulo el número de horas de funcionamiento del equipo mediante un registro completo de las mantenciones realizadas a los equipos.
4. Módulo de gestión de contratos: Su principal uso es el seguimiento de todos los servicios de mantenimiento prestados por entidades externas. Los principales factores que hay que controlar son el costo y el desempeño, tanto de los proveedores como de los equipos.

2.1.3 Programas comerciales

2.1.3.1 CMMS de diseño general

Para poder determinar cuáles son los módulos que actualmente están utilizando los CMMS que se encuentran disponibles en el mercado, se analizaron diez de estos sistemas comercializados. Los sistemas informáticos evaluados se obtienen desde el listado ofrecido por la OMS en el mismo documento, los diez seleccionados son los que se mencionan en la Tabla 1. La información analizada fue obtenida desde sus páginas web, y nos permite realizar una comparación con los requisitos básicos que estipula la OMS en su documento “Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento” (Organización Mundial de la Salud, 2012). De la misma manera los ítems a evaluar se extraen del documento de la OMS. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 2.

CMMS	Proveedor	Página Web
Azzier	Tero	www.azzier.com
Proteus	Eagle	www.eaglecmms.com
Aims	Ecri	www.ecri.org.uk/ecriaims/index.html
Site Fm CMMS	Site Fm	www.sitefm.com
Ises Corp CMMS	ISES corporation	www.isescorp.com
Maintenance connection Web-Based CMMs Software	Maintenance connection	www.maintenanceconnection.com
MicroMain Maintenance Healthcare	Micromain	www.micromain.com
Mpulse maintenance Software	Mpulse	www.mpulsesoftware.com
CMMS for hospital	Peak industrial solutions	www.cmms4hospitals.com
Asset Enterprise	St. Croix Systems Corporation	www.stcroixsystems.com

Tabla 1.- CMMS seleccionados para el análisis. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

22

Características	MP9	Maximo Asset Management	Azzier	Proteus	Aims	Site Fm CMMS	Ises Corp CMMS	Maintenance connection web-based CMMS Software	MicroMain Maintenance Healthcare	Impulse maintenance Software	CMMS for Hospital	Asset Enterprise	Total	%
Módulos														
Inventario de equipos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Gestión del mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Gestión inventario de repuestos	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Gestión ordenes de trabajo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Historial del equipo		X	X	X	X	X	X		X		X	X	8	80
Información de proveedores			X	X	X	X		X	X	X	X	X	9	90
Gestión de contratos		X		X	X	X		X	X	X	X	X	8	80
Análisis de costos y presupuestos		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	9	90
Funciones														
Planificación y calendarización del mantenimiento preventivo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Envío de OT al mail			X	X	X		X	X	X	X			7	70
Ingreso de factor de riesgo					X	X			X				3	30
Ubicación detallada de los equipos	X	X	X	X	X	X			X		X	X	7	70
Reportes		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	100
Monitoreo de actividades de mantenimiento	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	9	90

Tabla 2.- Análisis de las funciones de diez CMMS comerciales en comparación con los requisitos básicos entregados por la OMS. Fuente: Elaboración propia.

Del estudio realizado se identifica que el 80% de los CMMS analizados presenta los cuatro módulos identificados como requerimientos mínimos por la OMS para ser catalogado como un

sistema computarizado de gestión del mantenimiento, ya que dos de estos softwares no incluyen entre sus características el módulo de gestión de contratos. Un 90% presenta un listado de proveedores y análisis de gastos y presupuestos como herramientas extras.

Por parte de las funciones específicas, el 100% de los CMMS analizados presentan la posibilidad de planificar y calendarizar el mantenimiento preventivo, además de generar reportes. A pesar de que todos los CMMS trabajan con el sistema de órdenes de trabajo, solo un 70% tiene la opción de enviar esta OT por mail.

Solo algunos desarrolladores toman en consideración la evaluación del factor de riesgo de los equipos, lo que representa un 30% de los CMMS analizados.

2.1.3.2 CMMS orientados a la gestión de equipamiento médico

De los sistemas informáticos analizados, cinco son de diseño exclusivo para la gestión del equipamiento médico: Ecri Aims, Site Fm, Micro Main Maintenance Healthcare, CMMS for hospital y Asset Enterprise. Por lo que se procede a realizar un estudio enfocado específicamente en estos cinco sistemas. El resumen de este análisis se observa en la Tabla 3.

Características	MP9	Maximo Asset Management	Ecri Aims	Site Fm	Micro Maintenance Healthcare	CMMS for hospital	Asset Enterprise	Total	%
Planificación y calendarización mantenimiento preventivo	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Gestión de contratos			X	X	X	X	X	5	100
Reportes		X	X	X	X	X	X	5	100
Inventario Equipos	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Planillas de inspección	X		X					1	20
Inventario de repuestos	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Historial del equipos		X	X	X	X	X	X	5	100
Orden de trabajo	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Historial Orden de trabajo	X	X				X		1	20
Orden de compra					X	X		2	40
Presupuestos		X	X	X	X	X	X	5	100
Información Proveedores			X	X	X	X	X	5	100
Módulo de mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Ubicación detallada del equipamiento	X	X	X	X	X	X	X	5	100
Reporte y monitoreo de las actividades de mantenimiento	X	X			X			1	20

Tabla 3.- Estudio orientado al análisis de los cinco sistemas informáticos diseñados para la gestión del equipamiento médico.

**Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.**

Como resultado de este análisis podemos observar que existe una gran cantidad de módulos y funciones que se repiten de un CMMS a otro. Por otra parte, vemos que existen funciones como el reporte de las actividades de mantenimiento y el historial de órdenes de trabajo, que mantienen un porcentaje de inclusión bajo, a pesar de las recomendaciones de la OMS en su documento “Sistema computarizado de gestión del mantenimiento” de incorporar esta herramienta para poder realizar un correcto seguimiento de la vida útil del equipamiento.

2.2 Situación en Chile

Chile no ha quedado al margen en el aumento de la información relativa al equipamiento médico, y las instituciones prestadoras de salud, tanto privadas como públicas, han empezado a implementar sistemas informáticos para el manejo de la misma y así gestionar sus equipos. Los principales sistemas informáticos utilizados en instituciones chilenas se muestran en la Tabla 4.

Sistema informático	Instituciones prestadoras de salud
MAXIMO ASSET MANAGEMENT	Clínica Santa María, Clínica Alemana, Clínica las Condes, Clínica de la U. Católica
SYSMAN	Clínica las Lilas
MP9	Hospital Eduardo Pereira, Hospital de Curicó, Instituto Traumatológico, Instituto Nacional del Tórax, Complejo Hospitalario san José de Maipo, Hospital de Carabineros.

Tabla 4.- Sistemas informáticos implementados en instituciones prestadoras de salud nacionales. Fuentes: (IBM, 2010); (Sistemas Médicos Ltda., 2010).

25

2.3 Conclusiones del estado del arte

Cada vez se hace más clara la necesidad de gestionar el equipamiento médico de las Instituciones; queda en manifiesto que existen diversos tipos de sistemas informáticos de gestión del mantenimiento comerciales, que ayudaran en la labor a los responsables de gerenciar los equipos.

Podemos definir un rango de 4 a 5 funciones básicas, y que comparten los sistemas informáticos analizados, tales como:

1. Inventario de equipamiento médico.
2. Módulo de mantenimiento.
3. Gestión de órdenes de trabajo.
4. Planificación y calendarización del mantenimiento preventivo.
5. Gestión de contratos.

Estas funciones están respaldadas y justificadas técnicamente en el documento “Sistema computarizado de gestión del mantenimiento” de la OMS.

El mayor aporte de este tipo de sistemas está en el manejo de la información, específicamente, la rapidez de procesamiento, generación, análisis y almacenamiento de la información relativa a los equipos médicos. Chile no se queda atrás en esta materia, y es posible observar instituciones tanto privadas como públicas que ya cuentan con este apoyo para la gestión del equipamiento médico.

2.4 Análisis del problema

2.4.1 Introducción

Los dispositivos médicos se han convertido en un elemento crucial de la atención de la salud, que permite a las instituciones prestadoras de salud diagnosticar, atender, monitorear y tratar a los pacientes en un entorno de atención adecuado. La gestión de calidad de los mismos ayuda a garantizar que estos servicios se proporcionen de forma segura y eficaz (Organización Mundial de la Salud, 2012).

A pesar de que no existen cifras fidedignas, la OMS declara que “según estimaciones generalmente aceptadas, hoy día hay disponibles en el mercado mundial de orden de 10.000 categorías principales diferentes de dispositivos médicos; si se suma el inmenso número de variantes diferentes, la cifra sube hasta alrededor de 90.000, y algunas estimaciones dan una cifra total de hasta 1.500.000.” (Organización Mundial de la Salud, 2012).

La industria de los dispositivos médicos es uno de los sectores más vitales y dinámicos de la economía. Se calcula que, en 2008, los ingresos por ventas de dispositivos médicos en todo el mundo ascendieron a algo más de 210.000 millones de dólares estadounidenses, casi el doble que la cifra calculada correspondiente a 2001, lo que supone una tasa anual de crecimiento del 6% aproximadamente (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Según se muestra en la Figura 1, cuatro quintas partes de los ingresos mundiales de las ventas de dispositivos médicos proceden de los continentes americano y europeo.

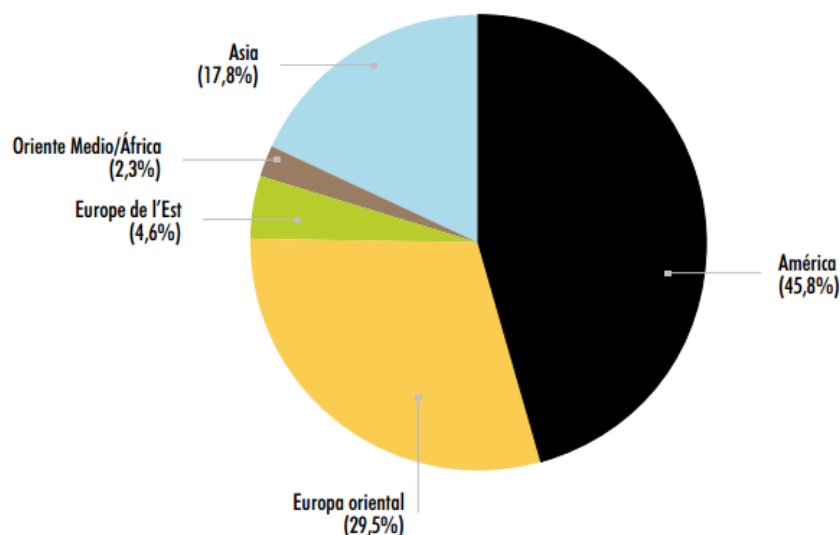


Figura 1.- Mercado de dispositivos médicos por regiones (porcentaje de los ingresos por ventas). Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Si nos centramos en la realidad chilena como un país de ingresos medianos, como se observa en la Tabla 5, los ingresos por ventas de dispositivos médicos llegan a 309 millones de dólares estadounidenses, situándose en la posición número 16 de un total de 67 países.

		Ingresos por ventas Dólares EE. UU (millones)	%
1	China	6161	28,6
2	Brasil	2606	12,1
3	México	1890	8,8
4	India	1617	7,5
5	Turquía	1062	4,9
6	Malasia	826	3,8
7	Sudáfrica	701	3,2
8	Tailandia	661	3,1
9	Colombia	530	2,5
10	Irán	465	2,2
11	Argentina	419	1,9
12	Egipto	416	1,9
13	Venezuela	371	1,7
14	Rumania	355	1,6
15	Cuba	345	1,6
16	Chile	309	1,4
17	Viet Nam	288	1,3
18	Croacia	255	1,2
19	Belarús	253	1,2
20	Ucrania	249	1,1
21	Bulgaria	229	1,1
22	Lituania	291	0,9
23	Serbia	199	0,9
24	Indonesia	194	0,9
25	Pakistán	184	0,8
26	Perú	183	0,8
27	Filipinas	163	0,8
28	Marruecos	152	0,7
29	Jordania	144	0,7
30	Letonia	141	0,6
Subtotal		21569	100

Tabla 5.- Ingresos por ventas de dispositivos médicos en países de ingresos medianos.
Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2012).

Esto demuestra que la comercialización de equipos médicos ha aumentado de manera considerable. Al mismo tiempo que hospitales y clínicas se dotan con una mayor cantidad de equipos médicos, también se generan cada vez más procedimientos y protocolos que apuntan al correcto gerenciamiento de la información que estos traen consigo. Por consiguiente, el manejo de toda esta información creciente, hace patente la necesidad de implementar sistemas informáticos que manipulen y nos entreguen datos procesados que agreguen un valor a este conjunto de información.

Enfocándose en el contexto hospitalario, tanto una clínica privada como un hospital público requieren gestionar su equipamiento médico ya que lo utilizan como herramienta principal para prestar sus servicios. Es de suma importancia mantener un orden con la información que se maneja, si esto no se logra, la unidad de equipos médicos encargada de mantener la continuidad operativa de la institución no podrá realizar su trabajo de una manera eficiente y eficaz, encontrándose con fallas inesperadas y gastos no considerados en sus presupuestos debido al mal gerenciamiento de su equipamiento.

La problemática que se enfrenta presenta dos aristas con enfoques distintos:

1. Clínica privada: La clínica privada tiene como principal objetivo asegurar la continuidad operativa de su equipamiento médico resguardando la seguridad de sus procesos y procedimientos, y siempre cumpliendo con los estándares de calidad. A pesar de que deben cumplir con un presupuesto al igual que cualquier institución, esto lo logran manteniendo su operación. Es por esto que tener un registro del funcionamiento y los tiempos de parada del equipamiento es de suma importancia para el análisis del ciclo de vida.
2. Hospital público: Los hospitales públicos deben ser capaces de asegurar ciertas prestaciones de salud mínimas con un presupuesto limitado; es por esto que la unidad de equipos médicos de un hospital público, debe vigilar todos sus gastos, optimizando al máximo los recursos existentes.

Actualmente los softwares disponibles no se centran en las necesidades específicas de cada institución, siendo de modificar según las realidades que necesitan atender cada una de estas. Además de la poca adaptabilidad, la inclusión de variantes a los sistemas no siempre es completa, debiendo utilizar más de un software dentro de una misma unidad de equipos médicos.

A continuación se detallan las causas y los efectos de los problemas detectados.

2.4.2 Causas del problema

- Programas informáticos independientes y no integrados.

Como vemos en el estudio de la Tabla 3, los programas disponibles presentan diferentes módulos o funciones, y ninguno reúne todas las características deseables por una unidad de equipos médicos. Esto genera en algunos casos el uso de varios sistemas informáticos de manera simultánea para lograr cubrir todas las necesidades de la unidad.

29

- Programas de difícil manejo y con alta tasa de fallas.

Los sistemas mencionados presentan problemas de desempeño, con una tasa de falla no menor. Además su uso no es intuitivo, lo que genera demoras en el aprendizaje del usuario, y por ende retrasa el análisis de los datos.

- Falta de adaptabilidad

Los sistemas comerciales actuales presentan una estructura rígida, que se bien permiten organizar la información de la Institución, en muchas ocasiones imponen un flujo de trabajo que no se adapta a la realidad de la Unidad.

2.4.3 Efectos del problema

- No existe control de los tiempos de downtime de los equipos.

Al no realizarse un seguimiento del tiempo que está en reparación el equipamiento médico, no se puede determinar de manera rápida y certera el tiempo en que el equipo estuvo no operativo.

- Falta de análisis e integración de la información almacenada.

No se tiene control sobre cuantas veces se ha enviado a reparar un equipamiento por la misma falla, ni sobre cuando el costo de reparar es más alto que el de reponer el equipamiento.

- Falta de control sobre el uso del presupuesto asignado.

No se realiza un seguimiento a los gastos utilizados para mantener operativa la institución, relacionando dichos gastos de manera automática con el presupuesto con el que dispone la unidad de equipos médicos.

- Tiempos de acostumbramiento elevados.

Al no poder ajustarse estos sistemas al flujo de trabajo natural de la unidad de equipos médicos, son los usuarios los que deben modificar su metodología de trabajo para satisfacer las necesidades del sistema.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

30

3.1 Estudio del Marco Teórico

3.1.1 Introducción al marco teórico

El trabajo se enmarca en el área de la informática médica. Según la literatura estudiada en el estado del arte, la mejor solución ante el problema presentado es el desarrollo de un sistema computarizado de manejo del mantenimiento y sus gastos asociados, enfocado a las unidades de equipos médicos y ajustable a sus realidades.

Por este motivo, el presente marco teórico establece de forma conceptual la manera de encarar el estudio y otorga los conocimientos básicos para la comprensión del contexto en que se desarrolla el trabajo: Los sistemas informáticos en salud orientados a la gestión del equipamiento médico.

3.1.2 Elementos de un CMMS

Según informes de la OMS, los principales elementos que comprenden el núcleo de un CMMS son 4:

1. Inventario de equipos: es el núcleo de un CMMS. Corresponde a una base de datos donde se almacena la información de todos los equipos médicos instalados.
2. Inventario y gestión de repuestos: es una extensión del módulo de inventario, donde se mantiene un registro de los repuestos relacionados a cada equipamiento médico.
3. Mantenimiento: módulo requerido para cualquier acción, ya sea correctiva o preventiva, que se realice para asegurar la continuidad operativa del equipamiento bajo los niveles de calidad de la institución.
4. Gestión de contratos: su principal uso es realizar el seguimiento de todos los servicios de mantenimiento prestados por entidades externas. Los principales factores que hay que controlar son el costo y el desempeño.

Estos son los cuatro módulos que definen a un CMMS, a partir de estos se pueden desarrollar módulos según la necesidad de la institución.

3.1.3 Conceptos y flujos de una Unidad de Equipos Médicos

3.1.3.1 *Conceptos*

1. **Dispositivo médico:** Producto, instrumento, aparato o máquina que se usa para la prevención, el diagnóstico o el tratamiento de enfermedades, dolencias, o para detectar, medir, restaurar, corregir o modificar la anatomía o función del organismo con un fin sanitario. Habitualmente, el objetivo que se persigue con un dispositivo médico no se alcanza por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

2. **Equipo Médico:** Dispositivo médico que exige calibración, mantenimiento, reparación, capacitación de usuario y desmantelamiento, actividades que por lo general están a cargo de ingenieros clínicos. Los equipos médicos se usan con un fin determinado de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o de rehabilitación después de una enfermedad o lesión. Se los puede usar individualmente, con cualquier accesorio o consumible, o con otro equipo médico. El término “equipo médico” excluye los implantes y los dispositivos médicos desechables o de un solo uso (Organización Mundial de la Salud, 2012).
3. **Mantenimiento Preventivo:** Mantenimiento que se realiza para prolongar la vida útil del dispositivo y prevenir desperfectos. El mantenimiento preventivo habitualmente se programa a intervalos definidos e incluye tareas de mantenimiento específicas como lubricación, limpieza o remplazo de pieza que generalmente se desgastan o que tienen una vida útil limitada (Organización Mundial de la Salud, 2012).
4. **Mantenimiento Correctivo:** Proceso para restaurar la integridad, seguridad o el funcionamiento de un dispositivo después de una avería. El mantenimiento correctivo y el mantenimiento no programado se consideran sinónimos de reparación (Salud, 2012).
5. **Servicio Clínico:** Corresponde a los Servicios de Clínica Santa María que dentro de sus prestaciones realiza diagnóstico, tratamiento, monitoreo o apoyo a lo anterior, lo cual se ha denominado soporte (Salud, 2012).

3.1.3.2 Procedimientos y flujos

Una unidad de equipos médicos se compone de una cantidad no menor, pero finita, de procesos bien definidos. De estos se desprende toda actividad ligada a asegurar la operación del equipamiento médico, siempre cumpliendo los estándares de seguridad y calidad que se establece para su Institución.

Para la definición de estos procesos, se tomó como ejemplo la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María. Esta unidad posee veintisiete procesos bien definidos. Dentro de estos procesos, se pueden destacar los que están completamente ligados al aseguramiento de la calidad de los equipos médicos, correspondientes a los que generan la información necesaria para su correcto gerenciamiento. Estos procesos, son los siguientes:

1. **Inventario de Equipamiento Médico:** La unidad de equipos médicos es la responsable de mantener y actualizar constantemente el inventario de equipamiento médico. Para asegurar lo anterior es que primeramente se realiza el ingreso del equipo al inventario (Lever, 2013).
2. **Baja Equipamiento Médico:** La unidad de equipos médicos es responsable de elaborar un informe técnico que valide la solicitud de baja de un equipamiento médico que realice un servicio clínico (Lever, 2013).

3. **Contratación de Servicios de Mantenimiento:** La unidad de equipos médicos evaluará la necesidad de contratar un servicio técnico externo para la mantención del equipamiento médico (Lever, 2013).
4. **Mantenimiento Correctivo:** Toda vez que un equipo médico presente un problema, este debe ser notificado a la unidad de equipos médicos. Una vez evidenciado el problema, y siempre que se requiera, se solicitará la asistencia del proveedor para la resolución del problema en el menor tiempo posible. No obstante, dependiendo de la falla y del tipo de reparación requerida, se puede proceder con la baja del equipo (Lever, 2013).
5. **Mantenimiento Preventivo:** El proceso de mantenimiento preventivo se inicia con la determinación de las variables que serán evaluadas en cada equipo para determinar cuáles serán incorporados en el programa de mantenimiento preventivo, y lo más importante, la frecuencia con la cual se realizará la mantención preventiva. El proceso culmina con la ejecución de las mantenciones preventivas de acuerdo al calendario establecido para ello (Lever, 2013).
6. **Seguimiento Vida Útil:** El equipamiento médico tiene una duración finita, lo anterior es conocido como vida útil y corresponde a los años en los cuales el equipo podrá ser utilizado en condiciones seguras y de calidad. El personal de la unidad de equipos médicos tiene como fin disminuir las mantenciones correctivas que pueda requerir el equipamiento médico, ya que son éstas las que determinarán si el equipo se encuentra en condiciones de seguir operando o es necesario darlo de baja (Lever, 2013).

Estos flujos son los que tiene un impacto directo en la producción y operación correcta del equipamiento médico en los diversos servicios de las instituciones prestadoras de salud.

3.1.4 Marco normativo

En esta sección se presenta una recopilación de normas que tienen relación con las tecnologías informáticas y comunicaciones que aplican para el desarrollo e implementación de un CMMS.

1. ISO 27001: Sistemas de gestión de seguridad de la información.

Define como organizar la seguridad de la información en cualquier tipo de organización. Aporta un sistema de gestión, cuyo objetivo es proteger los datos e información relacionada contra cualquier amenaza (IS&BCA, 2010).

2. ISO 12207: Ciclo de vida del desarrollo de software.

Establece un marco de referencia común para los procesos del ciclo de vida del software, con una terminología bien definida a la que puede hacer referencia la industria del software. Contiene procesos, actividades y tareas para aplicar durante la adquisición de un sistema que contiene

software, un producto puro o un servicio software, y durante el suministro, desarrollo, operación y mantenimiento de productos software (Software Engineering Process Technology, 2008).

3.2 Descripción de la solución propuesta

La solución propuesta al problema planteado corresponde al desarrollo de un Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento y Gastos Asociados. El estudio del marco teórico, permite vislumbrar cómo el empleo de un CMMS integral para la solución de este problema, entregará la opción de almacenar la información de las actividades de mantenimiento realizadas a los equipos, permitiendo generar análisis de costos y análisis históricos que apoyarán a la toma de decisiones. Al mismo tiempo permitirá facilitar la búsqueda de información, ya que se encontrará todo en un mismo sistema, evitando el traslado de datos y permitiendo organizar la información según un patrón lógico.

El Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento (CMMS) será desarrollado de manera general, siendo aplicable a cualquier institución tanto pública o privada. Los flujos de información se realizan de manera general, permitiendo el ingreso de parámetros específicos de la institución y entregando un primer prototipo adaptable a las necesidades.

Para el desarrollo del CMMS, se tomará como referencia el documento de la OMS, "Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento". Este documento presenta las directrices sobre la estructura básica de un CMMS, además de entregar los lineamientos para el desarrollo de un CMMS. Este documento, al ser realizado por la OMS, cumple con estándares de calidad y se encuentra orientado a departamentos de ingeniería clínica.

3.3 Diseño de la propuesta de solución

La propuesta de solución se divide en cinco etapas con sus correspondientes actividades, que se detallan en la Tabla 6.

Etapa	Actividades	Hito
1. Definición requerimientos	1. Investigación características funcionales de un CMMS	HITO 1: Informe de requerimientos
	2. Especificación requerimientos funcionales	
2. Estudio factibilidad	3. Revisión softwares disponible	HITO 2: Selección de plataforma a utilizar
	4. Comparación softwares disponibles vs. requerimientos funcionales	
	5. Definición plataforma a utilizar	
3. Diseño	6. Elaboración de un modelo de funciones	HITO 3: Modelado del sistema
	7. Elaboración de diagramas de bases de datos	
	8. Separación del modelo en módulos a implementar	
4. Desarrollo prototipo	9. Desarrollo del prototipo	HITO 4: Software funcional validado
	10. Validación intermedia	
	11. Modificaciones	
5. Pruebas de funcionalidad	12. Validación final	HITO 5: Informe de desempeño
	13. Dotación de datos	
	14. Verificación de funcionalidad	

Tabla 6.- Detalle de las etapas de la propuesta de solución. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.- Descripción metodológica de las actividades a implementar parte 1. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Descripción de la Metodología Empleada

Las actividades mencionadas en la Tabla 6 se planificaron con el objetivo de tomar decisiones informadas y no en base a suposiciones. La Tabla 7 y Tabla 8 muestran la descripción de la metodología utilizada en cada actividad.

Actividad	Objetivo	Metodología
1.- Investigación características funcionales de un CMMS	Definición de las características básicas para clasificar un sistema computarizado de ayuda a la gestión como un CMMS.	Revisión de documentos correspondientes a definición y elaboración de un sistema CMMS.
2.- Especificación requerimientos funcionales	Determinación de las necesidades de una Unidad de Equipos Médicos en función del flujo de información correspondiente a su funcionamiento y en base a las características básicas de un CMMS.	Mediante entrevistas con (ACCE) Luis Danyau y Sra. Scarlett Lever, Jefa de la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María, se determinan requerimientos mínimos funcionales.
3.- Revisión softwares disponibles	Identificación de características actualmente disponibles en CMMS comerciales.	Revisión web de características de CMMS comerciales encontrados en documentos que definen un CMMS.
4.- Comparación softwares disponibles vs. Requerimientos funcionales	Identificación de características que marcan la diferencia entre los CMMS actuales y el sistema a desarrollar según los requerimientos funcionales definidos.	Mediante una comparación de funciones entregadas por los sistemas comerciales y por los requerimientos funcionales, se determina el cumplimiento de las funciones básicas para ser considerado un CMMS.
5.- Definición plataforma a utilizar	Definición de la plataforma de programación.	En base a un análisis de los sistemas disponibles para el desarrollo de un CMMS y al conocimiento previo, se determina cual será el ambiente de programación.
6.- Elaboración de un modelo de funciones	Definir perfiles de usuario con funciones y responsabilidades.	A partir del documento de requerimientos funcionales, se elabora una descripción de funciones por perfil usuario, y se definen las funciones automáticas del sistema.

Actividad	Objetivo	Metodología
7.- Elaboración de diagramas de bases de datos	Diseñar la base de datos y sus conexiones a partir del diagrama entidad relación.	Utilizando el programa MySQL Workbench se crean las relaciones entre tablas y se detallan los atributos.
8.- Separación del modelo en módulos a implementar	Especificación de los módulos que conformarán el sistema, y definición de un orden de programación.	Las funciones del sistema se separan en módulos para su desarrollo; estipulando el orden de realización de los mismos.
9.- Desarrollo del prototipo	Programación de cada módulo del sistema e integración de los mismos.	Se comienza con la programación de sistema informático; desarrollando los módulos según lo especificado.
10.- Validación intermedia	Verificación de flujos, verificación de errores y validación intermedia de los módulos.	Se utilizará una serie de validaciones intermedias, donde los avances se irán presentando tanto al Jefe de la Unidad de Equipos Médicos, como al Dr. Alejandro Weinstein y al (ACCE) Luis Danyau.
11.- Modificaciones	Corrección de errores por módulos.	En base a las validaciones intermedias, se corrigen errores y modifican funcionalidades en respuesta a modificaciones requeridas.
12.- Validación final	Verificación de funcionamiento integral, con todos los módulos operativos y los perfiles de usuario creados.	El sistema es finalmente validado por el Dr. Alejandro Weinstein y por el (ACCE) Luis Danyau, enfocando en la validación las dos áreas de aplicación de la solución propuesta; el área informática y el área clínica.
13.- Dotación de datos	Ingreso de datos para verificación de funcionamiento.	Se comienza con la migración de datos al sistema. La migración se realizara en un servidor local mediante el programa XAMPP, emulando un funcionamiento a nivel de un servidor mayor.
14.- Verificación de funcionalidad	Confirmación de funcionamiento frente a casos hipotéticos en un escenario de prueba.	Se realizan pruebas de funcionamiento, estudiando situaciones específicas definidas en el documento de requerimientos funcionales, desarrolladas para comprobar específicamente cada una de las funciones requeridas.

Tabla 8.- Descripción metodológica de las actividades a implementar parte 2. Fuente: Elaboración propia.

3.5 Implementación

A continuación se detalla la metodología de implementación de la estructura de solución propuesta.

3.5.1 Investigación características funcionales de un CMMS

Para la definición de las características funcionales de un CMMS se tomó como pauta el documento de la OMS “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento”; en el cual se aborda el tema ampliamente, entregando las herramientas y definiciones conceptuales necesarias para la elaboración de un sistema que se clasifique como CMMS.

3.5.2 Especificación requerimientos funcionales

Para la definición de los requerimientos funcionales del sistema, se complementó el documento de la OME con el estudio del funcionamiento de la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María. Se analiza el Manual de Operaciones de la Unidad de Equipos Médicos, para verificar los flujos de información al interior de la misma.

3.5.3 Revisión softwares disponibles

La revisión de los softwares disponibles, se realiza en función de un listado de CMMS comerciales que la OMS entrega en su documento “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento”, la selección de los softwares analizados es completamente arbitraria y se va definiendo según la disponibilidad de información en las páginas web correspondientes a cada software. Se realiza una comparación de los módulos ofrecidos versus los módulos especificados por la OMS como requerimientos mínimos de un CMMS.

3.5.4 Comparación softwares disponibles vs. Requerimientos funcionales

La comparación se realiza en función de los requerimientos funcionales identificados anteriormente, verificando el porcentaje de cumplimiento de los softwares comerciales analizados en la revisión web de sus características. Se identifican las mejoras integradas a este tipo de sistemas y que apoyan a la gestión y la toma de decisiones.

3.5.5 Definición plataforma a utilizar

La definición de la plataforma a utilizar se realiza mediante la definición de ciertos requerimientos de la plataforma donde se programará, buscando que sea eficiente y fácil de usar. Se considera también el conocimiento previo en la materia.

3.5.6 Elaboración de un modelo de funciones

El sistema con sus requerimientos funcionales es detallado, comenzando con sus características generales, y subdividiendo cada una de estas en subfunciones específicas; identificando cada una de las anteriores para los diferentes perfiles de usuario definidos.

3.5.7 Elaboración de diagramas de bases de datos

La elaboración de los diagramas se realiza mediante la herramienta MySQL Workbench. Permite declarar los campos que compondrán cada tabla y las relaciones al interior de la base de datos.

3.5.8 Separación del modelo en módulos a implementar

La programación del sistema se realiza de forma modular, permitiendo definir de manera sencilla las funciones necesarias. Se determina un orden de desarrollo modular basado en la comunicación de los módulos, dejando para el final los módulos que requieren de la interacción con otros.

3.5.9 Desarrollo del prototipo

La programación del prototipo se hizo en lenguaje PHP, debido a su documentación web de gran calidad. La base de datos se realiza en SQL, ya que presenta una gran portabilidad entre distintos sistemas y plataformas, permitiendo adaptarse a servidores ya instalados.

39

3.5.10 Validación intermedia

Se realizaron correcciones intermedias, donde se verificaban funcionalidades de módulos específicos en conjunto con el Jefe de la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María, además del señor PhD. Alejandro Weinstein.

3.5.11 Modificaciones

Según la evaluación intermedia, y antes de continuar con la programación, se realizan los cambios requeridos, modificando el prototipo para conseguir un mejor resultado; en ningún momento comenzando la programación desde cero.

3.5.12 Validación final

La validación final se realiza al finalizar el proceso de modificación de los módulos, mediante el criterio de dos expertos en las áreas de materia, PhD. Alejandro Weinstein validando desde el punto de vista informático la funcionalidad del sistema; y (ACCE) Luis Danyau validando desde el punto de vista de la ingeniería clínica la funcionalidad del sistema.

3.5.13 Verificación de funcionalidad

Una vez validado el funcionamiento del sistema, se ingresan datos y se verifica la funcionalidad del sistema bajo los ambientes de prueba especificados al momento de definir los requerimientos del sistema.

3.5.14 Requerimientos computacionales

Para la utilización del sistema, los computadores necesitan contar con acceso a internet. Para la implementación la institución debe contar con un servidor, ya sea local o web, en el cual puedan gestionar y almacenar los datos y archivos referentes al sistema.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

40

4.1 Resultados Obtenidos

4.1.1 Investigación características funcionales de un CMMS

Para la determinación de las características funcionales básicas de un CMMS, se utilizan dos medios de investigación. El primero es la revisión bibliográfica sobre el tema, tomando como guía el documento de la OMS “Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento”, y como verificación de las características que actualmente presentan estos sistemas, se realiza un análisis de los CMMS comerciales.

41

Como resultado se obtienen siete módulos básicos; cuatro entregados por la OMS y tres según el análisis realizado a los CMMS comerciales. Estos módulos son:

1. Inventario de equipos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)
2. Gestión de repuestos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)
3. Mantenimiento. (Organización Mundial de la Salud, 2012)
4. Gestión de contratos. (Organización Mundial de la Salud, 2012)
5. Gestión orden de trabajo.
6. Planificación mantenimiento preventivo.
7. Análisis costos y presupuestos.

El estudio realizado a los CMMS comerciales se puede observar en el Capítulo II.

4.1.2 Especificación requerimientos funcionales: Informe de requerimientos

El informe de requerimientos funcionales, se divide en tres secciones; (1) Requerimientos funcionales, (2) Requerimientos de Testing, y (3) Perfiles de usuario.

Se obtiene la definición de siete requisitos funcionales:

1. Ámbito Gestión del Inventario.
2. Ámbito Gestión Mantención Preventiva.
3. Ámbito Gestión Mantención Correctiva.
4. Ámbito Gestión Instrumental Médico.
5. Ámbito Gestión de Contratos.
6. Ámbito de Presupuesto.
7. Ámbito Análisis de la Información.

Se definen cuatro perfiles de usuario: (1) Administrador, (2) Personal UEM, (3) Calidad y (4) Esterilización.

El documento completo, en el cual se encuentran explicados cada uno de los requerimientos y perfiles, está disponible en el Anexo 1.

4.1.3 Comparación softwares disponibles vs. Requerimientos funcionales

Al momento de comparar los softwares comerciales versus los requerimientos funcionales, enseguida se percibe que no existe software comercial que en la actualidad presente un módulo específico para el instrumental médico, a pesar de que este módulo fue solicitado explícitamente por la Jefatura de la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María.

Mediante la interacción con demostraciones de los CMMS comerciales es posible identificar la rigidez de los mismos.

La comparación demuestra que tanto los CMMS comerciales como los requerimientos funcionales cumplen con los módulos básicos necesarios para calificar un sistema de este tipo en un CMMS. La mayor diferencia se encuentra en las funciones extras. Un 20% de los CMMS comerciales estudiados presenta la posibilidad de mantener un historial de órdenes de trabajo, porcentaje significativamente bajo si consideramos que una Unidad de Equipos Médicos funciona en base a las órdenes de trabajo generadas por los Servicios.

En conclusión, el sistema a desarrollar califica como un CMMS, y presenta características que en la actualidad no presentan los CMMS comerciales.

4.1.4 Definición plataforma a utilizar

El software será desarrollado en lenguaje de programación PHP y HTML, con base de datos alojada en el gestor MySQL.

La selección del lenguaje de programación se realiza a partir de la definición de ciertos requerimientos con los que el lenguaje debe contar, este análisis se muestra en la Tabla 9.

		Tipo de Lenguaje				
		JavaScript	PHP	ASP	ISP	Python
Características Deseables	Dinámico	X	X	X	X	X
	Fácil		X			X
	Seguro	X	X			X
	Multiplataforma Windows y Linux		X		X	X
	Bibliografía disponible		X	X		X
	Conocimiento previo		X			

Tabla 9.- Análisis para selección del lenguaje de programación a utilizar. Fuente: (Valdés, 2007)

Potentes sistemas gestores de bases de datos, como Oracle, PostgreSQL y MySQL, presentan características similares, siendo compatibles con el lenguaje de programación PHP. En base a conocimiento previo se selecciona MySQL.

4.1.5 Elaboración modelo de funciones

Se determinan los módulos requeridos en el sistema y se especifican las funciones y subfunciones de los mismos. Se obtiene la necesidad de desarrollar siete módulos, con un total de treinta y ocho subfunciones. La especificación del modelo del sistema se encuentra en el Anexo 2.

4.1.6 Elaboración de diagramas de bases de datos

Mediante la herramienta MySQL Workbench se determinan las tablas de la base de datos, con sus respectivos campos y relaciones. Se generan dieciséis tablas; cuatro para identificación de usuario y doce para el manejo de la información. El modelado de la base de datos se observa en el Anexo 3.

4.1.7 Separación del modelo en módulos a implementar

La separación de los módulos se realiza según la necesidad de datos para el desarrollo de algún otro módulo, según este parámetro el desarrollo sigue el siguiente orden:

1. Módulo Inventario de Equipos Médicos.
2. Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo.
3. Módulo Gestión Mantenimiento Correctivo.
4. Módulo Gestión Contratos Servicio Técnico Externo.
5. Módulo Gestión Instrumental Médico.
6. Módulo Gestión Presupuesto.
7. Módulo de Análisis de la Información.

El modulado del sistema, permite cumplir con la adaptabilidad del mismo a la Institución donde se aplica, ya que se pueden modificar los accesos de los perfiles según las responsabilidades.

Como trabajo previo para el desarrollo del Módulo de Análisis de la Información, se realizó un trabajo de definición de los indicadores que se trabajan en el sistema, verificando importancia y aplicabilidad de los mismos sobre el equipamiento médico. Esto buscando siempre aportar nueva información a partir de los datos. El Anexo 4 presenta en detalle este trabajo realizado, en el cual se definen los indicadores con los que se trabaja.

4.1.8 Validación final

La validación final se realiza en función de los requerimientos funcionales declarados en el Anexo 1. Se lleva a cabo una demostración del cumplimiento de los requerimientos a tres personas que validan el prototipo:

1. DR. Alejandro Weinstein.
2. (ACCE) Luis Danyau.
3. Ingeniero Biomédico Lissette Carvajal, Encargada de Calidad de la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María.

Las validaciones se encuentran disponibles en el Anexo 5. En el Anexo 6 se describen las funcionalidades de los siete módulos desarrollados.

4.1.9 Verificación de funcionalidad

La verificación de funcionalidad, se realiza a la par con la validación del prototipo. Durante el desarrollo de la verificación de funcionalidad, se ingresan mil equipos a la tabla “inventario”, verificando que funciona de manera correcta, y sin problemas de capacidad.

A todos los equipos ingresados se les asigna una mantención preventiva, por lo que se agendan mil mantenciones preventivas, simulando desde al año 2011 hasta el año 2014 para contar con mantenciones aún no realizadas y verificar que las notificaciones de vencimiento funcionan de manera adecuada. Se verifica el correcto almacenamiento de los datos y el funcionamiento de las alertas en la ventana de inicio del módulo Gestión Mantenimiento Preventivo. En el perfil Personal UEM, el filtro para visualización del equipamiento de su responsabilidad funciona correctamente.

A los mismos equipos, se les asigna una mantención correctiva a cada uno, por lo que se generan mil ordenes de trabajo de mantenimiento correctivo; verificando el correcto funcionamiento de la base de datos. Los filtros de responsabilidad del perfil Personal UEM funcionan correctamente.

Se asocian doce contratos a equipos médicos ingresados en el inventario.

En todos estos casos el detalle del presupuesto varía según el ingreso de nuevos gastos asociados a la realización de mantenimiento.

Se ingresan mil noventa y tres órdenes de trabajo para instrumental médico, verificando el correcto funcionamiento de las estadísticas mostradas al inicio del Módulo Gestión de Instrumental Médico. Los datos se almacenan correctamente, y no se observa lentitud en el sistema.

La comprobación de funcionamiento, y las imágenes del ingreso de datos se encuentran disponibles en el Anexo 7.

5.1 Discusión

Tomando en consideración lo realizado a lo largo de este trabajo, y según los objetivos declarados, podemos concluir que los objetivos fueron cumplidos. Si bien faltan procesos por definir y llevar a la aplicación de una plataforma, los procesos que generan una mayor cantidad de información día a día se encuentran reunidos en este prototipo, permitiendo una búsqueda más sencilla y rápida, asociando información del inventario con mantenciones realizadas a los equipos médicos con los que cuenta la Institución.

Con respecto a los registros históricos, nos damos cuenta que el almacenamiento de información no es una limitante para la base de datos implementada, y al alojar los datos en un servidor, el prototipo en ningún momento altera su funcionalidad ni su rapidez, permitiendo de igual manera una búsqueda de información ágil.

Mediante la implementación del análisis de la información alojada en el prototipo, se logra entregar un valor agregado a la misma, dejando de ser datos duros y pasando a ser información, con la cual se puede tomar decisiones basadas en indicadores que representan hechos, y no suposiciones.

La metodología implementada para el desarrollo de prototipos permite un contacto y una retroalimentación constante por parte de los usuarios y del mismo prototipo, ya que este va evolucionando sobre sí mismo. En este caso la retroalimentación fue recibida por dos áreas; primero la del usuario, en este caso se utilizó como referencia la Unidad de Equipos Médicos de Clínica Santa María quien facilitó el acceso a información para el desarrollo del prototipo, mas no para la implementación del mismo. Y por otra parte se encuentra la retroalimentación del Ingeniero Clínico (ACCE) Luis Danyau quien, como experto en el área de ingeniería clínica, entregaba puntos de vista del análisis de la información y del correcto manejo de la misma.

Un factor clave que juega en contra de cualquier sistema informático es el recurso humano siendo este el punto clave para el éxito o fracaso de cualquier sistema, ya que sin su real compromiso para la implementación, el sistema entregará datos erróneos. Una demora en el ingreso de fechas de envío o recepción del equipo o instrumental, entregara un indicador de tiempo de parada erróneo debido a un error humano. Es por esto que resulta interesante analizar el índice de sistemas computarizados que han fracasado en diversas instituciones prestadoras de salud en las que el recurso humano no ha tenido las herramientas para una correcta implementación, como por ejemplo la capacitación del personal que hará uso del sistema.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

46

6.1 Conclusiones

Es factible realizar un sistema computarizado de gestión del mantenimiento de equipamiento médico, donde la importancia del tema radica en la necesidad de gestionar la información relativa al mismo.

La necesidad que lleva a realizar este prototipo de sistema es la inclusión de los procesos que generan una mayor cantidad de información, e incorporar los que no son considerados en otros sistemas de este tipo, como lo es la reparación del instrumental.

Se hace entrega de un primer prototipo de un sistema computarizado de gestión del mantenimiento, el cual consta de siete módulos correspondientes al manejo de la información de seis procesos de una Unidad de Equipos Médicos; estos seis procesos son los principales generadores de información al interior de esta Unidad. A partir de esto, y en base a la definición de los requerimientos, se genera un prototipo funcional y validado, que facilita el manejo de la información y la agrupa en una misma plataforma pudiendo realizar análisis acabados sobre el equipamiento.

Mediante la implementación de módulos y perfiles de usuario se logra definir los flujos de información de manera que el flujo físico se asemeja al flujo informático, facilitando la adecuación al sistema por parte del usuario y permitiendo un tiempo de adaptación corto.

La principal contribución apunta al manejo eficiente de la información y a la generación de una herramienta adaptable y amigable.

Al realizar una plataforma que integre todos los procesos, se asocia información a un nivel mayor, entregando un valor agregado a la información y convirtiéndola en datos al momento de realizar un análisis acabado de la misma.

Mediante el análisis de los datos se hace entrega de una herramienta de apoyo a la decisión informada, logrando reducir gastos al tomar dichas decisiones basados en un registro histórico de cada equipamiento por separado.

Las contribuciones entregadas con la realización de este trabajo, favorecen a toda institución prestadora de servicios de salud; desde un consultorio comunal hasta una clínica privada, toda Institución que cuente con equipamiento médico deberá invertir parte de sus recursos en gestionar sus equipos, y se verá en la necesidad de recortar gastos para minimizar costos y maximizar producción.

Con un sistema de este tipo, se vigilan gastos, se verifica producción y se identifica el momento adecuado para la reposición de un equipo.

El desarrollo de este prototipo satisface los objetivos planteados en un principio, pero resulta interesante para un futuro realizar un sistema más completo, iniciando con una homologación de procesos de unidades de equipos médicos de diversas instituciones, llegando a un consenso de los procesos que se llevan a cabo al interior de la misma y modelando todos los flujos de información para construir un sistema integral de gestión de la información, incluyendo compras, mantenimientos, reparaciones, gastos y presupuestos tanto de inversiones como de gastos.

En un segundo avance, ya a nivel nacional, se cree interesante la unificación de un sistema integral en conjunto con un sistema de gestión de datos relativos a la acreditación nacional. Este es un tema no menor, ya que toda institución prestadora de salud debe contar con dicha Acreditación. Si bien ya existen programas destinados a apoyar la acreditación nacional como lo son ListPlus y/o el utilizado por el Ministerio de Salud Nacional, SIS-Q, la acreditación de una

**Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.**

unidad de equipos médicos requiere del análisis de una cantidad de información no menor relativa al equipamiento médico instalado; manteniendo un registro como el implementado en este prototipo, es relativamente sencillo generar un módulo específico para acreditación que analice la información histórica almacena en función de los puntos de verificación de la acreditación.

7.1 Bibliografía

- Gómez, A. Z. (2011). Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores. En Herramientas Estadísticas para una Gestión Territorial más Efectiva.
- IBM. (Marzo de 2010). *IBM - Maximo Asset Management*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de <http://www-03.ibm.com/software/products/es/maximoassetmanagement/>
- Intendencia de Prestadores, Unidad de Acreditación. (3 de Agosto de 2007). Reglamento del Sistema de Acreditación para los Prestadores Institucionales de Salud. Santiago, Santiago, Chile: Diario Oficial.
- IS&BCA. (2010). *Information Security & Business Continuity Academy*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2013, de <http://www.iso27001standard.com/es/que-es-la-norma-iso-27001>
- Lever, S. (25 de Mayo de 2013). Manual de Operaciones Equipos Médicos Clínica Santa María. Santiago, Providencia, Chile.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). Dispositivos Médicos: La Gestión de la Discordia. *Un resultado del proyecto sobre dispositivos médicos prioritarios*. Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (Febrero de 2012). Introducción a la Gestión de Inventarios de Equipo Médico. *Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos*. Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). Sistema computarizado de gestión del mantenimiento. *Serie de documentos técnicos de la OMS sobre dispositivos médicos*, 8. Suiza: L'IV Com Sàrl.
- Rodríguez, S. (2003). *Indicadores para el Control de la Gestión de Equipos Médicos*. Cuba.
- Salud, O. M. (2012). *Formulación de Políticas sobre Dispositivos Médicos*.
- Salud, O. M. (2012). *Introducción a la Gestión de Inventarios de Equipo Médico*. Suiza: OMS.
- Sistemas Médicos Ltda. (2010). *Sistemas Médicos Ltda*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de <http://www.smedicos.cl/>
- Software Engineering Process Technology. (2008). *Software Engineering Process Technology*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2013, de <http://www.12207.com/>
- Super Intendencia de Salud. (2009). *Pauta de Cotejo, Manual de Atención Cerrada*. Santiago.
- Valdés, D. P. (2 de Noviembre de 2007). *Maestros del Web*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2013, de <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/los-diferentes-lenguajes-de-programacion-para-la-web/>

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

50

ANEXOS

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

52

ANEXO 1: ESPECIFICACIÓN REQUERIMIENTOS FUNCIONALES:
INFORME DE REQUERIMIENTOS

Trabajo de
Título 2
2013-2

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

54

1. Introducción

a. Alcance

Este documento describe los requerimientos de software de la plataforma “Base de Conocimiento UEM”, cuyo objetivo principal es aportar a la gestión de gastos y producción del equipamiento médico a lo largo de su vida útil. Siendo una herramienta flexible, que se pueda adaptar a las diversas realidades de las Instituciones Prestadoras de Salud.

b. Referencias

Organización Mundial de la Salud. (2012). *Sistema Computarizado de Gestión del Mantenimiento*

2. Requerimientos de software

a. Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales se listan en la Tabla 10, identificando la necesidad de satisfacer.

ID	Requerimiento	Necesidad
RF 1: Ámbito Gestión del Inventario		
RF 1.1	Capacidad de ingresar un nuevo equipo.	Mantener un registro de inventario de los equipos médicos con los que cuenta la Institución.
RF 1.2	Capacidad de modificar y/o eliminar un equipo.	Mantener un registro actualizado de los equipos médicos, pudiendo modificar y/o eliminar registros erróneos.
RF 1.3	Capacidad de modificar el estado de un equipo.	Registrar todos los cambios de estado operativo del equipamiento médico; permitiendo registrar la baja del mismo.
RF 1.4	Capacidad de asociar un contrato de servicio técnico externo.	Registrar contratos de mantenimiento con servicios externos para realizar un seguimiento a los mismos y verificar su cumplimiento. Mantener un registro de que equipo posee un contrato externo.
RF 2: Ámbito Gestión Mantenimiento Preventiva		
RF 2.1:	Capacidad de agendar mantención preventiva.	Planificar las fechas de mantenimiento requerida por los equipos inventariados. Generar alertas cuando las mantenciones estén por vencer.
RF 2.2:	Registro histórico de mantención preventiva.	Mantener un registro del cumplimiento del mantenimiento preventivo. Registrando fechas

Tabla 10.- Requerimiento funcionales según necesidad que satisfacen. Fuente: Elaboración propia.

		y responsable de la realización.
RF 2.3:	Asociación de insumos y/o repuestos a mantención preventiva.	Asociar costos de mantenimiento si estos no estuvieran incluidos en los contratos. Llevar un registro de los gastos para cada equipo.
RF 3: Ámbito Gestión Mantención Correctiva		
RF 3.1	Capacidad de generar órdenes de trabajo.	Responde a la necesidad de realizar un seguimiento a las diferentes acciones de la unidad de equipos médicos frente a reparaciones.
RF 3.2	Capacidad de asociar gastos a mantención correctiva.	Asociación de gastos para la realización de un seguimiento en el costo de pertenencia del equipamiento médico.
RF 3.3	Capacidad de asociar insumos y/o repuestos a mantención.	Asociar costos de mantenimiento correctivo por insumos requeridos, así se podrá llevar un registro de los gastos para cada equipo.
RF 3.4	Registro histórico de mantención correctiva.	Asegurar un registro de todas las órdenes de trabajo del equipamiento durante su vida útil en la Institución.
RF 4: Ámbito Gestión Instrumental Médico		
RF 4.1	Capacidad de generar órdenes de trabajo.	Ingresar los datos de reparación del instrumental.
RF 4.2	Registro histórico de reparaciones.	Necesidad de mantener un registro por instrumental de las reparaciones realizadas al mismo.
RF 4.3	Capacidad de seguimiento del instrumental.	Necesidad de verificación de envíos a reparaciones.
RF 5: Ámbito Gestión de Contratos		
RF 5.1	Capacidad de adjuntar contratos.	Fácil accesibilidad a los contratos en cualquier momento, se reduce el espacio físico de almacenamiento.
RF 5.2	Registro histórico de contratos.	Permite la comparación de contratos, y la verificación de cumplimiento de los mismos.
RF 6: Ámbito de Presupuesto		
RF 6.1	Registro histórico de presupuesto.	Permite el análisis del comportamiento general de la asignación del presupuesto año a año.
RF 6.2	Análisis de comportamiento de presupuesto.	Identificación de distribución del presupuesto en base a los gastos más comunes en una unidad de equipos médicos.
RF 7: Ámbito Análisis de la Información		
RF 7.1	Análisis de situación por cada equipo.	Verificación de los estados de los equipos según un análisis numérico de los datos disponibles en el sistema.
RF 7.2	Análisis automático.	Mayor rapidez al momento de tomar decisiones con respecto al equipamiento.

RF 7.3	Ayuda a la toma de decisiones según seis indicadores.	La toma de decisiones se basa en datos duros, y no solo en la experiencia del responsable del equipamiento médico.
7.3.1	Costo de Adquisición.	
7.3.2	Costo Mantenimiento Preventivo Anual.	
7.3.3	Costo Mantenimiento Correctivo Anual.	
7.3.4	Costo de pertenencia.	
7.3.5	Tiempo de parada.	
7.3.6	Indicador de reposición.	

b. Requerimientos de Testing

Las actividades para determinar el funcionamiento correcto del software y de los requerimientos funcionales declarados anteriormente, son básicamente la dotación de la base de datos con información desde los perfiles de usuario que se definan. De manera general se determinan cuatro tipos de prueba:

- i. Verificación de correcto manejo de la información en la base de datos desde la interfaz del sistema.
- ii. Verificación del correcto manejo de los flujos, en relación a los datos requeridos en cada etapa de los mismos.
- iii. Verificación de una correcta manipulación de los datos relacionados a gastos.
- iv. Verificación de una correcta manipulación de los indicadores desde el punto de vista matemático.

Esto cuatro puntos de verificación de funcionamiento apuntan a todos los requerimientos funcionales, por lo tanto para verificar el correcto funcionamiento del sistema, se deberán cumplir con los cuatro puntos en la totalidad de los módulos.

3. Identificación de usuarios

a. Administrador del sistema

El administrador de la plataforma será la jefatura de la Unidad de Equipos Médicos de la Institución. Tendrá acceso a todos los componentes del software, pudiendo realizar las siguientes acciones:

- i. Ingreso de nuevo equipo
- ii. Ingreso de un nuevo mantenimiento preventivo
- iii. Ingreso de un nuevo mantenimiento correctivo
- iv. Ingreso de gastos

- v. Actualización de estado del equipamiento medico
- vi. Modificación de mantenimiento preventivo
- vii. Modificación de mantenimiento correctivo
- viii. Modificación de gastos
- ix. Eliminación de mantenimiento preventivo
- x. Eliminación de mantenimiento correctivo
- xi. Eliminación de gastos
- xii. Ingreso de presupuesto annual
- xiii. Determinar umbral para calculos de indicadores

b. Personal Unidad de Equipos Médicos

El personal de la Unidad de Equipos Médicos encuentra limitado su acceso exclusivamente a los equipos que figuran como de su responsabilidad en el inventario del equipamiento. Sus funciones sobre estos equipos son las siguientes:

- i. Ingreso de nuevo equipo
- ii. Ingreso de un nuevo mantenimiento preventivo
- iii. Ingreso de un nuevo mantenimiento correctivo
- iv. Ingreso de gastos
- v. Actualización de estado del equipamiento medico
- vi. Modificación de mantenimiento preventivo
- vii. Modificación de mantenimiento correctivo
- viii. Modificación de gastos
- ix. Terminar orden de mantenimiento preventivo
- x. Terminar orden de mantenimiento correctivo
- xi. Eliminación de mantenimiento preventivo
- xii. Eliminación de mantenimiento correctivo
- xiii. Eliminación de gastos

- xiv. Enviar instrumental a reparación
- xv. Ingresar instrumental en back-up
- xvi. Terminar orden de trabajo de instrumental

c. Calidad

59

La persona encargada de calidad al interior de la Unidad de Equipos Médicos, tiene los mismos privilegios que “Personal UEM”, la diferencia se encuentra en dos puntos; (1) tiene acceso a la información de todos los responsables, y (2) presenta como función extra la calendarización del mantenimiento preventivo.

d. Esterilización

Para “Esterilización” el sistema esta apuntado básicamente a reportar una falla de instrumental que requiere envío a reparación. En este sentido, las funciones que se tienen son:

- i. Generar orden de trabajo de reparación
- ii. Visualizar equipos en back-up
- iii. Visualizar el historial de reparaciones
- iv. Imprimir registros

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

60

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

62

1. Módulos o funciones del sistema con sus respectivas subfunciones

A continuación se especifican las subfunciones con su descripción de los módulos o funciones principales del sistema, y los perfiles que tienen acceso a estas funciones.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión del Inventario	Ingresar equipo médico.	El sistema deberá permitir el ingreso de nuevo equipamiento médico a la base de datos y almacenar información relevante como su descripción, ubicación, responsables, entre otros.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Modificar equipo del inventario.	Deberá permitir una vez ingresado el equipo, realizar modificaciones al registro según el responsable del equipo.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Eliminar equipo del inventario.	Se deberá poder eliminar un equipamiento médico, esto con el fin de mantener una base de datos libre de información duplicada o errónea.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Buscar equipo en el inventario.	El sistema deberá permitir la búsqueda del equipamiento médico y la visualización de sus datos de ingreso.	Administrador. Personal UEM. Calidad.

Tabla 11.- Descripción de la función: Gestión del Inventario. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

64

Tabla 12.- Descripción de la función: Gestión del Mantenimiento Preventivo.
Fuente: Elaboración propia.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión del Mantenimiento Preventivo	Agendar mantenimiento preventivo.	El sistema deberá permitir el ingreso de nuevo equipamiento médico a la base de datos y almacenar información relevante como su descripción, ubicación, responsables, entre otros.	Calidad.
	Iniciar mantenimiento preventivo	El sistema deberá permitir al encargado del equipamiento ingresar los datos de inicio del mantenimiento preventivo.	Administrador. Personal UEM.
	Terminar mantenimiento preventivo.	Una vez finalizado el mantenimiento, el responsable del mismo deberá ingresar los datos de término.	Administrador. Personal UEM.
	Asignar insumos o repuestos.	Se deberá poder asociar insumos y/o repuestos al mantenimiento preventivo según la necesidad que corresponda.	Administrador. Personal UEM.
	Buscar mantenimiento preventivo.	El sistema deberá permitir la búsqueda del historial de mantenimiento preventivo de un mismo equipo y/o la búsqueda de un mantenimiento preventivo específico.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Modificar mantenimiento preventivo.	Se deberá permitir la modificación de un mantenimiento preventivo.	Calidad.
	Eliminar mantenimiento preventivo.	Se deberá permitir la eliminación de un mantenimiento preventivo.	Calidad.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión del Mantenimiento Correctivo	Iniciar mantenimiento correctivo.	El sistema deberá permitir al encargado del equipamiento ingresar los datos de inicio del mantenimiento correctivo.	Administrador. Personal UEM.
	Terminar mantenimiento correctivo.	Una vez finalizado el mantenimiento, el responsable del mismo deberá ingresar los datos de término.	Administrador. Personal UEM.
	Asignar insumos o repuestos.	Se deberá poder asociar insumos y/o repuestos al mantenimiento correctivo según la necesidad que corresponda.	Administrador. Personal UEM.
	Buscar mantenimiento correctivo.	El sistema deberá permitir la búsqueda del historial de mantenimiento correctivo de un mismo equipo y/o la búsqueda de un mantenimiento correctivo específico.	Administrador. Personal UEM. Calidad.

Tabla 13.- Descripción de la
función: Gestión del
Mantenimiento Correctivo.
Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

66

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión del Instrumental Médico	Generación de orden de trabajo.	El sistema debe poder ingresar los datos de requerimiento de una nueva reparación. Almacenando la información necesaria para el correcto procedimiento.	Esterilización.
	Buscar orden de trabajo.	Se debe poder visualizar las reparaciones realizadas, buscando por un número de orden de trabajo en específico o por el historial correspondiente a un instrumental en particular.	Administrador. Personal UEM. Calidad. Esterilización.
	Envío a reparación.	Se deben ingresar los datos de envío a reparación, incluyendo el proveedor de la reparación, la fecha y el instrumental enviado.	Personal UEM.
	Terminar orden de trabajo.	Una vez recepcionado el instrumental, se ingresan los datos de reparación, correspondientes a fecha de recepción, estado, valores, observaciones, entre otros.	Personal UEM.
	Modificar orden de trabajo.	Se tiene la opción de modificar la orden de trabajo en cualquier fase del proceso, corrigiendo errores lo antes posible para evitar consecuencias negativas.	Personal UEM.
	Eliminar orden de trabajo.	El sistema entrega la opción de eliminar una orden de trabajo relativa a la reparación de instrumental.	Personal UEM.
	Buscar historial de reparaciones.	Se mantiene un historial de reparaciones el cual puede ser consultado en cualquier momento, buscando por instrumento se puede realizar seguimiento a la pieza; o se puede buscar una orden de trabajo específica.	Administrador. Personal UEM. Calidad. Esterilización.
	Impresión de registros de reparación.	En esta sección se tiene la opción de imprimir los registros y/o exportarlos a Excel. Se tiene un reporte automático de las piezas retrasadas, y las pendientes de envío a reparación.	Administrador. Personal UEM. Calidad. Esterilización.

Tabla 14.- Descripción de la función: Gestión del Instrumental Médico. Parte 1
Fuente: Elaboración propia.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión del Instrumental Médico	Ingresar instrumental en back-up.	Si se requiere un instrumental en back-up, o sea que reemplace al instrumental que fue enviado a reparación, se ingresarán los datos correspondientes a la identificación del instrumental back-up y la fecha de recepción a la Institución.	Personal UEM.
	Retiro de instrumental back-up.	Una vez que el instrumental es reparado y devuelto a la Institución, si tenía asociado un instrumental en back-up, este es devuelto al proveedor y se registran los datos de entrega del mismo.	Personal UEM.
	Eliminar instrumental back-up.	Se entrega la opción de eliminar un equipo en back-up del registro.	Personal UEM.
	Modificar instrumental back-up.	Si existiera algún error de registro, este puede ser modificado en cualquier momento del flujo.	Personal UEM.
	Búsqueda de instrumental en back-up.	Se mantiene un registro de los equipos en back-up, que puede ser consultado en cualquier momento.	Administrador. Personal UEM. Calidad. Esterilización.

Tabla 15.- Descripción de la función: Gestión del Instrumental Médico. Parte 2.
Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

68

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión de Contratos de Servicio Técnico Externo	Asociar contrato	Opción disponible para los equipos médicos que al momento de ingresar su información al inventario se declaró que tienen un contrato de servicio técnico externo. Se ingresan los datos correspondientes a fecha de inicio y término del contrato, empresa proveedora del servicio, valores del contrato y la opción de adjuntar el contrato en cualquier formato de documento.	Administrador. Personal UEM.
	Actualizar contrato	El sistema permite al usuario actualizar un contrato en cualquier momento, manteniendo siempre el registro del contrato anterior.	Administrador. Personal UEM.
	Nuevo contrato	Opción de crear un nuevo contrato para un equipo médico que anteriormente no tenía un contrato de servicio técnico externo. Se ingresan los datos de inicio y término del contrato, empresa proveedora del servicio, valores del contrato y la opción de adjuntar el contrato en cualquier formato de documento.	Administrador. Personal UEM.
	Buscar contrato	Se mantiene un registro de todos los contratos asociado a un equipamiento médico, en cualquier momento se pueden consultar los mismos, pudiendo descargar el archivo adjunto.	Administrador. Personal UEM. Calidad.

Tabla 16.- Descripción de la función: Gestión de Contratos de Servicio Técnico Externo.
Fuente: Elaboración propia.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Gestión de Presupuesto	Ingresar presupuesto	Se debe ingresar el monto del presupuesto asignado para la unidad en el periodo del año en curso, así se mantendrá un registro del presupuesto.	Administrador.
	Historial de presupuesto	El sistema ofrece la visualización del historial de presupuestos de la unidad. Permitiendo entrar en detalles de cada uno de los años seleccionando uno en específico.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Detalles	Al seleccionar un año en específico, el sistema automáticamente analiza los gastos registrados en la base de datos, y clasifica los gastos en cuatro grupos: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, adquisición e instrumental; mostrando el monto de presupuesto que no ha sido utilizado.	Administrador. Personal UEM. Calidad.

Tabla 17.- Descripción de la función: Gestión del Presupuesto. Fuente: Elaboración propia.

Módulo/Función	Subfunción	Descripción	Perfil
Análisis de Indicadores	Umbral de reposición	Por defecto el umbral de reposición para el "Indicador de Reposición", viene fijado en un 70%, el administrador del sistema tiene la posibilidad de modificarlo según el convenga en cualquier momento.	Administrador.
	Historial umbrales	Se registra un historial de umbrales de reposición, registrados con la fecha de modificación.	Administrador. Personal UEM. Calidad.
	Indicadores específicos	Al seleccionar un equipamiento médico específico, se determinan los indicadores correspondientes, analizando la información relacionada exclusivamente a ese equipo. Los indicadores son: Costo de Adquisición, Costo de Mantenimiento Preventivo Anual, Costo de Mantenimiento Correctivo Anual, Costo de Pertenencia, Tiempo de Parada e Indicador de reposición.	Administrador. Personal UEM. Calidad.

Tabla 18.- Descripción de la función: Análisis de Indicadores. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

70

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

72

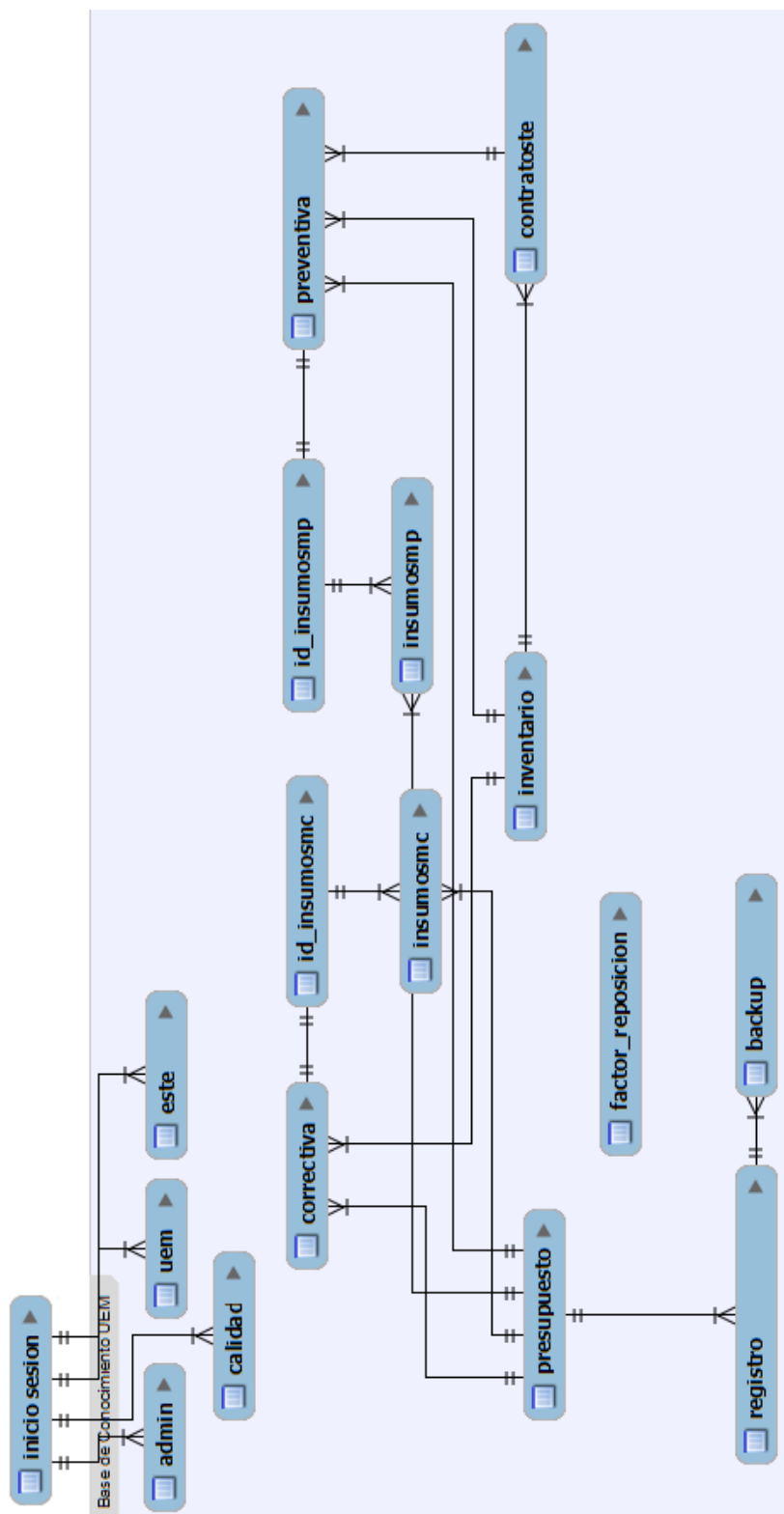


Figura 2.- Modelo de la base de datos con sus tablas y relaciones. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

74

A continuación se muestran los campos contenidos en las tablas de la base de datos.

eqmed.admin user : varchar(15) pass : varchar(15) Nombre : varchar(30)	eqmed.calidad user : varchar(20) pass : varchar(15) Nombre : varchar(30)	eqmed.uem user : varchar(20) pass : varchar(15) Nombre : varchar(30)	eqmed.este user : varchar(15) pass : varchar(15) nombre : varchar(50)
eqmed.inventario NIC : varchar(15) CodInventario : varchar(30) FechaIngreso : date PuestaMarcha : date Servicio : varchar(30) Encargado : varchar(30) Descripcion : varchar(100) Distribuidor : varchar(30) Fabricante : varchar(30) Modelo : varchar(30) NSerie : varchar(30) VidaUtil : varchar(10) Propiedad : varchar(30) Estado : varchar(30) ContratoSTE : varchar(4) MontoContrato : varchar(50) InicioContrato : date TerminoContrato : date DocContrato : varchar(4) ProveedorSTE : varchar(255) AnoContrato : varchar(50) AnoCompra : int(20) ValorAdquisicion : int(255) CostoEnvio : varchar(50) CostoInstalacion : varchar(50)	eqmed.preventiva NMP : int(255) NIC : varchar(20) FechaProgramada : date FrecuenciaAnual : int(20) MActual : int(20) FechaInicio : date HoraInicio : time FechaTermino : date HoraTermino : time TrabajoRealizado : varchar(500) ReponsableEjecucion : varchar(40) Proveedor : varchar(50) Dispositivo : varchar(50) Marca : varchar(50) usuario : varchar(30) ValorMP : varchar(255) Ano : varchar(50) NSerie : varchar(70)	eqmed.correctiva OT : int(11) Fecha : date HoraInicio : time Servicio : varchar(30) Responsable : varchar(30) Equipo : varchar(50) Marca : varchar(30) Modelo : varchar(30) NSerie : varchar(30) NIC : varchar(30) Empresa : varchar(30) Problema : varchar(500) FechaTermino : date HoraTermino : time Trabajo : varchar(500) Estado : varchar(20) CostoReparacion : varchar(50) CostoTraslado : varchar(50) Ano : varchar(30)	

Figura 3.- Descripción de los campos que componen las tablas. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.

<p>eqmed_registro</p> <ul style="list-style-type: none"> OT : int(11) FechaEvento : date CajaRetenida : varchar(3) PiezaUnica : varchar(3) Prioridad : varchar(10) Detectado : varchar(30) Caja : varchar(50) Dispositivo : varchar(50) Detalle : varchar(80) Fabricante : varchar(30) Codigo : varchar(30) NSerie : varchar(30) Falla : varchar(40) SLA : varchar(10) Nombre : varchar(30) Horario : time Enviado : date Proveedor : varchar(40) Tipo : varchar(30) GuiaDespacho : varchar(30) Recepcion : varchar(30) Fecha : date Proceso : varchar(30) Estado : varchar(30) Cumplimiento : varchar(80) Observacion : varchar(80) Modificacion : varchar(30) ValorReparacion : varchar(255) Ano : varchar(50) 	<p>eqmed_backup</p> <ul style="list-style-type: none"> OT : int(255) Empresa : varchar(30) GuiaDespacho : varchar(30) FechaEntrega : date Equipo : varchar(30) NPiezas : int(11) Marca : varchar(30) Modelo : varchar(30) NSerie : varchar(30) GuiaDevolucion : varchar(30) RetiradoPor : varchar(30) FechaDevolucion : date UltimaModificacion : varchar(30) <p>eqmed.id_insumosmc</p> <ul style="list-style-type: none"> ID : int(11) Solicitante : varchar(50) <p>eqmed.insumosmc</p> <ul style="list-style-type: none"> IDI : int(11) ID : int(11) Insumo : varchar(200) ValorUnitario : varchar(200) Cantidad : int(11) ValorTotal : varchar(200) OTasoc : int(11) Ano : varchar(20) NIC : varchar(50) NSerie : varchar(50) 	<p>eqmed.id_insumosmp</p> <ul style="list-style-type: none"> ID : int(11) Solicitante : varchar(50) <p>eqmed.insumosmp</p> <ul style="list-style-type: none"> IDI : int(11) ID : int(11) Insumo : varchar(300) ValorUnitario : varchar(200) Cantidad : int(11) ValorTotal : varchar(200) NIC : int(11) Ano : int(11) NSerie : varchar(50) <p>eqmed.contratoste</p> <ul style="list-style-type: none"> NIC : varchar(30) name : varchar(255) mime : varchar(50) size : bigint(20) data : mediumblob created : datetime ID : int(11) <p>eqmed.presupuesto</p> <ul style="list-style-type: none"> Periodo : int(11) Cantidad : varchar(255) <p>eqmed.factor_reposicion</p> <ul style="list-style-type: none"> ID : int(255) Factor : varchar(50) Fecha : date
--	--	--

Figura 4.- Descripción de los campos que componen las tablas. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

76

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

78

Para la determinación de los indicadores que se implementarán en el sistema informático, se analizan diversas bases de datos e inventarios de clínicas y hospitales nacionales. Mediante el análisis de los datos contenidos en las mismas, y la determinación de la importancia de registrar los mantenimientos de los equipos médicos, es que surgen 16 datos esenciales para el análisis del ciclo de vida del equipamiento. Esta información se puede clasificar en dos tipos:

1. Propia del equipamiento: la que es recopilada y/o asignada al momento de comprar el equipo, y que no se ve modificada. Ej.: marca, modelo, número de serie, número de inventario, etc.
2. De desarrollo histórico: la que va variando según el rendimiento y la funcionalidad de cada equipo. Hace mención al desempeño de la vida útil del equipo. Ej.: Mantenimientos, costos, tiempo de uso, etc.

A partir de esta separación, contamos con datos que serán fijos, y datos que serán dinámicos. Esta clasificación se detalla en la Tabla 19.

Tipo de información	Dato
Propia del equipamiento	Equipo
	Distribuidor
	Fabricante
	Modelo
	N° de serie
	N° de inventario
	Servicio
	Piso
	Responsable y/o encargado
	Centro de costo
	Propiedad
	Costo adquisición
De desarrollo histórico	Mantenimiento programado
	Mantenimiento correctivo
	Costo mantenimiento programado
	Costo mantenimiento correctivo

Tabla 19.- Clasificación de la información disponible según el tipo de dato. Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se trabajará con dos tipos de datos los cuales tienen una evolución o una dinámica muy diferente. La correcta evolución de los datos de desarrollo histórico está estrechamente vinculada a la correcta y oportuna recolección de los mismos por parte del personal a cargo del equipamiento.

El análisis del ciclo de vida del equipamiento recae sobre los datos de desarrollo histórico, los cuales irán definiendo y ayudando a la toma de decisiones de diversas acciones frente al equipamiento de la Institución. Para poder realizar un análisis del costo de pertenencia del equipamiento y su producción, es relevante adquirir las siguientes variables que se muestran en la Tabla 20 respecto del equipamiento. Los costos monetarios estarán expresados en pesos chilenos.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

80

Aspecto	Variable	Sigla	Definición
Costo de adquisición del equipo.	Costo inicial	CI	Valor líquido cancelado por la adquisición del equipamiento.
	Costo de envío	CE	Si fuera el caso. Valor líquido cancelado por el envío del equipamiento si este se encontrara en otra localidad y fuese la Institución la que debe hacerse cargo de este gasto.
	Costo de instalación	CIN	Costo para la puesta en marcha del equipo, incluye; insumos, mano de obra, remodelaciones si fueran necesarias, etc.
Costo promedio de mantenimiento preventivo programado anual.	Contrato de mantenimiento	CM	Valor asignado por la empresa proveedora del servicio de mantención programada.
	Costo de repuestos	CR	Valor cancelado por insumos para la reparación del equipo, si estos no estuvieran estipulados en el contrato de mantención programada.
Costo promedio de mantenimiento correctivo anual.	Mano de obra	MO	Costo de reparación cancelado al trabajador por su servicio de mantenimiento.
	Traslados	T	Si fuera en caso. Costo de traslado hacia el lugar de mantenimiento en que incurre la Institución para el mantenimiento correctivo.
	Repuestos	R	Costo de repuestos para mantenimiento correctivo.
Costo de pertenencia del equipamiento.	Costo de mantenimiento programado	CMP	Costos incurridos por la institución en el mantenimiento programado del equipo.
	Costo de mantenimiento correctivo	CMC	Costos incurridos por la institución en el proceso de restitución de la funcionalidad perdida del equipo.
	Costo de adquisición	CA	Valor cancelado por la compra de la tecnología.
	Costo de puesta en marcha	CPM	Gastos asociados al proceso de instalación y puesta en marcha del equipo en la Unidad correspondiente.
Tiempo de parada	Tiempo de parada	TP	Tiempo de no uso del equipamiento debido a mantenimiento programado que requiera inhabilitar el equipo o mantenimiento correctivo.
Tiempo de disponibilidad	Sin uso	TDSU	Tiempo en el cual el equipo está disponible para su uso en la Unidad, pero no se encuentra en producción.
	En uso	TDU	Tiempo en el cual el equipo está disponible para su uso en la Unidad, y se encuentra en producción.

Tabla 20.- Definición de variables consideradas para el análisis. Fuente: Elaboración propia.

El proceso de elaboración de un indicador está constituido, en lo fundamental, por cuatro etapas bien definidas, que se describen a continuación (Gómez, 2011):

1. Formulación del problema: ¿Qué se quiere medir?
2. Definición de las variables.
3. Selección de indicadores y calidad de los datos.
4. Diseño del indicador.

Estos puntos se desarrollan por completo a continuación.

1. Formulación del problema: ¿Qué se quiere medir?

Se quiere medir los costos relacionados a adquisición, mantenimiento preventivo programado, mantenimiento correctivo, costo de pertenencia y los tiempos de producción; relacionados con los tiempos de parada y disponibilidad de uso.

Con esta información se quiere determinar dato que se encuentran ocultos, y que sirven para el manejo de la vida útil del equipamiento. Las mediciones específicas se enumeran a continuación:

1. Costo de adquisición del equipo.
2. Costo de mantenimiento preventivo programado anual.
3. Costo de mantenimiento correctivo anual.
4. Costo de pertenencia.
5. Tiempo de parada.
6. Tiempo de disponibilidad.
7. Indicador de reposición.

2. Definición de las variables

A continuación se definen las variables a la cuales se tiene fácil acceso sobre el equipamiento, y son necesarias para la generación de los indicadores anteriormente mencionados. Se muestran en la Tabla 21 y Tabla 22.

82

Tabla 21.- Variables necesarias para el cálculo de los indicadores. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Sigla	Definición
Costo inicial	CI	Valor líquido cancelado por la adquisición del equipamiento.
Costo de envío	CE	Si fuera el caso. Valor líquido cancelado por el envío del equipamiento si este se encontrara en otra localidad y fuese la Institución la que debe hacerse cargo de este gasto.
Costo de instalación	CIN	Costo para la puesta en marcha del equipo, incluye; insumos, mano de obra, remodelaciones si fueran necesarias, etc.
Costo contrato servicio técnico externo	CM	Valor asignado por la empresa proveedora del servicio de mantenimiento programado.
Costo de reparación en servicio técnico externo	CSTE	Valor líquido cancelado a un servicio técnico externo por el mantenimiento correctivo del equipo.
Costo de repuestos	R	Costo de repuestos para mantenimiento correctivo.
Costo de traslados	T	Si fuera el caso. Costo de traslado hacia el lugar de mantenimiento en que incurre la institución para el mantenimiento correctivo.
Costo de adquisición	CA	Valor cancelado por la adquisición de la tecnología.
Costo de mantenimiento preventivo programado anual.	CMP	Costos incurridos por la institución en el mantenimiento preventivo programado del equipo.
Costo de mantenimiento correctivo anual.	CMC	Costos incurridos por la institución en el proceso de restitución de la funcionalidad perdida del equipo.

Variable	Sigla	Definición
Costo contrato mantenimiento preventivo programado.	CCMP	Costo del contrato acordado para el mantenimiento preventivo del equipamiento.
Costo de insumos.	IN	Costos incurridos por la institución en la compra de los consumibles para mantener operativo el equipo.
Fecha de reporte de la falla.	FF	Registro de la fecha de reporte de la falla del equipo. Formato año/mes/día.
Fecha de devolución a la Unidad funcionando.	FD	Registro de la fecha de devolución del equipo operativo a la Unidad o Servicio. Formato año/mes/día.
Fecha de inicio reparación.	FI	Fecha de envío a reparación al servicio técnico.
Fecha término de reparación y devolución.	FT	Fecha de recepción del equipo reparado.
Costo de pertenencia.	CP	Sumatoria de los gastos de tenencia, producción y reparación del equipo.
Costo de reposición.	CR	Costo estimado del reemplazo del equipo.

Tabla 22.- Variables necesarias para el cálculo de los indicadores. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.

3. Selección de indicadores y calidad de los datos

Los indicadores seleccionados deben cumplir con ciertas características como son (1) pertinencia, (2) funcionalidad, (3) disponibilidad, (4) confiabilidad y (5) utilidad (Gómez, 2011). Cada uno de los indicadores mencionados en la Tabla 1 debe cumplir con estas 5 características.

Además de contar con estas 5 características, los indicadores deben tener cierta calidad estadística regida por la relevancia, credibilidad, accesibilidad, oportunidad y coherencia. Las variables para calcular los indicadores son obtenidas de manera manual, la credibilidad estará definida según la forma de registro de la persona a cargo de recopilar la información, la cual será para cada equipo el responsable del mismo.

4. Diseño del indicador

Para el diseño del indicador, en la Tabla 23, Tabla 24 y Tabla 25, se definen los siguientes campos (Gómez, 2011):

1. Uso: se define el uso específico del indicador.
2. Actor: se definen los actores que requieren esta información.
3. Fuente de información: se define desde donde se obtiene la información.
4. Procedimiento de recolección: se define el procedimiento más adecuado para la recopilación de la información necesaria.

Responsabilidad: se define el responsable de recopilación de la información, ya que el análisis de la misma será desarrollado posteriormente de manera automática por un software.

Tabla 23.- Diseño del indicador. Parte 1. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Uso	Actor	Fuente de información	Procedimiento de recolección	Responsable
Costo de adquisición del equipo.	Determinación del costo total de adquisición de la tecnología.	Encargado equipo.	Facturaciones referentes a costo inicial, gastos de envío y costo de instalación.	Notificación por parte de la empresa mediante facturación al servicio o unidad.	Encargado del equipo.
		Jefe de la unidad de equipos médicos.			Jefe de la unidad de equipos médicos.
Costo de mantenimiento preventivo programado anual.	Determinación del costo total anual de mantenimiento preventivo programado del equipo específico.	Encargado del equipo.	Notificación del servicio técnico mediante estipulación de contrato o facturas, y facturas de costo de repuestos.	Notificación por parte del servicio técnico mediante facturación y/o contrato.	Encargado del equipo.
Costo de mantenimiento correctivo anual.	Determinación del costo total anual de mantenimiento correctivo del equipo específico.	Encargado del equipo.	Facturaciones referentes a costo de servicio técnico externo, traslado y/o repuestos.	Notificación por parte del servicio técnico mediante facturación.	Encargado del equipo.

Indicador	Uso	Actor	Fuente de información	Procedimiento de recolección	Responsable
Costo de pertenencia.	Determinación del costo total general en el cual se incurre para adquirir, mantener operativo y en uso el equipo.	Encargado del equipo.	Facturaciones de todos los gastos generados por el equipo específico bajo análisis. Se incluye costo de adquisición, costos de mantenimientos preventivos y correctivos, gastos en insumos y gastos de puesta en marcha.	Recolección de todos los cobros facturables al equipo bajo análisis.	Encargado del equipo.
Tiempo de parada.	Determinación tiempo de interrupción del equipo debido a mantenimiento preventivo programado y/o correctivo.	Encargado del equipo.	Fechas de inicio y término de mantenimientos preventivos programados y/o correctivos.	Registros de inicio y término de mantenimientos preventivos programados y/o correctivos.	Encargado del equipo.
Tiempo de disponibilidad.	Determinación del tiempo de producción del equipo.	Encargado del equipo. Jefe unidad equipos médicos.	Fechas de inicio y término de mantenimientos preventivos programados y/o correctivos.	Registros de inicio y término de mantenimientos preventivos programados y/o correctivos.	Encargado del equipo.

Tabla 24.- Diseño del indicador. Parte 2. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

86

Indicador	Uso	Actor	Fuente de información	Procedimiento de recolección	Responsable
Indicador de reposición.	Determinación del mejor momento para reponer el equipo bajo análisis.	Encargado del equipo.	Facturaciones de los gastos generados por el equipo específico bajo análisis. Se incluye costo de adquisición, costos de mantenimiento preventivos y correctivos, gastos en insumos y gastos de puesta en marcha.	Recolección de todos los cobros facturables al equipo bajo análisis.	Encargado del equipo.
		Jefe unidad de equipos médicos.	Costo de reposición del equipo.	Solicitud de cotización a empresas distribuidoras.	Jefe de la unidad de equipos médicos.

Tabla 25.- Diseño del indicador. Parte 3. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se especifican cada uno de los indicadores que se implementarán en el análisis del equipamiento médico, para el seguimiento de su vida útil.

Es necesario recordar que algunas de las variables que se utilizan para calcular los indicadores, anteriormente fueron clasificadas como de “desarrollo histórico”, esto quiere decir que el indicador tendrá diferente valor en el tiempo, y este representara la evolución del equipo médico a lo largo del tiempo, teniendo relativamente poco valor al instante mismo de calcularlo, y consiguiendo mayor representatividad al evaluarlo y analizarlo a lo largo del tiempo.

- a) Costo de adquisición del equipo. (Salud, Formulación de Políticas sobre Dispositivos Médicos, 2012)
1. Nombre del indicador: Costo de adquisición del equipo.
 2. Sigla: CA
 3. Objetivo: Determinación del costo total de adquisición del equipo.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Costo inicial (CI): Valor líquido cancelado por la adquisición del equipamiento.
 - 4.2. Costo de envío (CE): Si fuera el caso. Valor líquido cancelado por el envío del equipamiento si este se encontrara en otra localidad y fuese la institución la que debe hacerse cargo de este gasto.
 - 4.3. Costo de instalación (CIN): Costo para la puesta en marcha del equipo, incluye: insumos, mano de obra, remodelaciones si fueran necesarias, etc.
 5. Método de medición: La información requerida será rescatada de las facturaciones referentes a costo inicial, costo de envío y costo de instalación. Esta información deberá ser solicitada a la empresa distribuidora o prestadora del servicio.
 6. Unidad de medida: Moneda chilena.
 7. Fórmula:

$$CA = CI + CE + CIN$$

- b) Costo de mantenimiento preventivo programado anual. (Salud, Formulación de Políticas sobre Dispositivos Médicos, 2012)
1. Nombre del indicador: Costo de mantenimiento preventivo programado anual.
 2. Sigla: CMP
 3. Objetivo: Determinación del gasto anual del equipamiento en mantenimiento preventivo programado.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Costo contrato servicio técnico externo: Valor asignado por la empresa proveedora del servicio de mantenimiento preventivo programado.
 - 4.2. Costo de repuestos: Valor cancelado por insumos para la reparación del equipo, si estos no estuvieran estipulados en el contrato de mantenimiento preventivo programado.
 5. Método de medición: La información requerida será recolectada del contrato de mantenimiento preventivo programado, y de facturaciones del servicio técnico externo.
 6. Unidad de medida: Moneda chilena.
 7. Fórmula:

$$CMP = CCMP + R$$

- c) Costo de mantenimiento correctivo anual. (Salud, Formulación de Políticas sobre Dispositivos Médicos, 2012)
1. Nombre del indicador: Costo de mantenimiento correctivo anual.
 2. Sigla: CMC
 3. Objetivo: Determinación del gasto anual del equipamiento en mantenimiento correctivo.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Costo de reparación en servicio técnico externo: Valor líquido cancelado a un servicio técnico externo por el mantenimiento correctivo del equipo.
 - 4.2. Costo de repuestos: Costo de repuestos necesarios para la realización del mantenimiento correctivo.
 - 4.3. Costo de traslados: Si fuera el caso. Costo de traslado hacia el lugar de mantenimiento en que incurre la institución para el mantenimiento correctivo.
 5. Método de medición: La recopilación de información es por medio del registro de las facturaciones que se pueden asignar al equipo reparado.
 6. Unidad de medida: Moneda chilena.
 7. Fórmula:

$$CMC = CSTE + R + T$$

- d) Costo de pertenencia. (Salud, Formulación de Políticas sobre Dispositivos Médicos, 2012)
1. Nombre del indicador: Costo de pertenencia.
 2. Sigla: CP
 3. Objetivo: Determinar el costo total general en el cual se incurre para adquirir y mantener operativo y en uso el equipo.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Costo de adquisición: Valor cancelado por la adquisición de la tecnología.
 - 4.2. Costo de mantenimiento preventivo programado anual: Costos incurridos por la institución en el mantenimiento preventivo programado del equipo.
 - 4.3. Costo de mantenimiento correctivo anual: Costos incurridos por la institución en el proceso de restitución de la funcionalidad perdida del equipo.
 - 4.4. Costo de insumos: Costos incurridos por la institución en la compra de los consumibles para mantener operativo el equipo.
 5. Método de medición: La recopilación de la información es mediante el registro de las facturas de todos los gastos generados por el equipo específico bajo estudio. Se incluyen costos de adquisición, costos de mantenimientos preventivos y correctivos y gastos en insumos.
 6. Unidad de medida: Moneda chilena.
 7. Fórmula:

$$CP = CA + CM + CMC + IN$$

- e) Tiempo de parada. (Rodríguez, 2003)
1. Nombre del indicador: Tiempo de parada.
 2. Sigla: TP
 3. Objetivo: Identificar el porcentaje de parada del equipo. Determinar de un total de 100% correspondiente a un año, cuando tiempo se encuentra inutilizable el equipo.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Fecha de reporte de la falla: Registro de la fecha en la cual se reportó la falla del equipo. Formato año/mes/día.
 - 4.2. Fecha de devolución a la unidad funcionando: Registro de la fecha en la cual el equipo es devuelto operativo a la unidad. Formato año/mes/día.
 5. Método de medición: Se deberá registrar la fecha de reporte de la falla y la fecha de devolución operativa del equipo.
 6. Unidad de medida: Porcentaje de parada.
 7. Fórmula:

$$TP = \frac{FD - FF}{365} \times 100\%$$

- f) Tiempo de disponibilidad. (Rodríguez, 2003)
1. Nombre del indicador: Tiempo de disponibilidad.
 2. Sigla: TD
 3. Objetivo: Identificar el porcentaje de tiempo en que el equipo se encuentra disponible para su uso, con respecto a un año.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Fecha de reporte de la falla: Registro de la fecha en la cual se reportó la falla del equipo. Formato día/mes/año.
 - 4.2. Fecha de devolución a la unidad funcionando: Registro de la fecha en la cual el equipo es devuelto operativo a la unidad. Formato día/mes/año.
 5. Método de medición: Se deberá registrar la fecha de reporte de la falla y la fecha de devolución operativa del equipo.
 6. Unidad de medida: Porcentaje de disponibilidad.
 7. Fórmula:

$$TD = 100\% - TP$$

- g) Indicador de reposición. (Elaboración propia)
1. Nombre del indicador: Indicador de reposición.
 2. Sigla: IR
 3. Objetivo: Determinación del mejor momento para reponer el equipo bajo análisis según los gastos en lo que se incurre.
 4. Conceptos:
 - 4.1. Costo de pertenencia: costo total general en el cual se incurre para adquirir y mantener operativo y en uso el equipo.
 - 4.2. Costo de reposición: Costo estimado del reemplazo del equipo.
 5. Método de medición: La información relativa al costo de pertenencia será registrada desde las facturas del equipamiento en cuanto a adquisición, mantenimientos e insumos. El costo de reposición deberá ser obtenido a partir de cotizaciones de los distribuidores del equipo.
 6. Unidad de medida: Moneda chilena.
 7. Fórmula:

$$IR = CR - (CP \times Q)$$

El factor Q hace referencia al umbral que asignará la institución para definir el momento de reposición.

Este trabajo cuenta con la validación de los resultados mediante criterio experto, utilizando el método Delphi en el cual mediante un proceso repetitivo de discusión de los resultados, con los expertos Sr. Ingeniero Clínica (ACCE) Luis Danyau, y el Sr. Ingeniero Guillermo Avendaño, se ha llegado a un consenso de los resultados.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

92

Validación Software "Base de Conocimiento UEM"

Nombre: ALEJANDRO WEINSTEIN

Fecha: 2-1-2014

93

Requerimientos establecidos	Cumple	
	Sí	No
Ámbito Gestión del Inventario		
Capacidad de ingresar un nuevo equipo	✓	
Capacidad de modificar y/o eliminar un equipo	✓	
Capacidad de modificar el estado de un equipo	✓	
Capacidad de asociar un contrato de servicio técnico externo	✓	
Ámbito Gestión Mantenición Preventiva		
Capacidad de agendar mantención preventiva	✓	
Registro histórico de mantención preventiva	✓	
Asociación de insumos y/o respuestas a mantención preventiva	✓	
Ámbito Gestión Mantenición Correctiva		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Capacidad de asociar gastos a mantención correctiva	✓	
Capacidad de asociar insumos y/o repuestos a mantención	✓	
Registro histórico de mantención correctiva	✓	
Ámbito Gestión Instrumental Médico		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Registro histórico de reparaciones	✓	
Capacidad de seguimiento del instrumental	✓	
Ámbito Gestión de Contratos		
Capacidad de adjuntar contratos	✓	
Registro histórico de contratos	✓	
Ámbito de Presupuesto		
Registro histórico de presupuesto	✓	
Análisis de comportamiento de presupuesto	✓	
Ámbito Análisis de Información		
Análisis de situación por cada equipo	✓	
Análisis automático	✓	
Ayuda a la toma de decisiones según seis indicadores	✓	
1 Costo de Adquisición	✓	
2 Costo Mantenimiento Preventivo Anual	✓	
3 Costo Mantenimiento Correctivo Anual	✓	
4 Costo de Pertenencia	✓	
5 Tiempo de parada	✓	
6 Indicador de Reposición	✓	

Figura 5.- Validación prototipo de sistema. Dr. Alejandro Weinstein.

A. Weinstein

Firma Validación

Xana Palacio

Firma Alumna Xana Palacio

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

94


Figura 6.- Validación prototipo de sistema. Sr. (ACCE) Luis Danyau.


Validación Software "Base de Conocimiento UEM"

Nombre: Luis A. Danyau S.

Fecha: 26-12-2013

Requerimientos establecidos	Cumple	
	Sí	No
Ámbito Gestión del Inventario		
Capacidad de ingresar un nuevo equipo	✓	
Capacidad de modificar y/o eliminar un equipo	✓	
Capacidad de modificar el estado de un equipo	✓	
Capacidad de asociar un contrato de servicio técnico externo	✓	
Ámbito Gestión Mantenimiento Preventiva		
Capacidad de agendar mantenimiento preventiva	✓	
Registro histórico de mantenimiento preventiva	✓	
Asociación de insumos y/o respuestas a mantenimiento preventiva	✓	
Ámbito Gestión Mantenimiento Correctiva		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Capacidad de asociar gastos a mantenimiento correctiva	✓	
Capacidad de asociar insumos y/o repuestos a mantenimiento	✓	
Registro histórico de mantenimiento correctiva	✓	
Ámbito Gestión Instrumental Médico		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Registro histórico de reparaciones	✓	
Capacidad de seguimiento del instrumental	✓	
Ámbito Gestión de Contratos		
Capacidad de adjuntar contratos	✓	
Registro histórico de contratos	✓	
Ámbito de Presupuesto		
Registro histórico de presupuesto	✓	
Análisis de comportamiento de presupuesto	✓	
Ámbito Análisis de Información		
Análisis de situación por cada equipo	✓	
Análisis automático	✓	
Ayuda a la toma de decisiones según seis indicadores	✓	
1 Costo de Adquisición	✓	
2 Costo Mantenimiento Preventivo Anual	✓	
3 Costo Mantenimiento Correctivo Anual	✓	
4 Costo de Pertenencia	✓	
5 Tiempo de parada	✓	
6 Indicador de Reposición	✓	


Firma Validación


Firma Alumna Xana Palacio

Validación Software "Base de Conocimiento UEM"

Trabajo de
Título 2
2013-2

Nombre: Lissette Paz Carvajal F Fecha: 30/12/13

95

Requerimientos establecidos	Cumple	
	Sí	No
Ámbito Gestión del Inventario		
Capacidad de ingresar un nuevo equipo	✓	
Capacidad de modificar y/o eliminar un equipo	✓	
Capacidad de modificar el estado de un equipo	✓	
Capacidad de asociar un contrato de servicio técnico externo	✓	
Ámbito Gestión Mantenición Preventiva		
Capacidad de agendar mantención preventiva	✓	
Registro histórico de mantención preventiva	✓	
Asociación de insumos y/o respuestos a mantención preventiva	✓	
Ámbito Gestión Mantenición Correctiva		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Capacidad de asociar gastos a mantención correctiva	✓	
Capacidad de asociar insumos y/o repuestos a mantención	✓	
Registro histórico de mantención correctiva	✓	
Ámbito Gestión Instrumental Médico		
Capacidad de generar órdenes de trabajo	✓	
Registro histórico de reparaciones	✓	
Capacidad de seguimiento del instrumental	✓	
Ámbito Gestión de Contratos		
Capacidad de adjuntar contratos	✓	
Registro histórico de contratos	✓	
Ámbito de Presupuesto		
Registro histórico de presupuesto	✓	
Análisis de comportamiento de presupuesto	✓	
Ámbito Análisis de Información		
Análisis de situación por cada equipo	✓	
Análisis automático	✓	
Ayuda a la toma de decisiones según seis indicadores	✓	
1 Costo de Adquisición	✓	
2 Costo Mantenimiento Preventivo Anual	✓	
3 Costo Mantenimiento Correctivo Anual	✓	
4 Costo de Pertenencia	✓	
5 Tiempo de parada	✓	
6 Indicador de Reposición	✓	


Firma Validación


Firma Alumna Xana Palacio

Figura 7.- Validación prototipo de sistema. Ing. Biomédico Lissette Carvajal.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

96

ANEXO 6: DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES MODULARES SEGÚN PERFIL
DE USUARIO.

Trabajo de
Título 2
2013-2

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

98

1. Módulo Gestión del Inventario

El módulo de inventario permite al usuario ingresar los datos de identificación del equipamiento médico. Según el perfil se tienen diferentes niveles de acceso:

- a. Administrador: Capacidad de ingresar un equipo médico nuevo, completando información de tres áreas; identificación del equipo, información de costos e información asociada a servicio técnico externo. Además tiene la facultad de modificar, eliminar y buscar un equipo médico que se encuentre registrado en la base de datos.
- b. Personal UEM: Capacidad de ingresar un equipo médico nuevo, completando información de tres áreas; identificación del equipo, información de costos e información asociada a servicio técnico externo. Tiene la facultad de modificar y eliminar equipos que sean de su responsabilidad, y buscar un equipo médico que se encuentre registrado en la base de datos.
- c. Calidad: Capacidad de ingresar un equipo médico nuevo, completando información de tres áreas; identificación del equipo, información de costos e información asociada a servicio técnico externo. Además tiene la facultad de modificar, eliminar y buscar un equipo médico que se encuentre registrado en la base de datos.

En la Figura 8 se muestra el módulo correspondiente a la gestión del inventario.



Figura 8.- Inicio Módulo Gestión del Inventario.
Fuente: Elaboración propia.

2. Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo

El módulo de mantenimiento preventivo, permite programar y registrar la realización del mismo para los equipos registrados en el inventario. Las funciones según el perfil de usuario son las siguientes:

- Administrador: Capacidad de agendar un mantenimiento preventivo, ingresando la fecha programa y el responsable de su ejecución. Puede modificar y/o eliminar un mantenimiento preventivo ya agendado; además de buscar los datos de realización de un mantenimiento preventivo específico.
- Personal UEM: Responsable de iniciar el mantenimiento preventivo cumpliendo la fecha programa, en su inicio presenta alertas de vencimiento correspondientes a mantenciones preventivas de los equipos que son de su responsabilidad. Puede iniciar, asociar insumos y terminar un mantenimiento preventivo; además de buscar un mantenimiento preventivo específico.
- Calidad: Capacidad de agendar un mantenimiento preventivo, ingresando la fecha programa y el responsable de su ejecución. Puede modificar y/o eliminar un mantenimiento preventivo ya agendado; además de buscar los datos de realización de un mantenimiento preventivo específico.

En la Figura 9 y Figura 10 se muestran respectivamente el inicio del Módulo Gestión de Mantenimiento Preventivo con perfiles Administrador y Personal UEM.



Figura 9.- Inicio Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo, perfil Administrador. Fuente: Elaboración propia.

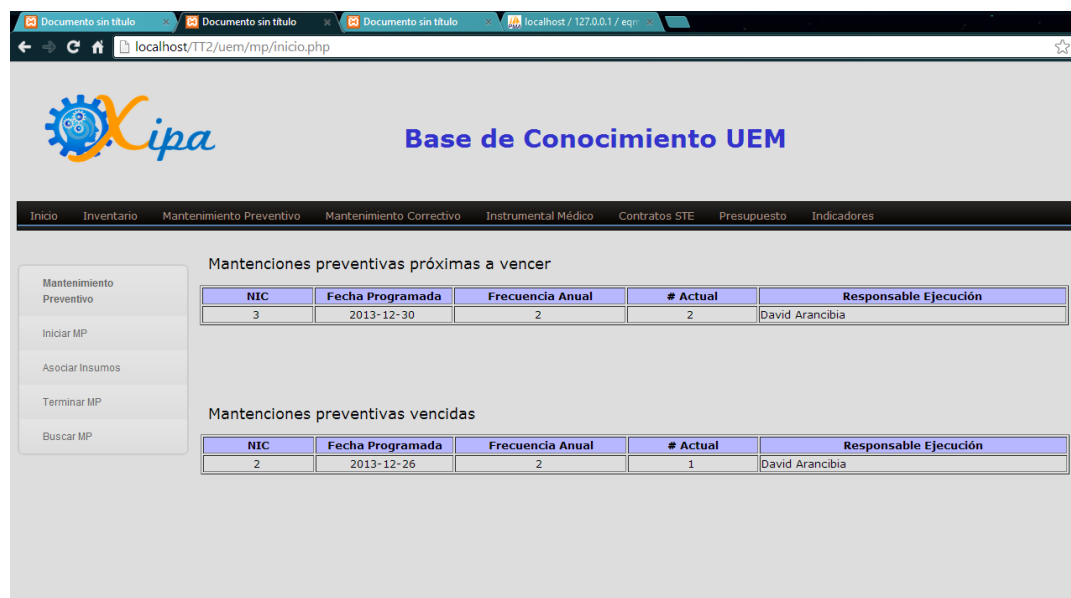


Figura 10.- Inicio Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo, perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.

3. Módulo Gestión Mantenimiento Correctivo

El módulo de mantenimiento correctivo, permite iniciar un mantenimiento que no se encuentra programado, y que se realiza con el fin de devolver una función perdida de un equipo médico debido a una falla no esperada. Las funciones según el perfil son las siguientes:

- a. Administrador: Capacidad de búsqueda y visualización de los mantenimientos correctivos realizados.
- b. Personal UEM: Capacidad de inicio de mantenimiento correctivo, especificando el equipo, la fecha de falla y la empresa proveedora del mantenimiento. Ingreso de datos de término de mantenimiento con capacidad de asociar insumos y/o repuestos a la reparación realizada según el caso lo requiera. Puede buscar un mantenimiento correctivo específico.
- c. Calidad: Capacidad de búsqueda y visualización de los mantenimientos correctivos realizados.

En la Figura 11, se muestra el inicio del Módulo Gestión Mantenimiento Correctivo para el perfil Personal UEM.

Figura 11.- Inicio Módulo
Gestión Mantenimiento
Correctivo, perfil Personal
UEM. Fuente: Elaboración
propia.

Documento sin título Documento sin título Documento sin título localhost / 127.0.0.1 / eq...
localhost/TT2/uem/mc/inicio.php

Base de Conocimiento UEM

Inicio Inventario Mantenimiento Preventivo Mantenimiento Correctivo Instrumental Médico Contratos STE Presupuesto Indicadores

Iniciar un nuevo mantenimiento correctivo

Mantenimiento Correctivo
Terminar MC
Asociar Insumos
Buscar MC

Fecha: yyyy-mm-dd Hora Inicio: hh:mm Servicio: Responsable: Alejandro Rubio

Equipo: Marca: Modelo: N° Serie:

NIC: Empresa:

Problema reportado:

Ingresar

4. Módulo Gestión Contratos Servicio Técnico Externo

El módulo de Gestión de Contratos de Servicio Técnico Externo, permite llevar un registro histórico de los contratos vigentes y no vigentes del equipamiento médico. Las funciones según el perfil son las siguientes:

- Administrador: Tiene la capacidad de asociar contratos a equipos médicos, de actualizar los que se encuentren vencidos o próximos a vencer, además de buscar el historial de contratos de un equipo en específico.
- Personal UEM: Tiene la capacidad de asociar contratos a equipos médicos, de actualizar los que se encuentren vencidos o próximos a vencer, además de buscar el historial de contratos de un equipo en específico.
- Calidad: Tiene acceso limitado; solo puede buscar contratos asociados a equipos; no puede ingresar ni modificar contratos.

En la Figura 12, se muestra el inicio del módulo para el perfil Administrador y/o Personal UEM; que presentan las mismas autorizaciones.



Figura 12.- Inicio Módulo Gestión Contratos Servicio Técnico Externo, perfil Administrador/Personal UEM.
Fuente: Elaboración propia.

5. Módulo Gestión Instrumental Médico

El módulo de Gestión del Instrumental Médico, está orientado al control de reparaciones y gastos de los mismos. Las funciones están ligadas a los perfiles de usuario como se detalla a continuación:

- Administrador: Capacidad completa de visualización de la información, no puede ingresar, modificar ni eliminar los registros.
- Personal UEM: Responsable de enviar el instrumental a reparación, y de ingresar los datos de recepción del instrumental reparado; puede modificar y eliminar reparaciones. Es el responsable de ingresar los equipos de reemplazo, o back-up, registrando su ingreso y retiro de la Institución. Tiene capacidad de visualización de toda la información almacenada.
- Calidad: Capacidad completa de visualización de la información, no puede ingresar, modificar ni eliminar los registros.
- Esterilización: Responsable de generar la ordenes de trabajo de reparación del instrumental. Capacidad completa de visualización de la información, no puede modificar ni eliminar los registros.

En la Figura 13, Figura 14 y Figura 15 se muestran los inicios correspondientes al perfil Administrador/Calidad, Personal UEM y Esterilización respectivamente.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

104

Figura 13.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Administrador/Calidad.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 14.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Personal UEM.
Fuente: Elaboración propia.



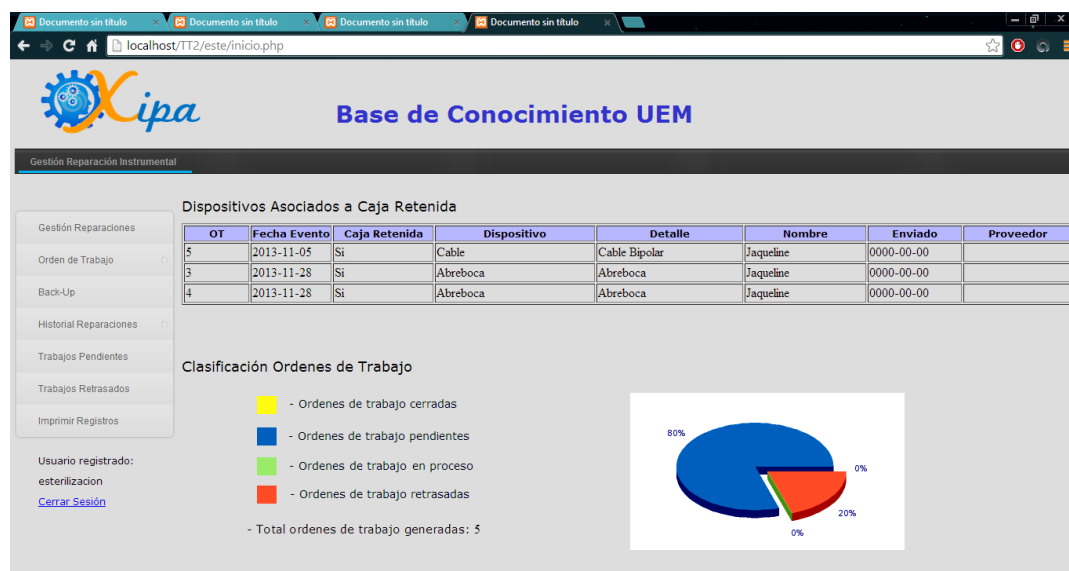


Figura 15.- Inicio Módulo Gestión del Instrumental Médico, perfil Esterilización.
Fuente: Elaboración propia.

6. Módulo Gestión Presupuesto

El módulo Gestión de Presupuesto, está orientado al análisis automático de la prorrato del presupuesto en el momento en el cual se consulta este módulo. Analizando los gastos hasta ese momento ingresados a la base de datos, y realizando un resumen clasificado de los mismos. Las funciones según el perfil se describen a continuación:

- Administrador: Responsable de ingresar el monto del presupuesto para el año actual. Visualización del histórico de presupuestos, y su análisis respectivo.
- Personal UEM: Capacidad de visualización del histórico de presupuestos, y su análisis respectivo.
- Calidad: Capacidad de visualización del histórico de presupuestos, y su análisis respectivo.

En la Figura 16 se muestra un ejemplo del análisis del presupuesto año 2013.

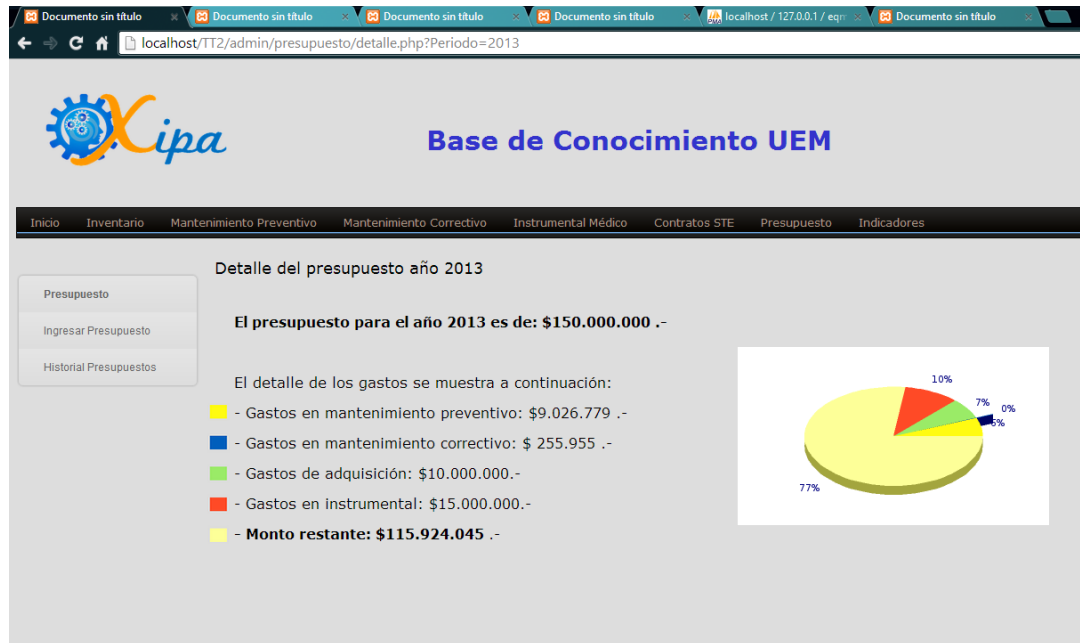


Figura 16.- Módulo Gestión Presupuesto, ejemplo análisis presupuesto 2013. Fuente: Elaboración propia.

7. Módulo de Análisis de la Información

Este módulo está dedicado al análisis específico de cada equipo por separado en base a seis indicadores, agrupando información que se encuentra en la base de datos del sistema. Según los perfiles se tienen los siguientes accesos a la información:

- Administrador: Responsable de fijar el “Umbral de Reposición” necesario para calcular el indicador de reposición, puede visualizar el historial de umbrales. Búsqueda de equipos dentro del inventario para visualizar el análisis automático de sus indicadores.
- Personal UEM: Búsqueda de equipos dentro del inventario para visualizar el análisis automático de sus indicadores.
- Calidad: Capacidad de visualizar el historial de umbrales. Búsqueda de equipos dentro del inventario para visualizar el análisis automático de sus indicadores.

En la Figura 17 se muestra un ejemplo del detalle de los indicadores de un equipo registrado en el inventario.



Figura 17.- Módulo Análisis de la Información, ejemplo análisis indicadores. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

108

ANEXO 7: VERIFICACION DE FUNCIONALIDAD: PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Trabajo de
Título 2
2013-2

Prototipo de
CMMS para
apoyo a la
gestión.

110

1. Módulo Gestión del Inventario

Se comienza ingresando los datos de los equipos a través de la opción “Ingresar Equipo”, la información necesaria se muestra en esta misma ventana, y debe ser completada para su correcta incorporación a la base de datos. En la Figura 18 se muestra la ventana para este proceso.

111

Ingresar un nuevo equipo al inventario

NIC: Cod. Inventario: Fecha Adquisición: Puesta Marcha:
 Servicio: Encargado: David Arancibia Descripción: Distribuidor:
 Fabricante: Modelo: N° Serie: Vida Útil:
 Propiedad: Estado: Operativo

Información de costos

Costo adquisición: (sin puntos) Costos envío: (sin puntos) Costo instalación: (sin puntos)

Información asociada servicio técnico externo contratado

Contrato: No Proveedor STE:
 Inicio Contrato: Termino Contrato: Monto del Contrato: (Sin puntos)

Figura 18.- Ventana de ingreso de equipamiento nuevo. Fuente: Elaboración propia.

Se verifica la funcionalidad del gestor de búsqueda de equipos, lo que se muestra en la Figura 19.

Resultados de la búsqueda

NIC	Cod. Inventario	Fecha Ingreso	Servicio	Encargado	Descripción	Distribuidor	Fabricante	Modelo	N° Serie	Vida Útil	Propiedad	Estado
3	123458	2011-01-01	Banco de Sangre	Cristian Lopez	Sillon De Extraccion	Bbraun	Bbraun	Confort-4	C4409553	8	XX	Operativ

Figura 19.- Ventana de resultados búsqueda de equipo médico inventario. Fuente: Elaboración propia.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

112

Figura 20.- Filas insertadas en la tabla "inventario". Fuente: Elaboración propia.

Los datos ingresados a la tabla correspondiente a inventario son mil cuarenta y nueve, como se muestra a continuación en la Figura 20.

Tabla	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> inventario	~1,049	InnoDB	latin1_swedish_ci	240 KB	-

Con el ingreso de los registros a la base de datos desde la interfaz de usuario, queda comprobada la funcionalidad del prototipo.

2. Módulo Gestión Mantenimiento Preventivo

El módulo mantenimiento preventivo, se agendan mil ochenta y un mantenciones durante un periodo de tres años que cubre desde enero del año 2011, hasta febrero del año 2014; para las fechas pasadas se ingresan los datos de inicio y término de la mantención según el perfil del responsable de realizarla. En la Figura 21 se muestra la interfaz desde la cual se ingresan los datos de inicio, y en la Figura 22 los datos de término.

Figura 21.- Interfaz de inicio de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia.

Documento sin título | localhost / 127.0.0.1 / esp | localhost/TT2/admin/mp/iniciarMP.php?NMP=946

Base de Conocimiento UEM

Inicio | Inventario | **Mantenimiento Preventivo** | Mantenimiento Correctivo | Instrumental Médico | Contratos STE | Presupuesto | Indicadores

Iniciar el mantenimiento preventivo del equipo NIC 946

Cod. Inventario	Descripción	Distribuidor	Modelo	N° Serie	Servicio
124401	Lampara	Arquimed	LS-135	810	Centro Medico Adulto

Datos de inicio

NIC: 946 | Fecha Inicio: | Hora Inicio: | Proveedor: |

Ingresar



Figura 22.- Interfaz de término de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración propia.

Se registra el inicio y el término de mil veinte cinco mantenencias correspondientes a fechas comprendidas en el periodo 2011 – 2013. Las mantenencias programadas para el año 2014 corresponden a cincuenta y seis, las cuales quedan en espera de realización.

La búsqueda de mantenencias preventivas queda verificada. En la Figura 23 se muestra la tabla correspondiente al mantenimiento preventivo con la cantidad de filas insertadas.

Tabla	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
<input type="checkbox"/> preventiva	~1,081	InnoDB	latin1_swedish_ci	176 KB	-

Figura 23.- Filas insertadas en la tabla "preventiva". Fuente: Elaboración propia.

3. Módulo Gestión Mantenimiento Correctivo

Para el módulo de mantenimiento correctivo se ingresa un total de mil ochenta y cuatro registros, mediante la interfaz de usuario, tal como se muestra en la Figura 24.



Figura 24.- Ingreso de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo mediante la interfaz de usuario. Fuente: Elaboración propia.

Se verifica que la opción “Terminar MC” funciona correctamente, ya que debe mostrar automáticamente las mantenciones que no se han cerrado para poder seleccionarla. En la Figura 25 se muestra la función.



Figura 25.- Interfaz de selección de orden de trabajo para ingresar datos de finalización de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia.

Se verifica el correcto almacenamiento de la información y funcionamiento del sistema, en la Figura 26 se muestran la cantidad de registros ingresados a la tabla “correctiva”.



Figura 26.- Filas insertadas en la tabla “correctiva”; correspondiente a los registros de mantenimiento correctivo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 27.- Módulo de Gestión del Instrumental, ingreso de nueva reparación perfil Esterilización. Fuente: Elaboración propia.

4. Módulo Gestión Instrumental Médico

El módulo de gestión del instrumental médico, está destinado al control de gastos en reparaciones, y al seguimiento de cada pieza por separado. El ingreso de los datos de reparación se realiza a través del perfil “Esterilización”, mediante la opción “Nueva Reparación”, donde se ingresan los datos relativos al instrumental enviado y su falla. Esto se muestra en la Figura 27.

Documento sin título
localhost/TT2/este/reparacion_endoscopio.php

Xipa Base de Conocimiento UEM

Gestión Reparación Instrumental

Ingresar nueva reparación, correspondiente a Endoscopios.

Gestión Reparaciones
Orden de Trabajo
Back-Up
Historial Reparaciones
Trabajos Pendientes
Trabajos Retrasados
Imprimir Registros

Fecha Evento: 2013-11-05 Caja Retenida: No Pieza Única: Si Prioridad: Urgente

Detectado: Pabellón Esterilización

Caja: Cirugia Abdominal N°2 Detalle: Endoscopio Fabricante: Wolf Código: AS-124

N° de Serie: 8427941001 Falla: Perdida Vision Nombre: Jaqueline Horario: 09:00

Usuario registrado:
esterilizacion
[Cerrar Sesión](#)

Ingresar

Mediante esta metodología se ingresan mil noventa y un solicitudes de reparación de instrumental. Verificando el correcto incorporamiento de los mismo a la base de datos.

Inmediatamente, desde el perfil “Personal UEM” se realiza el envío a reparación de la misma cantidad de elementos. Registrando los datos de envío requeridos al momento de seleccionar la opción “Envío a reparación”. En la Figura 28 se muestra la interfaz de este proceso.

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/TTZ/uem/instrumental/envio_nuevo.php`. The page header includes the 'Xipa' logo and the title 'Base de Conocimiento UEM'. A navigation menu contains: Inicio, Inventario, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Instrumental Médico, Contratos STE, Presupuesto, and Indicadores. A left sidebar lists: Gestión Reparaciones, Orden de Trabajo, Back-Up, Historial Reparaciones, Trabajos Pendientes, Trabajos Retrasados, and Usuario Registrado: Lisette Carvajal. The main content area is titled 'Ingresar envío a reparación' and contains the following form fields: 'N° OT asociada al envío: 34', 'Fecha envío: 2013-12-05', 'Proveedor: Wolf', 'Tipo: Original', and 'Guía despacho: 25443'. An 'Ingresar Envío' button is located below the fields.

Figura 28.- Módulo Gestión Instrumental Médico, interfaz envío a reparación perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.

Posterior a este proceso se simula la recepción del instrumental ya reparado, ingresando por la interfaz del Personal UEM a la opción “Cerrar OT”, e ingresando los datos correspondientes al cierre del trabajo; fecha de recepción, estado del instrumental, observaciones, entre otros. En la Figura 29 se observa la ventana del proceso.

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/TTZ/uem/instrumental/cierra_OT.php?OT=1095`. The page header is identical to Figure 28. The main content area is titled 'A continuación se muestran los datos de reparación del número de OT 1095' and displays a table with the following data:

OT	Fecha Evento	Caja Retenida	Pieza Única	Prioridad	Caja	Dispositivo	Detalle	Fabricante	Código	N° de Serie
1095	2013-11-20	Si	No	Normal	Cirugia Abdominal N° 2	Endoscopio	Endoscopio	Wolf	AS-124	986427

Below the table, the form is titled 'Ingrese los datos de término de la OT' and contains: 'N° de OT: 1095', 'Recepción: Xana', 'Fecha: 2013-12-24', 'Proceso: Reparada', and 'Estado: Terminado'. There are also fields for 'Cumplimiento:', 'Observación:', and 'Valor Reparación:'. A 'Cerrar OT' button is at the bottom.

Figura 29.- Módulo Gestión Instrumental Médico, recepción instrumental perfil Personal UEM. Fuente: Elaboración propia.

Con los datos ingresados, se verifica el correcto funcionamiento del flujo de información, y el reporte porcentual en el inicio del módulo sobre el estado general de las órdenes de reparación. El inicio de este módulo se observa en la Figura 30, donde se observa el funcionamiento del análisis porcentual del estado de las órdenes de reparación.

Prototipo de CMMS para apoyo a la gestión.

118

Figura 30.- Módulo Gestión Instrumental Médico, inicio común para todos los perfiles. Fuente: Elaboración propia.



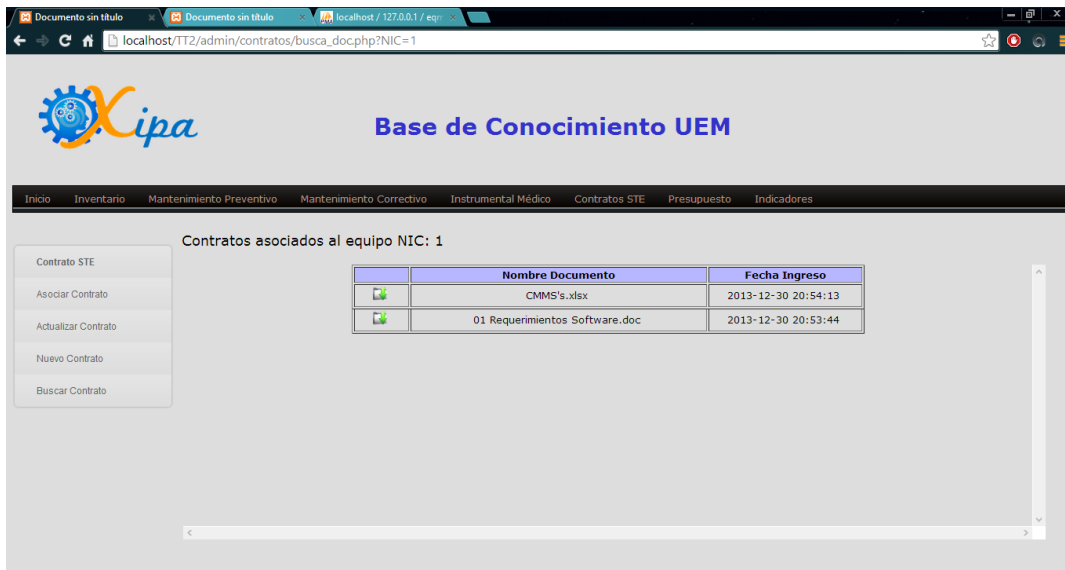
En la Figura 31 se observa la cantidad de datos ingresados a la tabla “registro” correspondiente al módulo de gestión del instrumental médico.

Figura 31.- Filas insertadas en la tabla “registro” correspondiente al módulo Gestión del Instrumental Médico. Fuente: Elaboración propia.



5. Módulo Gestión Contratos Servicio Técnico Externo

El objetivo del módulo de gestión de contratos, es llevar un registro de los contratos del equipamiento médico que así lo requiera. Se verifica el funcionamiento del almacenamiento de los contratos, asociando doce contratos a diferentes equipos médicos; la principal verificación es la capacidad de almacenar el histórico de contratos, lo que se logra asociando más de un contrato a un mismo equipo. Esto se muestra en la Figura 32.



The screenshot shows a web browser window displaying the 'Xipa Base de Conocimiento UEM' application. The browser address bar shows 'localhost/TT2/admin/contratos/busca_doc.php?NIC=1'. The application header includes the Xipa logo and the title 'Base de Conocimiento UEM'. A navigation menu contains: Inicio, Inventario, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Instrumental Médico, Contratos STE, Presupuesto, and Indicadores. The main content area is titled 'Contratos asociados al equipo NIC: 1' and features a sidebar with buttons: Contrato STE, Asociar Contrato, Actualizar Contrato, Nuevo Contrato, and Buscar Contrato. A table displays the following data:



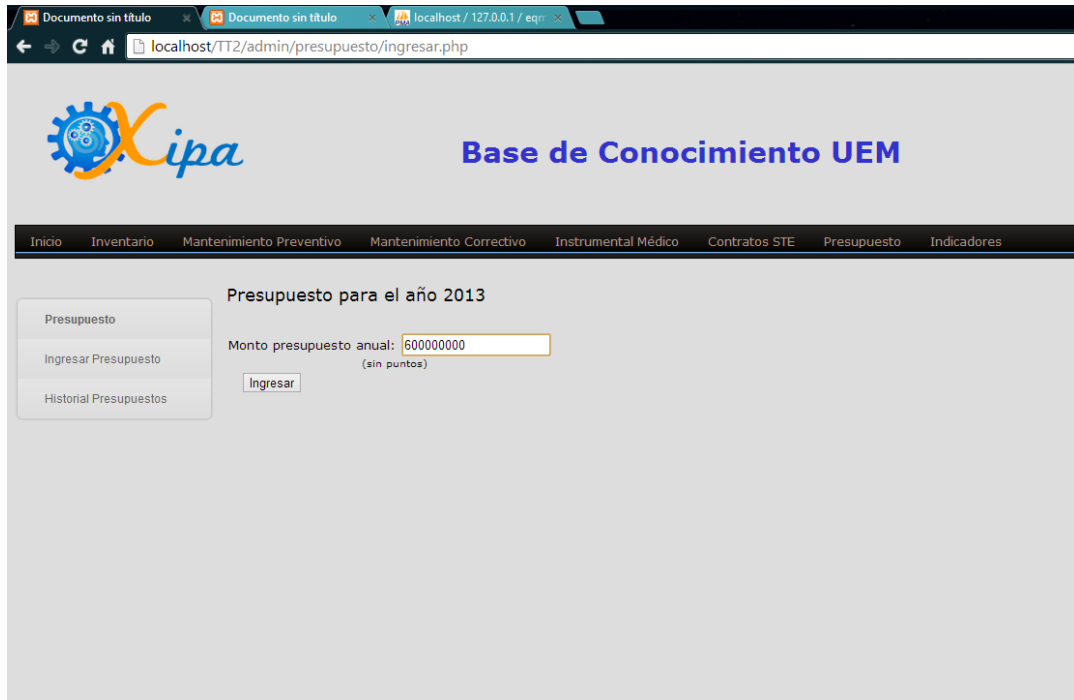
	Nombre Documento	Fecha Ingreso
	CMMS's.xlsx	2013-12-30 20:54:13
	01 Requerimientos Software.doc	2013-12-30 20:53:44

Figura 32.- Módulo Gestión de Contratos Servicio Técnico Externo, ejemplo historial de contratos de un equipo específico. Fuente: Elaboración propia.

Figura 33.- Módulo Gestión Presupuesto, interfaz de ingreso del monto de presupuesto. Fuente: Elaboración propia.

6. Módulo Gestión Presupuesto

El Módulo Gestión del Presupuesto, tiene dos funciones principales; la primera es fijar el monto de presupuesto para el año en curso, al momento de realizar la prueba es el año 2013, y se fija un monto de seiscientos millones; la Figura 33 muestra la interfaz que cumple este fin.



La segunda función es la visualización de los presupuestos históricos, que se observa en la Figura 34, y el detalle de los mismos de la Figura 35.



Figura 34.- Módulo Gestión Presupuesto, histórico de presupuestos. Fuente: Elaboración propia.

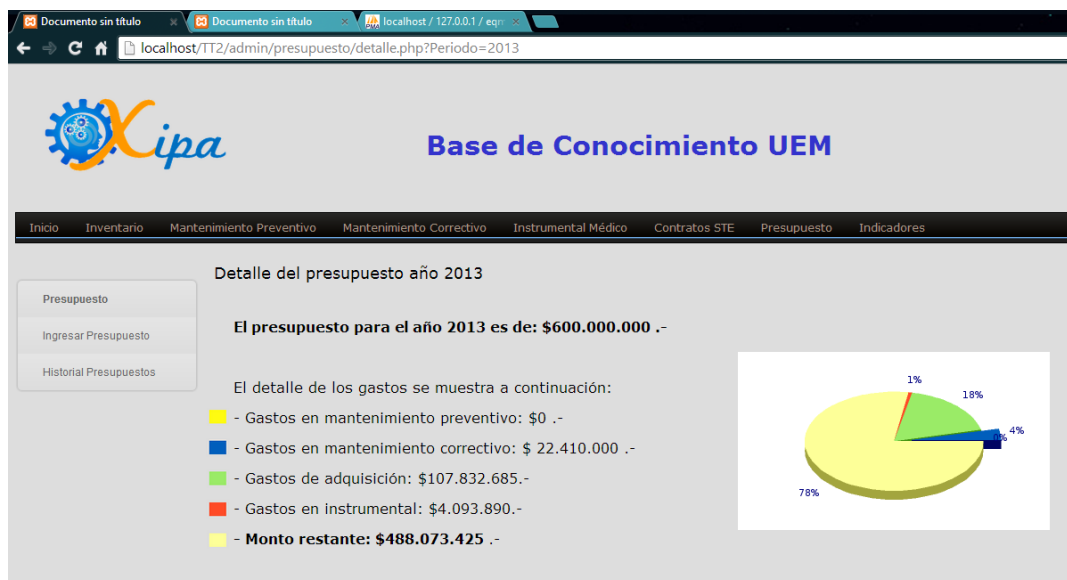


Figura 35.- Módulo Gestión Presupuesto, detalle del año 2013. Fuente: Elaboración propia.

7. Módulo Análisis de Información

El siguiente módulo tiene por objetivo analizar los ciertos indicadores para cada equipo médico por separado. Los indicadores son: (1) Costo de Adquisición, (2) Costo de Mantenimiento Preventivo Anual, (3) Costo de Mantenimiento Correctivo Anual, (4) Costo de Pertenencia, (5) Tiempo de Parada y (6) Indicador de Reposición. En la Figura 36 se muestra la interfaz con los indicadores de un equipo de ejemplo.

Figura 36.- Módulo Análisis de la Información, ejemplo indicadores equipo médico.
Fuente: Elaboración propia.

