Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil Industrial

Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la Metodología RCM II para los equipos médicos críticos para las áreas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente crítico del Hospital Militar de Santiago para el año 2017.

Por

Felipe Ignacio Morales González
Manuel Javier Órdenes Corvalán

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía: Augusto Vargas Schüler
Octubre, 2016

Agradecimientos

Queremos partir agradeciendo a esta Universidad por darnos una gran formación académica, así como también a los diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir día a día, especialmente a nuestro profesor guía, don Augusto Vargas Schüler por entregarnos sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar y su persistencia que fueron fundamentales para poder realizar el presente Trabajo de Título.

Agradecemos también a los encargados del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital Militar de Santiago por el apoyo, los conocimientos entregados y la experiencia, en especial al Jefe del Departamento don Rodrigo Vera.

"Quiero agradecerle en a mi mamá, por dar todo lo que pudo y más para que yo pudiera empezar y terminar mi carrera, sin ella no sería la persona que soy. También le agradezco a mi familia, mi papá y hermanos por siempre apoyarme y estar conmigo, lo mismo que mis tíos, en especial mi tío Fernando, que fue un pilar fundamental para poder vivir donde lo hice, mi tío Cristián que me acompañó en este proceso desde el día 1. Agradezco también a todas las maravillosas personas que conocí y estuvieron conmigo siempre que las necesité, principalmente Nicole, Consuelo, Silvana y Valeria que no me dejaron nunca solo y a quienes me recibieron como un hijo y me trataron como tal: Pili y Hernán. Y finalmente le quiero agradecer a personas que ya no están, pero que siempre quisieron que llegara lejos y las amaré por siempre, Tío Jorge, Tía Marcela y en especial a mi Tati y Mami Olayita que me dieron todo el amor que pudieron mientras vivieron y porque además me inculcaron la fé y el creer en Dios, a quien también agradezco, por darme consuelo y ayuda en los momentos en que se lo pedí a lo largo de mi vida.
Agradezco a mi amigo y compañero de Tesis Manuel Ordenes, con quien pasamos varias aventuras para poder llegar a este momento, pero que finalmente y a pesar de todo logramos concluir."

…Felipe Ignacio Morales González

"Quiero comenzar entregando toda mi gratitud a la única persona que incondicionalmente ha estado a mi lado desde el momento que nací, mi madre, Isabel, compañera de incontables batallas, donde hemos sabido reaccionar de la mejor manera, la persona en quien quiero igualar aptitudes, ya que ni en este momento puedo igualarla, madre, te amo.

Así como también mis hermanos, que finalmente sin ellos no hubiera logrado estar en este lugar ni de esta manera. Gracias, los amo.

Todas esas personas que han estado durante ese proceso hermoso que fue la Universidad, la cual vio aparecer y desaparecer, todas ellas importantes para aprender a vivir, hicieron de esta experiencia los más interesante y fructífero que pudo llegar a ser.

No puedo nombrar a todos, pero a quienes veo constantemente, y quienes hablo frecuente sabrán que pasaron por mi vida siendo grandes. Siempre les estaré agradecido y se los haré saber con un simple saludo y un abrazo.

Y nunca olvidar reír."

- *Manuel J. Órdenes Corvalán.*

Índice

Índice 4
Glosario 8
Lista de abreviaturas y siglas 10
Lista de símbolos 11
Lista de Tablas 12
Lista de Figuras 13
Resumen 14
Summary 16
Introducción 18
1. Antecedentes generales 19
1.1. Descripción de la empresa 19
1.1.1. Infraestructura 20
1.1.2. Estructura orgánica 21
1.1.1. Ingresos hospital militar de Santiago 23
1.2. Descripción del proceso 24
1.3. Departamento de Ingeniería Biomédica 25
1.3.1. Programa de mantención del Departamento de Ingeniería Biomédica 29
1.3.2. Descripción de las áreas críticas 32
1.3.2.1. Unidad de Esterilización 32
1.3.2.2. Pabellones Quirúrgicos 33
1.3.2.3. Unidad del Paciente Crítico 34
1.4. Elección de equipos a trabajar 35
1.4.1. Método de elección de equipos 35
1.5. Descripción del problema 40
1.5.1. Causas del problema 44
1.5.2. Consecuencias del problema 49
1.6. Metodologías aplicables 51

1.6.1. RCM II 51
1.6.2. AMFEC 52
1.6.3. TPM 53
1.6.4. Limitaciones 55
1.7. Objetivos 57
1.7.1. Objetivo general 57
1.7.2. Objetivos específicos 57
1.7.3. Resultado esperado 57
1.8. Resumen Capítulo 1: Antecedentes generales 58
2. Metodología 60
2.1. Metodología RCM II 60
2.1.1. Funciones y parámetros de funcionamiento 61
2.1.2. Fallas funcionales 62
2.1.3. Modos de falla 63
2.1.4. Efectos de falla 63
2.1.5. Consecuencias de falla 64
2.1.6. Tareas de mantenimiento 65
2.1.7. Acciones a falta de 68
2.2. Herramientas integradas en la metodología RCM II 71
2.2.1. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE) 71
2.2.2. Diagrama de Decisión RCM II 71
2.3. Herramientas complementarias a RCM II 75
2.3.1. Tipos de mantenimiento 75
2.3.2. Confiabilidad operacional 77
2.3.3. Indicadores gestión de mantenimiento 78
2.4. Diagrama de Flujo de aplicación de metodología RCM II 79
2.5. Resumen Capítulo 2: Metodología 81
3. Aplicación de la metodología 83
3.1. Confiabilidad operacional. 83
3.2. Indicadores de gestión del mantenimiento 83

3.3. Descripción de sistemas y subsistemas 84
3.3.1. Descripción de sistemas 84
3.3.2. Descripción de los subsistemas 85
3.4. Responsabilidades 86
3.5. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE) 87
3.6. Diagrama de Decisión RCM II 87
3.7. Propuesta de mantenimiento a partir de la elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar 90
3.6 Resumen Capítulo 3: Aplicación de metodología 91
4. Análisis de resultados 93
4.1. Selección y análisis de criticidad de equipos 93
4.2. Identificación de los modos de falla, efectos y funciones de los equipos médicos críticos 94
4.3. Clasificación de tareas y planificación de mantenimiento 95
4.4. Análisis de indicadores de gestión de mantenimiento 96
4.5. Cuantificación de los costos 97
4.6. Resumen Capítulo 4: Análisis de resultados 98
5. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias 100
5.1. Conclusiones 100
5.2. Recomendaciones y sugerencias 103
Bibliografía 105
ANEXOS. 108
Anexo 1.1. Antecedentes extras del HMS 108
Anexo 1.2. Descripción de áreas críticas 110
Anexo 1.3. Encuesta para Selección de equipos 119
Anexo 1.4. Listado de Equipos Áreas Criticas Hospital Militar de Santiago junto a su cantidad de fallas y valor de las reparaciones y mantenciones . 120
Anexo 1.5. Disponibilidad 124
Anexo 1.6. Ishikawa 125
Anexo 1.7. Encuestas para creación y validación de Diagrama Espina de Pescado. 126

Anexo 1.8. Encuesta causas problema Pareto. 127

Anexo 3.1. Descripción de los equipos..... 128

Anexo 3.2. Hojas de Información RCM II 131

Anexo 3.3. Hojas de Decisión RCM II 139

Anexo 3.4. Procedimientos Operativos Estándar 143

Anexo 3.5. Información relevante para la evaluación de la simulación. 153

Anexo 3.6. Propuesta Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos médicos críticos pertenecientes a las áreas de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico 1566

Glosario

Causa: primera instancia de la cual se desarrollan eventos o situaciones específicas que son consecuencia de ésta y que pueden ser completamente diferentes en lugar de presentar causas distintas en contextos diferentes.

Confiabilidad: capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dados.

Consecuencia: se produce después de una falla.

Disponibilidad: porcentaje de tiempo que un equipo es capaz de realizar las funciones a las cuales se le ha fabricado, para operar, producir o dar soporte a los usuarios de las distintas áreas.

Efectos: lo que deriva de una causa.

Equipo: unidad compleja de orden superior integradas por conjunto, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema.

Equipos médicos críticos: todos aquellos equipos cuyo funcionamiento es vital para la seguridad de los pacientes.

Falla funcional: ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Falla oculta: falla funcional que no es evidente por sí misma al equipo operativo bajo circunstancias normales de operación.

Función primaria: en primera instancia resume el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones, cubre temas como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

Función secundaria: cada activo para que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, proyección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta la apariencia del activo.

Indemnidad: estado o situación del que está libre de padecer daño o perjuicio.

Mantenimiento correctivo: aquel que se realiza posterior a la aparición de una falla, donde se dispone del equipo a reparar quedando inhabilitado hasta que se deja operativo nuevamente.

Mantenimiento detectivo: consiste en la prueba de dispositivos bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la función requerida cuando sean necesarios.

Mantenimiento preventivo: se refiere a aquellas tareas de sustitución o de trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente.

Mantenimiento: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un producto o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

Modo de falla: cualquier evento que causa una falla funcional.

Procesos: actividades relacionadas entre sí las que al interactuar juntas, o simultáneamente convierten productos o generan resultados.

Soporte vital: técnicas y tratamientos de emergencia realizadas en una situación de urgencia médica para mantener la vida del paciente tras el fallo de uno o más órganos vitales.

Usuarios: aquellos clientes de las respectivas unidades críticas, por ejemplo para Unidad del paciente crítico, los usuarios son los pacientes y los operantes; Pabellones quirúrgicos: paciente, arsenalero(a), cirujano, anestesiólogo; Unidad de Esterilización: pisos del hospital, entre ellos, los antes mencionados, quienes requieren de instrumental e indumentaria (ropa).

Lista de abreviaturas y siglas

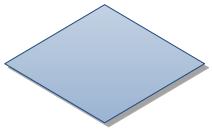
$:	Moneda en Peso Chileno.
%:	Porcentaje.
≥:	Mayor o igual a.
≤:	Menor o igual a.
AMFE:	Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos.
E:	Consecuencias ambientales.
F:	Función principal.
f:	Falla
fa:	Falla acumulada.
FF:	Falla funcional.
FM:	Modo de falla.
fr:	Frecuencia relativa.
fra:	Frecuencia relativa acumulada.
H:	Consecuencias de falla oculta.
HMS:	Hospital militar de Santiago.
H1, S1, O1, N1:	Factibilidad de realizar tareas a condición.
H2, S2, O2, N2:	Factibilidad de tareas de reacondicionamiento cíclico.
H3, S3, O3, N3:	Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas.
H4:	Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.
H5:	Factibilidad de daño al medio ambiente o a la seguridad.
IAAS:	Infecciones asociadas al área de la salud.
MM $:	Millones de pesos.
MTBF:	Tiempo medio entre fallas.
MTTR:	Tiempo medio para la reparación.
O:	Consecuencias operacionales.
O_2:	Oxígeno.
RAE:	Real academia española.
RCM II:	Mantenimiento centrado en la confiablidad.
S:	Consecuencias en la seguridad.
SEDILE:	Servicio dietético de leche.
POE:	Procedimiento operativo estándar.
UCI:	Unidad de cuidados intensivos.
UTI:	Unidad de tratamientos intensivos.
V:	Valores.
VA:	Valores acumulados.
VR:	Valor relativo.
VRA:	Valor relativo acumulado.

Lista de símbolos

Diagrama de Flujo.

Inicio o final de diagrama.

Ejecución de un proceso o actividad.



Toma de decisión.

Subproceso necesario para que se tome una decisión.

Documento perteneciente a un proceso o subproceso.

Colección de documentos.

Hoja de cálculo.

Señalización de dirección del proceso.

Señalización de procesos de apoyo.

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Infraestructura Hospitalaria del HMS. 20
Tabla 1.2 Ingresos percibidos por HMS en años 2013 y 2014. 23
Tabla 1.3 Función equipo médico. 30
Tabla 1.4 Aplicación clínica. 31
Tabla 1.5 Requerimiento de mantención. 31
Tabla 1.6 Historial de incidencias. 32
Tabla 1.7 80% de las fallas, Unidad de Esterilización. 37
Tabla 1.8 80% de las fallas, Pabellones Quirúrgicos. 37
Tabla 1.9 80% de las fallas, Unidad del Paciente Crítico. 38
Tabla 1.10 80% Costos de mantenciones tres áreas críticas. 38
Tabla 1.11 Costo fallas de los equipos. 40
Tabla 1.12 Tipo de fallas y costos de las fallas. 41
Tabla 1.13 Costo servicio de mantención. 42
Tabla 1.14 Operatividad de equipos médicos críticos. 43
Tabla 1.15 Disponibilidad equipos médicos críticos. 43
Tabla 1.16 Causas Diagrama de Espina de Pescado. 46
Tabla 1.17 Resultado encuesta Diagrama de Pareto. 47
Tabla 1.18 Cantidad de Derivaciones. 49
Tabla 1.19 Análisis metodologías. 54
Tabla 2.1 Hoja de Información RCM II. 72
Tabla 2.2 Hoja de Decisión RCM II. 72
Tabla 3.1 Tiempos de respuesta según costos mantención. 84
Tabla 3.2 Indicadores de gestión del mantenimiento. 84
Tabla 3.3 Subsistema ventilador cuidados intensivos, Dräger-Savina 85
Tabla 3.4 Extracto Hoja de Información RCM II. 88
Tabla 3.5 Extracto consecuencias y tareas. 89
Tabla 3.6 Extracto Hoja de Decisión RCM II ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina. 89
Tabla 3.7. Extracto Procedimiento Operativo Estándar para subsistema unidad de anestesia drager primus 90
Tabla 4.1 Frecuencia de tareas consolidadas. 95
Tabla 4.2 Disponibilidad equipos seleccionados. 96
Tabla 4.3 Costos de mantención plan actual v/s Costos de mantención plan propuesto. 98
Tabla 5.1 Disponibilidad equipos seleccionados. 102
Tabla 5.2 Costos de mantención actual v/s Costos de mantención plan propuesto. 102

Lista de Figuras

Figura 1.1 Organigrama HMS. 22
Figura 1.2 Extracto mapa de proceso del HMS. 26
Figura 1.3 Diagrama de Flujo de compra de equipos médicos del HMS..... 27
Figura 1.4 Diagrama de Flujo de equipos sin contrato de mantenimiento afectado por una falla. 28
Figura 1.5 Diagrama de Flujo de equipos con contrato de mantenimiento afectados por una falla. 29
Figura 1.6 Diagrama de Flujo Unidad de Esterilización. 33
Figura 1.7 Diagrama de Flujo Pabellones Quirúrgicos. 34
Figura 1.8 Diagrama de Flujo de Unidad del Paciente Crítico. 35
Figura 1.9 Gráfico de resultados de encuesta a expertos. 36
Figura 1.10 Diagrama de Espina de Pescado. 45
Figura 1.11 Diagrama de Pareto. 48
Figura 1.12 Diagrama Causas – Problema – Consecuencias. 50
Figura 2.1 Pasos de metodología RCM II. 61
Figura 2.2 Perspectiva tradicional de la falla. 66
Figura 2.3 Seis patrones de falla. 66
Figura 2.4 Diagrama de Decisión RCM II. 73
Figura 2.5 Confiabilidad operacional. 77
Figura 2.6 Diagrama de Flujo de aplicación de metodología RCM II 80
Figura 3.1 Grupo de análisis RCM II. 86
Figura 4.1 Selección de equipos a través de encuesta a expertos. 93

Resumen

Palabras claves: Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Equipos Médicos Críticos, HMS, Metodología RCM II, Plan de Mantenimiento.

El presente Trabajo de Título se realizó en el Departamento de Ingeniería Biomédica, perteneciente al Hospital Militar de Santiago, el cual es el encargado de gestionar todas las actividades relativas al mantenimiento de equipos médicos del HMS.

Se diagnosticó que el Departamento de Ingeniería Biomédica tiene un plan para poder determinar las mantenciones, pero éste no ha sido suficiente, puesto que los equipos médicos no están disponibles cuando ellos son requeridos, sobre todo en las áreas más críticas del HMS que son: Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico; donde se encuentran los equipos médicos más críticos y que necesitan estar disponibles.

Una vez determinadas las áreas de trabajo se identificó cuáles son los equipos médicos más críticos de éstas, delimitando el Trabajo de Título. Se diseñó y se aplicó una encuesta a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica y como resultado de ella, se seleccionaron cuatro equipos médicos críticos: monitor multiparámetro, unidad de anestesia, unidad de esterilizadora por vapor de agua y ventilador para cuidados intensivos.

Basándose en el estudio realizado se detectó que el problema de tener una disminución en la disponibilidad de los servicios en las áreas críticas de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico, radica en que el plan de mantenimiento actual no tiene definido los tiempos de mantenciones, lo que provoca que los equipos médicos críticos no estén disponibles y se vea afectado así la entrega de los servicios propios del Hospital Militar de Santiago a sus clientes.

Después de identificar el problema, se estudiaron las metodologías ponderando según grado resolución de requisitos respecto a la situación actual de los equipos médicos. La metodología escogida fue RCM II (mantenimiento centrado en la confiabilidad) puesto que permite encontrar fallas, establecer soluciones de mantención en periodos determinados de

tiempo, involucrar a todas las personas que son parte del mantenimiento y además permite desarrollar un plan de mantenimiento.

Se aplicó la metodología RCM II con sus respectivas herramientas:

- AMFE (Análisis de Modos de Falla y sus Efectos) para la creación de las Hojas de Información RCM II.
- Hojas de Información RCM II de los equipos médicos críticos, identificando cuáles son las fallas que necesitan ser focalizadas.
- Diagrama de Decisión permitió crear las Hojas de Decisión RCM II, con las cuales fue posible determinar las tareas que se podrían hacer, la frecuencia y quien se haría cargo de ejecutarlas.
- Con las Hojas de Decisión RCM II creadas, se hicieron los Procedimientos Operativos Estándar (POE) para cada equipo médico crítico.

Al aplicar la metodología RCM II con sus respectivas herramientas se confecciona un Plan de Mantenimiento Preventivo adecuado a la situación actual, el cual será propuesto al Departamento de Ingeniería Biomédica del HMS.

Finalmente se comparó mediante indicadores de mantenimiento y costos de la situación actual versus los indicadores de mantenimiento y costos de la situación propuesta, a través de una simulación la cual consistió en analizar qué hubiese pasado si el plan de Mantenimiento Preventivo propuesto se hubiera aplicado a la situación actual. Como resultado de la comparación se obtuvo que la disponibilidad de los equipos médicos críticos aumenta al rango de excelente (sobre un 95%) y los costos muestran una disminución respecto de la situación actual y la simulación de la propuesta, con $57.828.945 y $45.892.322 respectivamente.

Summary

Keywords: Maintenance, Preventive Maintenance, Corrective Maintenance, Critical Medical Equipment, MHS, Methodology RCM II, Maintenance Plan.

This Title Work was held in the Department of Biomedical Engineering, belonging to the Military Hospital of Santiago, which is responsible for managing all the activities related to the maintenance of medical equipment of the MHS.

It was diagnosed that the Department of Biomedical Engineering has a plan to determine the maintenances, this has not been enough, since the medical equipment are not available when they are required, especially in the most critical areas of the MHS, which are: Sterilization Area, Surgical Wards and Critical Patient Unit, where the most critical medical equipment are found and need to be available.

Once the work areas were determined, it was identified which where their most critical medical equipment, in order to delimit the Title Work. It was designed and applied a survey to experts from the Department of Biomedical Engineering and as a result of this survey, they were selected four critical medical equipment: multiparameter monitor, anesthesia unit, sterilizing unit by water steam and intensive care ventilator.

Based on the study conducted it was found that the problem of having a decrease in the availability of the services in the critical areas of Sterilization, Surgical Wards and Critical Patient Unit, is that the current maintenance plan has not defined the times of maintenances, which cause that the critical medical equipment are not available so it is affected the delivery services that MHS makes to its customers.

After identified the problem, they were studied the methodologies that could provide a solution and mitigate its negative consequences. The methodology chosen was RCM II (Reliability-Centered Maintenance), since it allows finding failures, to establish maintenance solutions in certain periods of time, it involves all the people who are part of maintenance, and also it allows developing a Maintenance Plan.

The RCM II methodology was applied with its respective tools:

- FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) to create the Information Sheets RCM II
- Information Sheets RCM II of critical medical equipment, identifying which are the failures that need to be focused on.
- Decision Diagram allowed creating Decision Sheets RCM II, with which it was possible to determine the tasks that could be done, the frequency and who would be responsible for executing them.
- With Decision Sheets RCM II created, Standard Operating Procedures (SOP) were made for each critical medical equipment.

Applying the RCM II methodology with its respective tools it was achieved to make an appropriate Preventive Maintenance Plan according to the current situation which will be proposed to the Department of Biomedical Engineering at MHS.

Finally, it was compared by means of indicators of maintenance and costs of the current situation versus the indicators of maintenance and costs of the proposed situation, through a simulation which consisted in analyzing what would happen if it had applied the proposed Preventive Maintenance Plan to the current situation. As a result of the comparison it was obtained that the availability of critical medical equipment increases to the range of excellent (about 95%) and the costs show a decrease from the current situation and simulation of the proposal, $57.828.945 and $45.892.322 respectively.

Introducción

El presente Trabajo de Título se refiere a cómo enfrentar el mantenimiento que se puede definir en grandes aspectos como las actividades previas o posteriores, planificadas y organizadas según recursos para puesta en marcha de maquinaria o equipos que han presentado una falla. En nuestro caso, esto responde al tipo de mantenimiento que necesitan los equipos médicos críticos del HMS para sus tres áreas críticas.

La importancia de realizar un trabajo de análisis sobre el tipo de mantenimiento que se está generando a equipos que necesitan caracterizarse por tener un alto grado de confianza.

El realizar un trabajo de estas características busca asegurar un buen desempeño de herramientas que están constantemente vinculadas a la recuperación o estabilización de pacientes de alto riesgo, así como otras claves para el funcionamiento del HMS.

La metodología que se hace cargo de analizar esta área, fue seleccionada bajo parámetros en los cuales indicamos la importancia que debe tener dicha elección y su grado de relación con la información que necesitamos recopilar, por eso es que escogimos RCM II; una metodología que nos brinda herramientas para analizar las fallas y de qué manera estas repercuten en el operar normal de la institución.

1. Antecedentes generales

En el siguiente capítulo se describe el Hospital Militar de Santiago, el Departamento de Ingeniería Biomédica, sus procesos de servicio. Luego se realiza la selección de los equipos médicos críticos, se define el problema, las metodologías aplicables, el objetivo general y los objetivos específicos.

1.1. Descripción de la empresa

En los siguientes párrafos se presenta la descripción del Hospital Militar de Santiago, extraído de la página web oficial http://www.hms.cl/.

En este apartado se describen los antecedentes correspondientes al Hospital Militar de Santiago, tanto como cuando empezó, la apertura de la atención a todo público, los avances tecnológicos históricos que ha tenido desde su creación, su infraestructura, así como también los servicios que entrega por área y los ingresos.

El Hospital Militar de Santiago fue construido en el año 1932, recibiendo el nombre de su gestor, "General Luis Felipe Brieba Aran". La historia comienza por una necesidad de prestar las atenciones médicas al personal del Ejército de Chile y sus cargas familiares, tanto en servicio activo como en retiro.

A partir de 1996, el Hospital Militar, que en sus inicios sólo atendiera a la "familia militar", abre sus puertas para ofrecer su calidad profesional y tecnológica a usuarios particulares o que pertenezcan a Isapres, FONASA, o convenios directos con empresas.

El Hospital Militar dejó sus antiguas instalaciones de Avenida Holanda, en la comuna de Providencia. El complejo antiguo es hoy la sede del Hospital Metropolitano de Santiago de Chile. En abril de 2009 se produjo el traslado de este Establecimiento Asistencial a sus dependencias de gran modernidad y calidad, las que se encuentran ubicadas en Av. Alcalde Fernando Castillo Velasco 9100 (Ex - Av. Larraín), La Reina.

El HMS declara su misión y visión como:

Misión

Proporcionar una atención centrada en el paciente, con criterios de oportunidad, equidad, seguridad y eficiencia, en un ambiente de colaboración docente, como medio para alcanzar la excelencia.

Visión

Ser un hospital clínico consolidado, líder en gestión de salud y tecnología, con un sólido compromiso de sus integrantes por brindar una atención cálida personalizada y oportuna, que lo proyecte ante la sociedad como una opción segura.

1.1.1. Infraestructura

El Hospital se emplaza en una superficie de 9,9 hectáreas, donde posee una construcción de más de 85.000 metros cuadrados, de los cuales se distinguen tres edificios principales: Placa Técnica, Hospitalización y Académico.

Se detalla en la Tabla 1.1 toda la infraestructura que posee para recibir público y asistir pacientes.

Tabla 1.1 Infraestructura Hospitalaria del HMS.

- 305 camas de hospitalización.
- 12 camas de Neonatología.
- 23 camas en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).
- 17 camas en la Unidad de Tratamientos Intermedios (UTI).
- 54 salas de procedimientos.
- 119 boxes médicos.
- 2 pabellones de cirugía menor.
- 10 pabellones quirúrgicos.
- 2 Pabellones Gineco – obstétricos.
- 1 Helipuerto - Anfiteatro para 400 personas
- 1 Auditórium con capacidad para 179 personas y 4 salas de clases.

Fuente: Elaboración propia.

1.1.1.1. Edificio de Hospitalización

Tiene 305 camas (tres pisos de pensionado y tres de medio pensionado). Todas las salas tienen amplios ventanales con vista a la cordillera, para aprovechar los beneficios comprobados que tiene la luz solar para la salud de las personas.

1.1.1.2. Edificio Central o Placa Técnica

Aquí funcionan los pabellones quirúrgicos, unidad de paciente crítico, laboratorios, diagnóstico por imágenes, entre otros. Para resguardar la seguridad de los pacientes y de los equipos, se dotó a esta estructura de aisladores sísmicos, gracias a los cuales, el hospital puede seguir operando, sin mayores inconvenientes, en caso de terremoto.

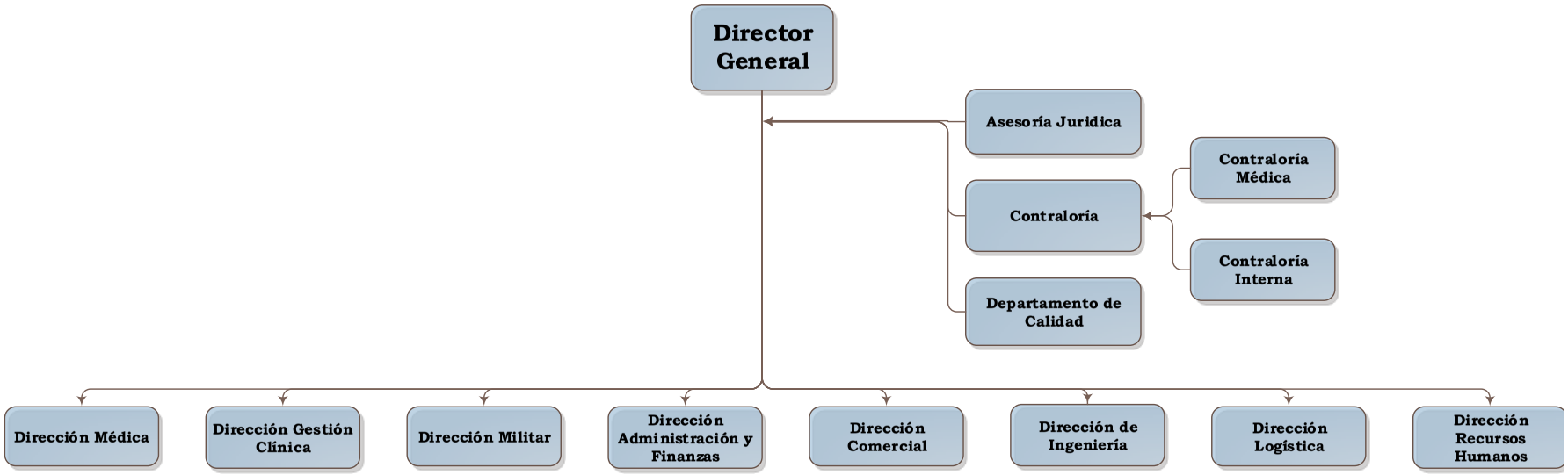
1.1.1.3. Edificio del Área Académica

Cuenta con salas de clase, auditorio y oficinas, como apoyo a la intensa labor docente y de investigación que se lleva cabo en las dependencias del Hospital Militar.

1.1.2. Estructura orgánica

La estructura se caracteriza por tener un lineamiento horizontal donde se dividen las diferentes direcciones del hospital que están al mando todas por igual de la Dirección General. Ésta queda reflejada en la Figura 1.1.

Figura 1.1 Organigrama HMS.



Fuente: Dirección de Recursos Humanos, 2015.

1.1.1. Ingresos hospital militar de Santiago

Durante los años 2012, 2013 y 2014 el HMS tuvo atenciones por la cantidad de 752.354, 754.506 y 1.121.154 respectivamente. Distinguiendo entre estos alrededor de un 75% anual para funcionarios activos y pasivos del Ejército como también sus cargas familiares. Año a año la demanda por atenciones en el HMS ha ido en aumento, requiriendo así un mayor esfuerzo de los recursos existentes para satisfacer la demanda creciente. Una de las principales características es la apertura de las atenciones para pacientes particulares y privados, quienes tienen un valor asociado a las atenciones, mayor que la de los funcionarios de las Fuerzas Armadas. Por lo tanto el margen de contribución generado por este nuevo segmento es de gran importancia para el HMS. [COSALE14].

Tabla 1.2 Ingresos percibidos por HMS en años 2013 y 2014.

Tarifa	Ene – Oct 2013 ($)	Ene – Oct 2014 ($)	Diferencia ($)	%
Institucional	23.474.568.260	25.338.768.359	1.864.200.099	7,94
FONASA	3.317.000.648	3.383.483.532	66.482.875	2,00
Isapre	1.611.739.814	1.703.021.607	91.281.793	5,66
Particular	906.615.319	1.058.660.608	152.045.289	16,77
Total	**29.309.924.041**	**31.483.934.097**	**2.174.010.056**	**7,42**

Fuente: [COSALE14].

La Tabla 1.2 se traduce en un resultado del ejercicio aumentando la venta general en un 7,42%, dónde se aprecia un aumento sustantivo de un 16,77% en la atención a particulares, demostrando con esto los altos niveles de gestión realizada durante el presente año y los cuales irán aumentando progresivamente debido a los convenios firmados durante el 2014, con Isapre Fundación, Isapre Colmena Golden Cross y DIPRECA. [COSALE14]

Las atenciones antes mencionadas están repartidas a lo largo de las unidades del HMS, donde los Exámenes, atenciones ambulatorias y servicio de urgencia acumulan un 98% de las atenciones. Para detalle de esta información se puede apreciar en el Anexo 1.1. [COSALE14].

1.2. Descripción del proceso

A continuación se comentan los procesos involucrados en que forman parte los equipos médicos del HMS. Esta información fue otorgada por la Dirección de Recursos Humanos y se puede verificar en el Anexo 1.1 (Mapa de proceso del Hospital Militar de Santiago).

El ingreso de los pacientes al sistema Clínico Hospitalario (véase Figura 1.2) es mediante Urgencia, Ambulatorio y Hospitalización. Éstos no son independientes entre ellos, en sí existe una interacción, sin embargo, siguen siendo los procesos de ingreso al hospital.

Por un lado se encuentra Urgencia que se basa en el orden de llegada de los pacientes, los cuales de acuerdo a su gravedad se les asigna un nivel de prioridad.

Admisión ambulatoria, comienza con la necesidad de un paciente por tener una hora médica definida en una fecha especial, la cual puede entrar derivado del centro de diagnóstico y tratamiento (CDT), médico particular o consulta por primera vez.

Una vez definida la especialidad médica que el paciente requiere, se procede a su respectiva atención en un servicio dentro del hospital, el cual brindará una evaluación médica para su recuperación o alta del recinto.

Para poder lograr un correcto funcionamiento se encuentran los procesos de apoyo y soporte del HMS, donde se ubican los que parte de la investigación y tienen relevancia los equipos médicos críticos junto con sus áreas.

El objeto de estudio se centra en el Departamento de Ingeniería Biomédica, el cual posee equipos médicos bajo su responsabilidad, atendiendo las mantenciones de los mismos, para así mantener una disponibilidad de funcionamiento. De todas las unidades existentes en el HMS se analizarán tres de éstas, que son: Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico, puesto que significan mayor costo de inversión en equipos, mantenciones y donde la falla de ellos supone un riesgo para la vida del paciente.

La primera de las tres partes de estudio es la Unidad de Esterilización, que pertenece a uno de los procesos esenciales para el HMS como muestra la Figura 1.2 y a su vez es un proceso de apoyo de este. Las otras dos áreas que son Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico pertenecen de igual manera a los procesos esenciales para el HMS y además son parte de los procesos primarios, como se ven en la Figura 1.2.

1.3. Departamento de Ingeniería Biomédica

Como se menciona anteriormente en la descripción de los procesos es el Departamento de Ingeniería Biomédica quien está a cargo de las mantenciones de los equipos médicos que son necesarios para llevar a cabo la función del HMS en todas sus áreas de trabajo.

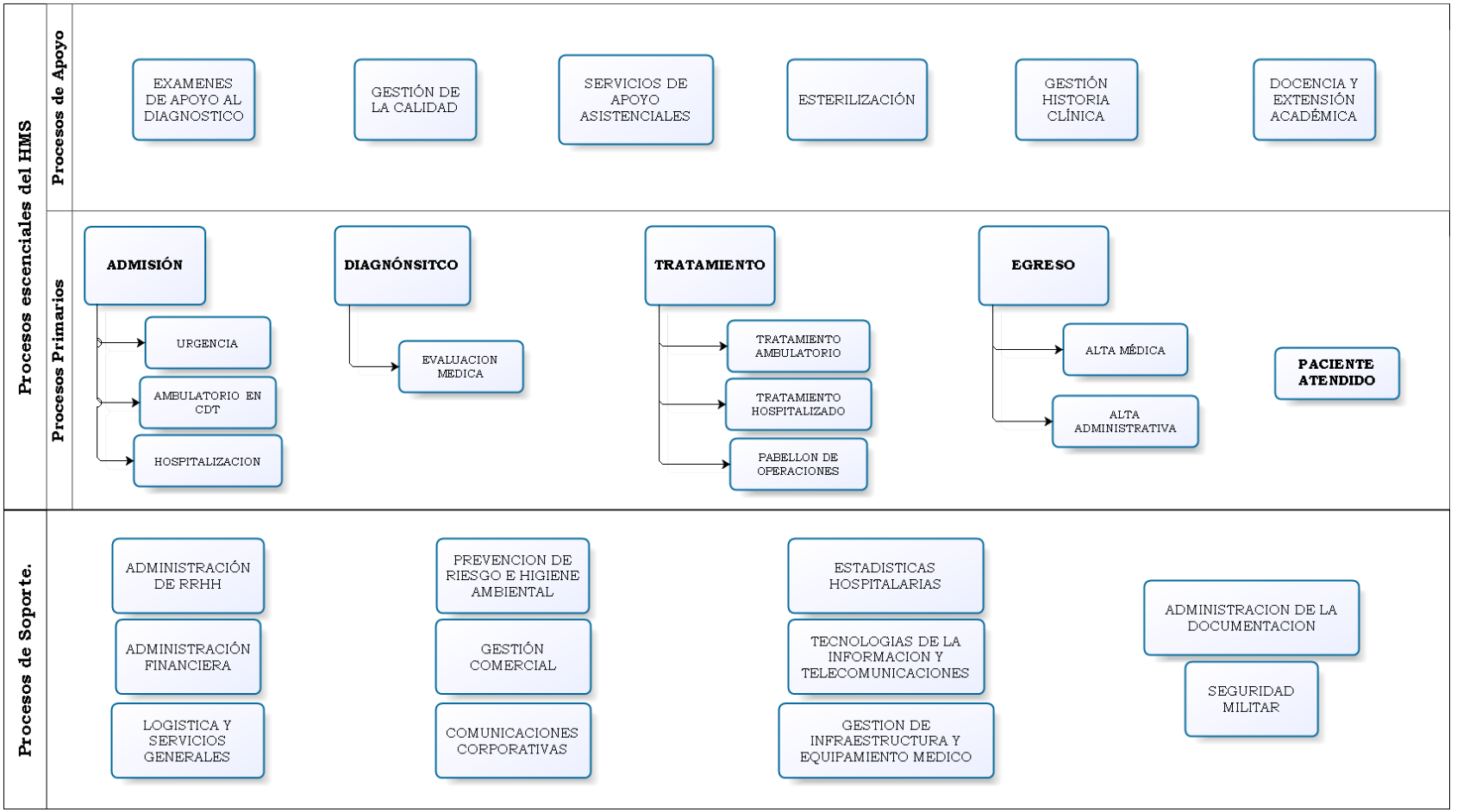
El Departamento de Ingeniería Biomédica tiene como objetivo mantener en condiciones de funcionamiento adecuado al equipo médico e instalaciones del hospital, puesto que esto incide en la calidad de la atención médica. Es por ello que el Departamento de Ingeniería Biomédica se hace cargo, entre otros, de los equipos de las áreas más críticas del hospital definidas por ellos, ya que representan un alto costo en la adquisición y mantención de los equipos médicos, así como la función de soporte vital que estos les dan a los pacientes, por lo que no solamente se trabaja para que los equipos estén disponibles, sino que también para éstos puedan mantener con vida a las personas. [PROCEDIMIENTO99991/03].

Por medio de este departamento se canalizan todos los requerimientos para la compra de equipos médicos en el HMS, el cual por medio de un documento llamado “solicitud de compra de equipamiento” donde el jefe del servicio requirente indicará el nombre, tipo y especificaciones técnicas del equipo. Una vez recibida por el Departamento de Ingeniería Biomédica solicitará visación del director administrativo para el envío y presentación al comité de adquisiciones el cual estará encargado de autorizar y tramitar, definiendo la modalidad de compra a utilizar: propuesta pública, propuesta privada o trato directo. [PROCEDIMIENTO99991/03]

En caso de adquirir el requerimiento, el Departamento de Ingeniería Biomédica tendrá la calidad de asesor técnico en la entrega física del equipo.

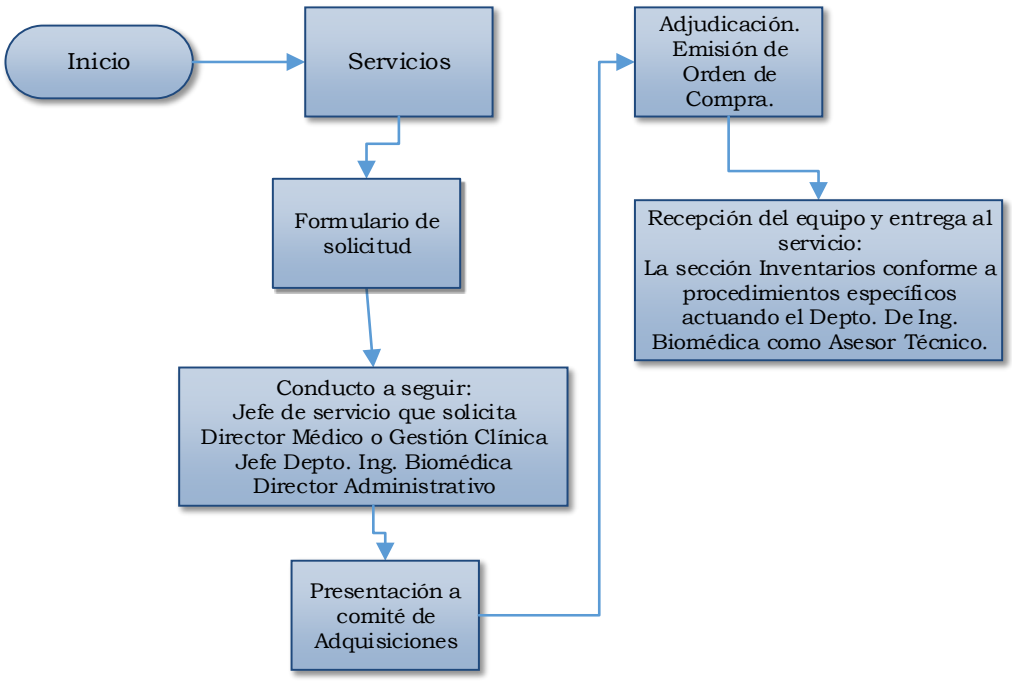
La descripción general del proceso de compra de equipos médicos se ve aplicada en la Figura 1.3.

Figura 1.2 Extracto mapa de proceso del HMS.



Fuente: Adaptación propia de “Mapa de proceso del HMS”, Anexo1.1.

Figura 1.3 Diagrama de Flujo de compra de equipos médicos del HMS.



Fuente: [PROCEDIMIENTO99991/03]

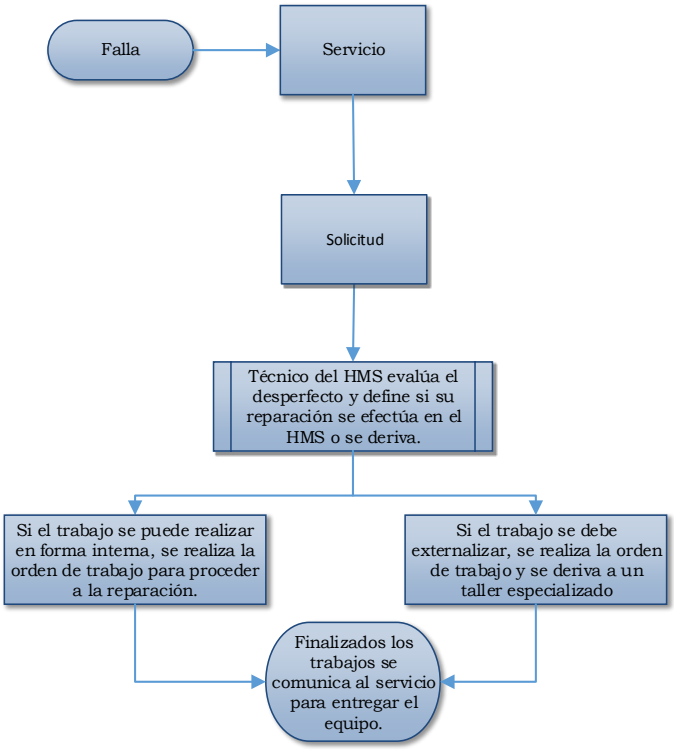
El Departamento de Ingeniería Biomédica también tiene la responsabilidad de gestionar la reparación de equipos que posean o no un contrato de mantención. Para eso están las siguientes dos formas para afrontar tales escenarios:

- **Equipos sin contratos de mantenimiento.**

Los jefes de servicios acudirán a un anexo especial dentro del HMS para indicar una falla en alguno de sus equipos, donde solicitaran su reparación, detallaran las principales características de la falla (ejemplo: equipo, dependencia, detalle de falla, entre otros). Se asignarán técnicos mediante órdenes de trabajo y se dispondrá de los recursos para solucionar las fallas. Una vez finalizado el trabajo, el jefe del servicio deberá firmar la orden de trabajo para realizar el cobro al centro de costo correspondiente. [PROCEDIMIENTO99991/05].

La descripción general del proceso de equipos sin contratos de mantenimiento afectados por una falla se ve aplicada en la Figura 1.4.

Figura 1.4 Diagrama de Flujo de equipos sin contrato de mantenimiento afectado por una falla.



Fuente: [PROCEDIMIENTO99991/05].

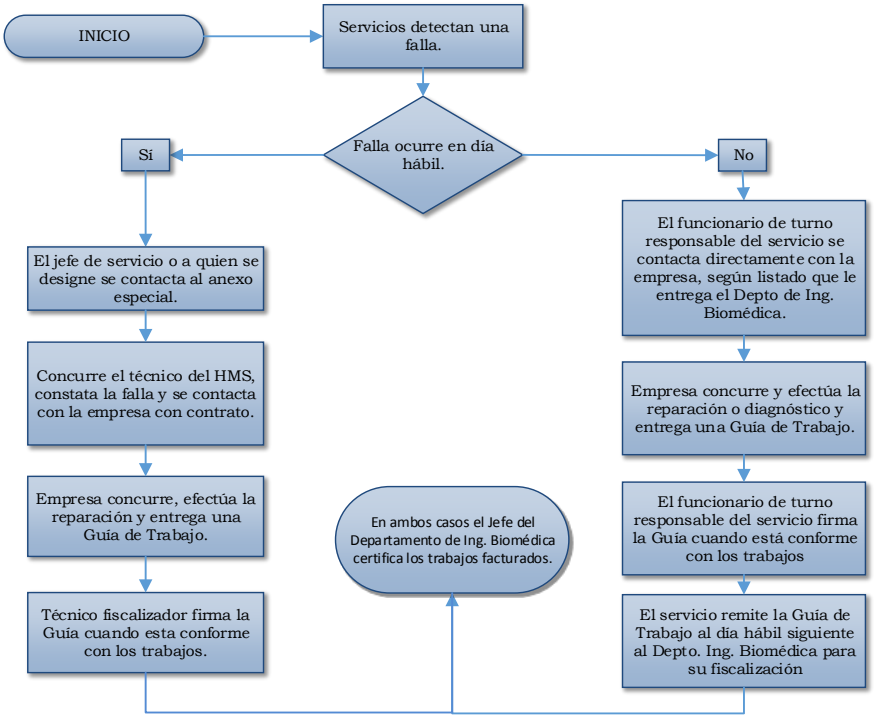
- **Equipos con contratos de mantención:**

Al igual que el proceso anterior, los jefes de los servicios al momento de detectar una falla deben requerir su reparación a un anexo especial dentro del HMS indicando equipo, dependencia, detalle de la falla, nombre y cargo del funcionario que la solicita. Posteriormente se contactará con la empresa que posee el contrato de mantenimiento para agendar una fecha para la visita. Junto con esto, un técnico de la sección de mantenimiento de equipos del HMS acudirá a la misma fecha para actuar como fiscalizador. [PROCEMINIENTO99991/04].

Una vez terminada la reparación se deberá realizar una orden de trabajo la cual deberá ser firmada por el fiscalizador refiriendo la conformidad. Finalmente el encargado del envío de la solicitud de reparación tiene la responsabilidad de dar aviso a todo el personal que trabaja en el servicio comunicando la situación. [PROCEMINIENTO99991/04].

La descripción general del proceso de equipos con contratos de mantenimiento afectados por una falla se ve aplicada en la Figura 1.5.

Figura 1.5 Diagrama de Flujo de equipos con contrato de mantenimiento afectados por una falla.



Fuente: [PROCEMINIENTO99991/04].

1.3.1. Programa de mantención del Departamento de Ingeniería Biomédica

Situación actual

Este apartado indica la situación actual del programa de mantenimiento que sigue el Departamento, el cual se basa en la metodología de cálculo de Fennigkoh y Smith, la cual suma puntuaciones según distintos argumentos, los cuales dependiendo de su valor serían incluidos en un plan de mantenimiento.

Los criterios para incluir los equipos han sido desarrollados para la evaluación de cada uno de los equipos utilizados en el Hospital. Un valor

numérico ha sido asignado para cada tipo de dispositivo especificándolos en función, aplicación clínica y requerimiento de mantención. Adhiriendo los números de cada subgrupo se tiene:

EM#= Función# + Aplicación# + Mantención# + Historial#

Aquellos dispositivos con número EM mayor o igual al 12 serán incluidos en el plan de mantención

A. Función del equipo médico

Este criterio divide los equipos electromédicos[1] en cuatro subcategorías ordenadas desde los equipos que representan la mayor funcionalidad en relación a la dependencia de soporte de vida.

- Terapéutica.
- Diagnóstico.
- Analítica.
- Otros.

Los equipos electromédicos terapéuticos están determinados como los equipos electromédicos significativamente más funcionales.
Los puntajes ordenados para este criterio van desde el 1 al 10.

Tabla 1.3 Función equipo médico.

Ponderación	Función del equipo electromédico.	Subcategoría.
10	Soporte de vida.	Terapéutica.
9	Quirúrgica y cuidados intensivos.	Terapéutica.
8	Terapia fisica y equipo de tratamiento.	Terapéutica.
7	Monitorización quirúrgica y monitorización de cuidados intensivos.	Diagnóstico.
6	Monitorización y diagnósticos fisiológicos.	Diagnóstico.
5	Analítica de laboratorio.	Diagnóstico.
4	Accesorio de laboratorio.	Analítica.
3	Procesado de datos del paciente.	Analítica.
2	Otras relacionadas con el paciente.	Otra.
1	Otras no relacionadas con el paciente.	Otra.

[1] Se refiere a los aparatos que son utilizados con fines de diagnóstico, para otorgar soporte vital a paciente con patologías.

Fuente: Departamento de Ingeniería Biomédica.

B. Aplicación Clínica

Este criterio permite categorizar a los equipos electromédicos dependiendo de las posibles consecuencias que provocaría un fallo o mal funcionamiento del equipo electromédico para el paciente o el personal médico y paramédico.
Los puntajes asignados van del 1 al 4.

Tabla 1.4 Aplicación clínica.

Ponderación	Un mal funcionamiento podría resultar en:
5	Muerte del paciente.
4	Heridas al paciente o al operador.
3	Terapia inapropiada o pérdida de diagnóstico.
2	Riesgos no significativos.
1	Riesgos insignificantes.

Fuente: Departamento de Ingeniería Biomédica.

C. Requerimientos de mantención

Este criterio representa la periodicidad de las mantenciones requeridas por el equipo electromédico.

Los valores asignados van desde el 1 al 5.

Tabla 1.5 Requerimiento de mantención.

Ponderación	Requerimiento de mantenimiento preventivo
5	Extensivo (Cambio de componentes).
4	Avanzado (Requiere calibraciones).
3	Medio (Verificación del funcionamiento y pruebas de seguridad).
2	Bajo (Inspección Visual y pruebas de seguridad).
1	Mínimo (Inspección visual de equipos electromédicos no relacionados con el paciente).

Fuente: Departamento de Ingeniería Biomédica.

D. Historial de incidencias

Cualquier información disponible será considerada en el número EM. El historial de órdenes de trabajo será revisado periódicamente para determinar si el dispositivo debería ser considerado o no en el programa.

Tabla 1.6 Historial de incidencias.

Clasificación	Fallas promedio del equipamiento	Valor del historial
Significativa	Más de una en 6 meses	+2
Moderada	Una en 6 a 9 meses	+1
Promedio	Una en 9 a 18 meses	0
Mínima	Una en 18 a 30 meses	-1
Insignificante	Menos de una en 30 meses	-2

Fuente: Departamento de Ingeniería Biomédica.

1.3.2. Descripción de las áreas críticas

A continuación se realizará la descripción de las áreas críticas, de las cuales se hace cargo el Departamento de Ingeniería Biomédica, del HMS. Para mayor detalle, en el anexo 1.2. se encuentran las áreas aún más exploradas.

1.3.2.1. Unidad de Esterilización

De acuerdo a una entrevista realizada a la jefa de la Unidad de Esterilización se logró confeccionar un Diagrama de Flujo del funcionamiento de esta área.

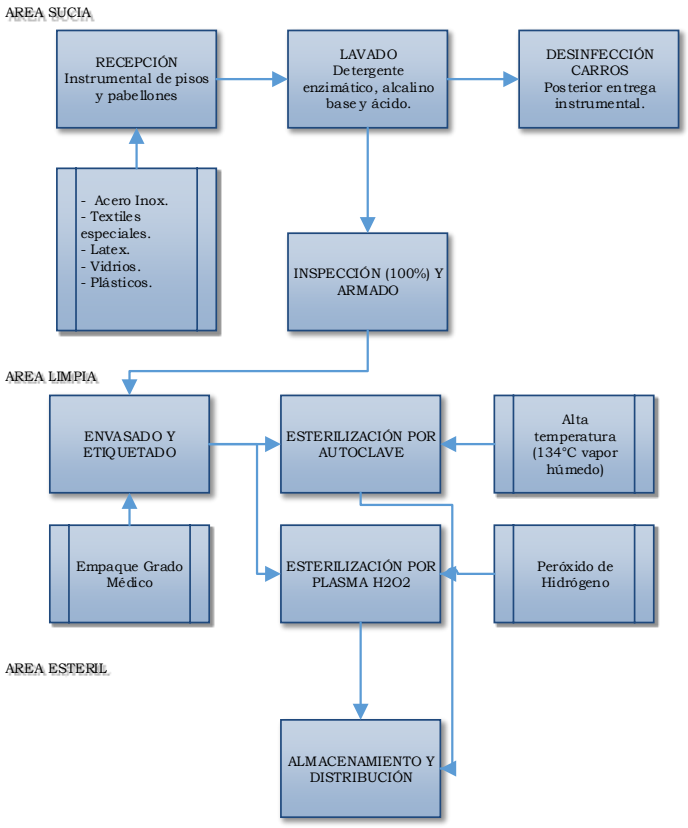
El área de esterilización se compone de tres sub-áreas.

- Lavado y recepción de instrumental (área sucia).
- Inspección y armado (área limpia).
- Almacenamiento y distribución (área estéril).

Por este servicio entran en promedio 31 requerimientos de paquetes para cirugías diariamente, 70 equipos de curación requeridos por cada piso y también ropa procesada anteriormente desde lavandería, la cual se ocupa en

los procedimientos de pabellón. La descripción general del proceso de la Unidad de Esterilización se ve aplicada en la Figura 1.6.

Figura 1.6 Diagrama de Flujo Unidad de Esterilización.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista a Jefa de Unidad de Esterilización.

1.3.2.2. Pabellones Quirúrgicos

El Pabellón Quirúrgico es un recinto especialmente diseñado y equipado para garantizar la seguridad en la atención del paciente, que va a ser sometido a una actividad anestésica o quirúrgica. [MINISTERIOSALUD12]

Es considerado como área crítica ya que el paciente se encuentra en una situación de especial riesgo porque está expuesto durante un determinado tiempo a procedimientos que alteran la indemnidad de la piel, manipulan y exponen al ambiente cavidades y vísceras normalmente estériles. También se realizan otros procedimientos invasivos como intubación endotraqueal, cateterismo venoso, arterial y urinario. Todos ellos constituyen potenciales puertas de entrada a microorganismos provenientes

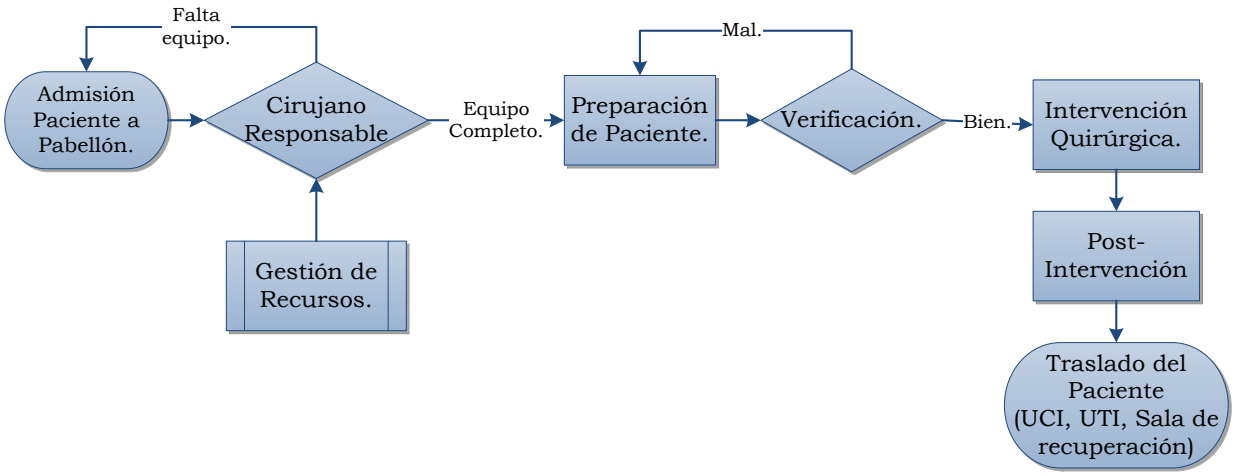
de la flora propia del paciente o de fuente exógena transferidos durante la intervención. [PROTOCOLO51310/01/01].

El paciente durante la intervención quirúrgica, depende literalmente de un equipo que debe conocer muy bien sus funciones, cumplir con todas las normas existentes y estar capacitado para reducir al mínimo el riesgo de infección. [PROTOCOLO51310/01/01].

El personal que trabaja en el pabellón quirúrgico constituye un equipo que tiene funciones específicas y responsabilidades delimitadas, lo cual reviste especial importancia, puesto que ni el más completo reglamento interno, ni la excelencia de una planta física por sí solo, son suficientes en la prevención y control de infecciones. [PROTOCOLO51310/01/01].

La descripción general del proceso de Pabellones Quirúrgicos aria se ve aplicada en la Figura 1.7.

Figura 1.7 Diagrama de Flujo Pabellones Quirúrgicos.



Fuente: Elaboración propia a partir de [PROTOCOLO51310/01/01].

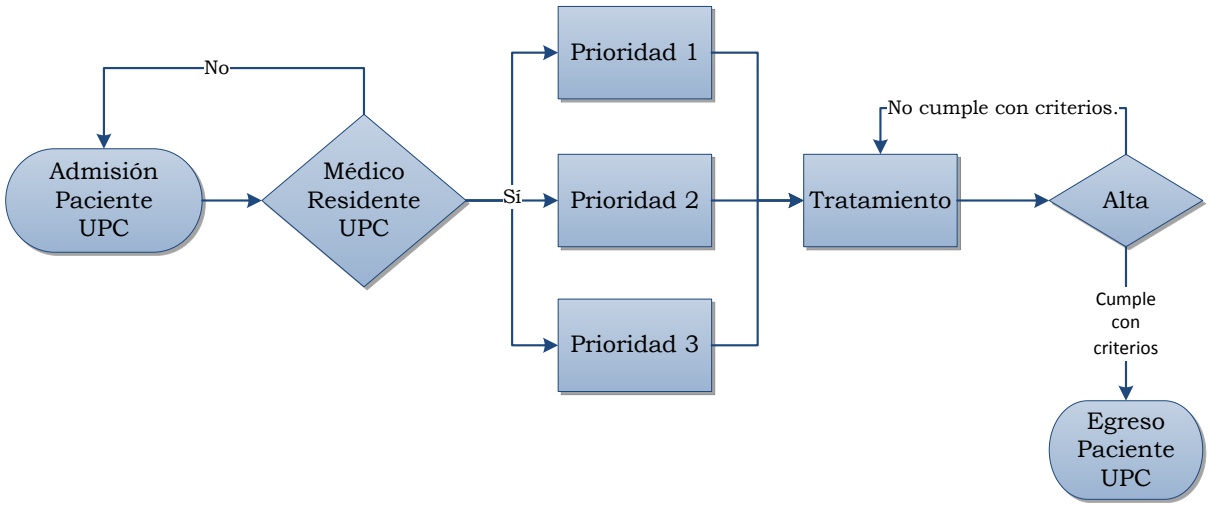
1.3.2.3. Unidad del Paciente Crítico

La Unidad del Paciente Crítico (UPC) del HMS está compuesta por la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), UCI Pediátrica, UCI Coronaria y Unidad de Tratamiento Intermedio (UTI). [PROTOCOLO51140/04/02].

La Unidad del Paciente Crítico atiende a pacientes con patologías graves, de alta complejidad y que ponen en riesgo la vida del paciente, los que requieren de cuidados y monitoreo hemodinámico invasivo. Esta unidad posee el equipamiento médico y tecnológico del más alto nivel para atender durante las 24 horas del día en forma continua, oportuna y permanente. [PROTOCOLO51140/04/02].

La descripción general del proceso de los pacientes que ingresan a la Unidad del Paciente Crítico se puede apreciar en la Figura 1.8.

Figura 1.8 Diagrama de Flujo de Unidad del Paciente Crítico.



Fuente: Elaboración propia a partir de [PROTOCOLO51140/04/02].

1.4. Elección de equipos a trabajar

En este apartado se da a conocer la elección de los equipos médicos críticos con los cuales se trabajará en la Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad de Paciente Critico. Elección que es realizada a través de la aplicación de una encuesta a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica.

1.4.1. Método de elección de equipos

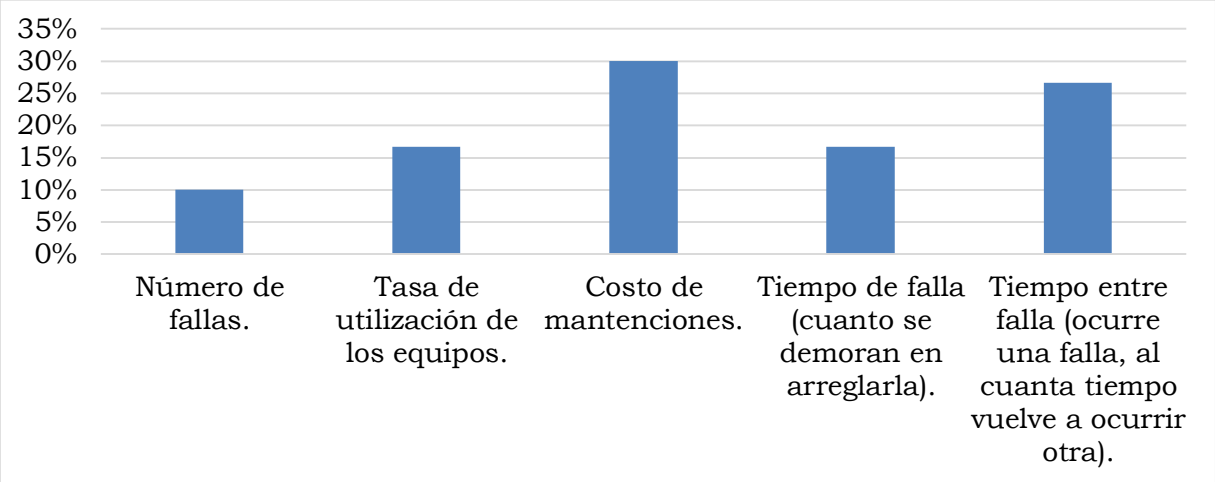
Mediante una encuesta a expertos de las diferentes áreas (Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico) se recopila información correspondiente a los parámetros que se mencionan en

este apartado, con el fin de poder elegir aquellos equipos médicos críticos para ser analizados en el presente Trabajo de Título.

La encuesta tiene como formato asignar un valor de importancia desde cinco (más importante) a uno (menos importante). La encuesta ayuda a identificar las dimensiones con las que se filtra y delimita la investigación para la elección de equipos médicos críticos. El formato de la encuesta se encuentra en el Anexo 1.3.

En la Figura 1.9 se muestran los resultados de los criterios o dimensiones más importantes para los expertos en la selección de equipos médicos para que sean críticos, que son los costos de mantención y el tiempo entre fallas.

Figura 1.9 Gráfico de resultados de encuesta a expertos.



Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de encuesta a expertos.

El tiempo entre fallas está relacionado directamente con el número de fallas, por lo que se cambiará a este último criterio, dado que con un alto número de fallas, el tiempo entre ellas (su promedio para los equipos) disminuye (a mayor número de fallas, menor es el tiempo entre cada una de ellas).

Se priorizarán los equipos que posean mayor número de fallas y quienes acumulen por lo tanto un 80%, de acuerdo al método de elección Diagrama de Pareto, el cual considera que el 20% de los ítems poseen un 80% de las consecuencias, en este caso de las cantidad de fallas y los costos de mantención asociados a ellas.

Primero se identificará para cada área los equipos que representen hasta un 80% de número de fallas. En las Tablas 1.7, 1.8 y 1.9 se muestran los equipos médicos críticos que cumplen lo anteriormente descrito.

Tabla 1.7 80% de las fallas, Unidad de Esterilización.

EQUIPO	f	fa	fr (%)	fra (%)
Unidad esterilizadora por vapor de agua	1.003	1.003	46,7	46,7
Unidad de tratamiento de agua	679	1.682	31,6	78,2
Lavadora descontaminadora y secadora de material	308	1.990	14,3	92,6

Fuente: Elaboración propia desde historial de fallas.

Tabla 1.8 80% de las fallas, Pabellones Quirúrgicos.

EQUIPOS	f	fa	fr (%)	fra (%)
Unidad de anestesia	157	157	13,26	13,26
Unidad para electrocirugía monopolar y bipolar	151	308	12,75	26,01
Sistema de monitoreo para pabellón inteligente	121	429	10,22	36,23
Mesa para cirugía	107	536	9,04	45,27
Monitor multiparámetro	103	639	8,70	53,97
Unidad radiográfica móvil digital arco en c	41	680	3,46	57,43
Columna articulada	37	717	3,13	60,56
Laser de pulso ultravioleta	30	747	2,53	63,09
Sistema de torniquete automático	30	777	2,53	65,63
Sistema de video para artroscopia	24	801	2,03	67,65
Lámpara para quirófano (pabellón 1)	18	819	1,52	69,17
Sistema de video para laparoscopia	18	837	1,52	70,69
Lámpara para quirófano (pabellón 2)	17	854	1,44	72,13
Unidad para electrocirugía de argón	17	871	1,44	73,56
Maquina de circulación extracorpórea	16	887	1,35	74,92
Maquina corazón pulmón (manual)	15	902	1,27	76,18
Calentador/enfriador hipotermia	14	916	1,18	77,36
Lámpara para quirófano (pabellón 4)	14	930	1,18	78,55
Lámpara para quirófano (pabellón 7)	13	943	1,10	79,65
Vitreofago	12	955	1,01	80,66

Fuente: Elaboración propia desde historial de fallas.

Tabla 1.9 80% de las fallas, Unidad del Paciente Crítico.

EQUIPO	f	fa	fr (%)	fra (%)
Monitor multiparámetro	581	581	25,35	25,35
Ventilador para cuidados intensivos	420	1.001	18,32	43,67
Cama cuidados intensivos	191	1.192	8,33	52,01
Columna de servicios críticos	149	1.341	6,50	58,51
Bomba de aire para colchón antiescara	111	1.452	4,84	63,35
Central de monitoreo 10 parámetros	79	1.531	3,45	66,80
Electrocardiógrafo	70	1.601	3,05	69,85
Desfibrilador bifásico con marcapasos	63	1.664	2,75	72,60
Cama eléctrica	61	1.725	2,66	75,26
Cama paciente	61	1.786	2,66	77,92
Monitor multiparámetro modular.	60	1.846	2,62	80,54

Fuente: Elaboración propia desde historial de fallas.

Cabe mencionar que las últimas tres tablas descritas, son extracto del total de los equipos médicos analizado, y que solamente se muestran los que llegan al 80% acumulado.

Para finalizar con la elección de los equipos, quedarán previamente seleccionados quienes poseen el 80% de las fallas acumuladas, para luego ser analizados sus costos de mantenciones, siendo elegidos quienes vuelvan a acumular el 80% de los costos de mantención de los elegidos en las tablas anteriores.

Ordenados en la Tabla 1.10 se muestran los equipos médicos críticos seleccionados de las tres áreas críticas de mayor a menor costo de mantenciones.

Tabla 1.10 80% Costos de mantenciones tres áreas críticas.

EQUIPO	V	VA	VR (%)	VRA (%)
Unidad esterilizadora por vapor de agua	57.800.625	57.800.625	27	27
Ventilador para cuidados intensivos	49.522.132	107.352.757	23	50
Unidad de anestesia	40.503.112	147.855.869	19	69
Monitor multiparámetro	17.270.030	165.125.899	8	77

Fuente: Elaboración propia desde valores de mantenciones.

Quedando así seleccionados, aquellos equipos que representan la mayor importancia para el Departamento de Ingeniería Biomédica, según los criterios anteriormente descritos.

Véase en el Anexo 1.4 el listado de equipos de las áreas críticas Hospital Militar de Santiago junto a su cantidad de fallas y valor de las reparaciones y mantenciones.

1.5. Descripción del problema

Dentro de las áreas que atiende el HMS se encuentran las más críticas, debido a la condición de los pacientes, así como los equipos médicos que se usan para mantenerlos vivos. Dentro de estas áreas se encuentran las tres más críticas: Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico que incluye: UCI Adultos, UCI Coronaria, UCI Pediátrica y UTI.

El HMS atiende a funcionarios del ejército en ejercicio o no y sus cargas familiares, FONASA, Isapres y particulares. Lo que hace necesario que esté operando a una gran capacidad, acción que no ocurre, puesto que; actualmente hay problemas asociados a las mantenciones de los equipos médicos.

A continuación se detalla mediante el análisis de la información obtenida del historial de fallas y costos de mantenimiento, tablas que detallan como el mantenimiento de los equipos médicos críticos se ha ido transformando en un problema global dentro del HMS.

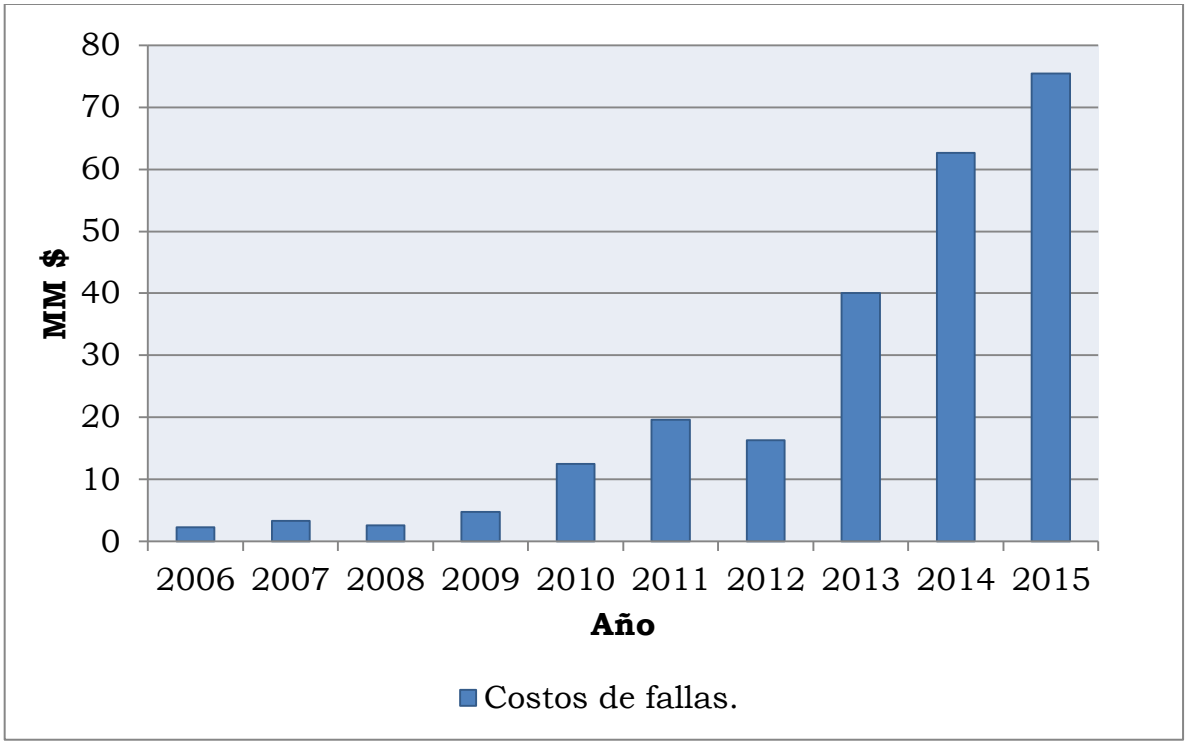
De acuerdo a la Tabla 1.11, el costo total de las fallas ha ido aumentando año tras año, lo que se explica por aumento en el número de fallas. A partir de esta tabla se construye un gráfico el cual muestra una tendencia en aumento, como se ve en la Figura 1.10.

Tabla 1.11 Costo fallas de los equipos.

Año	Total ($)
2006	2.308.836
2007	3.376.183
2008	2.641.911
2009	4.821.661
2010	12.480.620
2011	19.656.298
2012	16.296.377
2013	40.076.439
2014	62.592.561
2015	75.439.187

Fuente: Elaboración propia desde historial de fallas.

Figura 1.10 Costos de fallas de los equipos médicos.



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1.12, muestra los tipos de falla, que van desde desgaste, error de uso, mala manipulación hasta causas indeterminadas que ocasionan fallas en los equipos médicos críticos, así como los valores de las mismas fallas en las distintas áreas de estudio.

Tabla 1.12 Tipo de fallas y costos de las fallas.

Tipo de falla	Pabellones Quirúrgicos ($)	Unidad de Esterilización ($)	Unidad del Paciente Crítico ($)
Desgaste	66.072.241	65.763.760	71.663.322
Error de uso	684.655	1.135.278	2.169.178
Indeterminada	687.839	4.915.017	8.974.018
Mala manipulación	167	111.086	1.514.282
NA	1	3.081.077	1.227.559
Otros	23.462	10.731.208	225.921
(en blanco)	1.465	0	708.538
Total general	**67.469.829**	**85.737.427**	**86.482.817**

Fuente: Elaboración propia desde historial de costo de fallas.

A los costos en las fallas y al tipo de fallas se suma el costo de servicio por mantención, en donde lidera la mantención correctiva, con $208.947.718 pesos, así mismo en segundo lugar se ubica la mantención preventiva con $22.588.266 pesos y el resto como se ve en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13 Costo servicio de mantención.

Etiquetas de fila	Suma de total ($)
Instalación	2.787.059
Mantención correctiva	208.947.718
Mantención inspectiva	111.455
Mantención preventiva	22.588.266
Mantención programada	2.668.919
Otro	2.586.656
Total general	**239.690.073**

Fuente: Elaboración propia desde historial de fallas.

Como se aprecia en las tablas anteriormente descritas, los equipos médicos críticos de la Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico presentan un número de fallas que van creciendo año a año, así como el valor de las mantenciones realizadas a estas mismas. Por prioridad de mantención, se reparan las fallas principalmente del tipo correctivo y que representan a su vez el mayor costo de mantenimiento.

Por consecuencia de lo anterior ocurre que al no tener disponibles los equipos médicos críticos, ya sea, porque se le está haciendo alguna mantención o presentó falla, y que ésta, está en proceso de ser corregida. Provoca que el servicio al cual pertenece se vea en la necesidad de satisfacer la actividad requiriendo equipos disponibles de otros servicios. En el caso de no encontrarlos cae en la no disponibilidad propia del área, provocando que en algunos casos no se logre comenzar con la atención o incluso se derivan a los pacientes a otras instituciones hospitalarias.

Para definir disponibilidad de los equipos médicos críticos se discutirá en el Anexo 1.5 qué se entenderá para este Trabajo de Título por este concepto. Así mismo el HMS define los rangos de disponibilidad para los equipos médicos críticos de acuerdo a los valores mostrados en la Tabla 1.14.

Tabla 1.14 Operatividad de equipos médicos críticos.

Criterio	%
Excelente	≥ 95
Aceptable	Entre 90 y 95
Inadecuado	≤90

Fuente: [PROTOCOLO99991/06].

Una vez mostrados los rangos en los cuales deben operar los equipos médicos críticos, calculamos los índices de disponibilidad asociados a dichos equipos médicos críticos seleccionados según historial de fallas y que se puede apreciar en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15 Disponibilidad equipos médicos críticos.

Año	Monitor multiparámetro (%)	Unidad de anestesia (%)	Unidad esterilizadora por vapor de agua (%)	Ventilador para cuidados intensivos (%)
2010	81,00	90,24	85,01	96,28
2011	90,53	88,17	79,41	95,68
2012	97,72	91,67	81,82	96,94
2013	92,96	93,33	80,95	84,36
2014	91,01	90,00	78,72	81,91
2015	89,45	87,23	76,79	82,55

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 1.15 con el pasar de los años, la disponibilidad de los equipos médicos críticos, ha ido disminuyendo con una tendencia a una disponibilidad inadecuada según los parámetros del HMS.

Dado que los índices que muestran estos equipos están asociados a las áreas de las cuales forman parte, estas mismas tendrían un nivel de disponibilidad no superior al de los equipos presentes, ya que estos funcionan en forma activa en la entrega del servicio. Por lo tanto, la disponibilidad de los equipos refleja así también la disponibilidad de los servicios de las áreas críticas que dispone el HMS.

Finalmente asociado a la disponibilidad de los equipos médicos críticos quienes al presentar un alto número de fallas debido a que el mantenimiento no es el adecuado (de acuerdo a Tabla 1.15) y dado además por el aumento anual del costo de las fallas que representan (ver Figura 1.10) el problema en consecuencia se define como:

"Disminución en la disponibilidad de los servicios en las áreas críticas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico."

1.5.1. Causas del problema

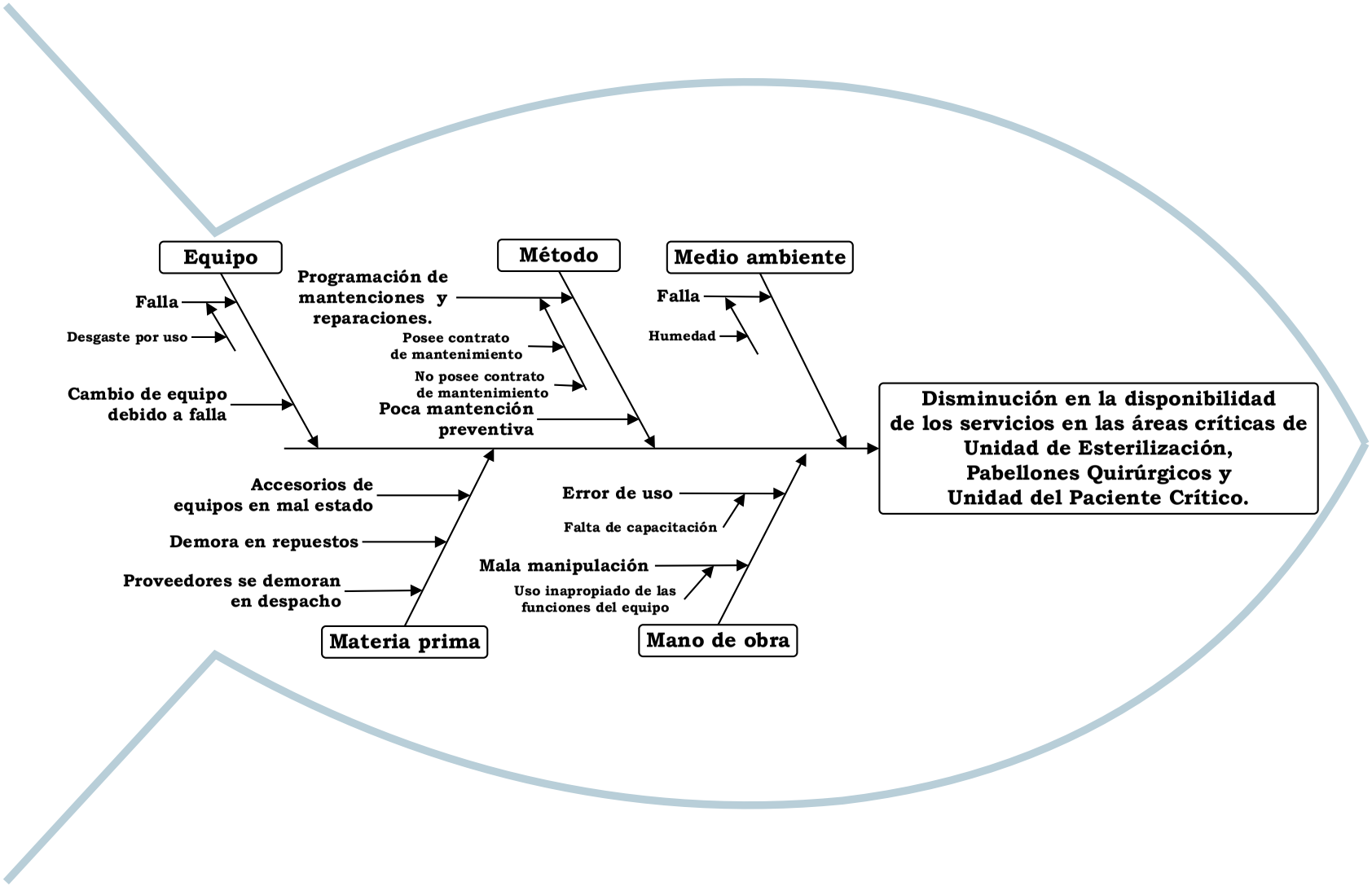
Para determinar bien las causas del problema, se aplica el Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama Causa-Efecto, que consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema. Estas causas se fijan en base a cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales gira el problema. Estas cinco "M" están descritas en el Anexo 1.6.

Mediante el Diagrama de Espina de Pescado se logra identificar las principales causas que implican una disminución en la disponibilidad de los servicios frente a la baja disponibilidad de los equipos médicos críticos.

A través de aplicación de encuesta a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica (véase Anexo 1.7) se identificaron las causas secundarias de las categorías principales (mano de obra, método, materia prima, maquina (equipo) y medio ambiente), que se pueden ver en la Tabla 1.16.

El problema y sus causas quedan graficadas en el Diagrama de Espina de Pescado que se puede ver en la Figura 1.10.

Figura 1.10 Diagrama de Espina de Pescado.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta a expertos.

Tabla 1.16 Causas Diagrama de Espina de Pescado.

Método	**Mano de obra**
Programación de mantenciones y reparaciones.	Error de uso.
Posee contrato de mantenimiento.	Falta capacitación.
No posee contrato de mantenimiento.	Mala manipulación.
Poca mantención preventiva.	Uso inapropiado de las funciones del equipo.
Equipos	**Materia prima**
Falla.	Accesorios de equipos en mal estado.
Desgaste por uso.	Demora en repuestos.
Cambio de equipo debido a falla.	Proveedores se demoran en despacho.
Medioambiente	
Falla por humedad.	

Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta a expertos.

La utilización del Diagrama de Espina de Pescado se complementa de buena forma con el Diagrama de Pareto, el cual permite priorizar las medidas de acción en aquellas causas (cada una provoca distintos efectos en los equipos médicos críticos) que representan un mayor porcentaje de problemas. [GEO14].

El Diagrama de Pareto consiste en una representación gráfica de los datos obtenidos de un problema que resulta de utilidad para identificar cuáles son los aspectos prioritarios que se deben enfrentar. En este contexto se espera el cumplimiento de la Regla de Pareto que empíricamente indica que *aproximadamente el 80% de los problemas se explica por aproximadamente el 20% de las causas*. [GEO14].

Por medio de una encuesta realizada a los expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica se clasificaron las dimensiones más importantes para la identificación de las causas del problema y fueron puntuadas de 5 a 1 desde mayor a menor importancia para los encuestados. Estas dimensiones han sido ordenadas según los criterios adaptados del Diagrama de Espina de Pescado, descrito en la Figura 1.10. En el Anexo 1.8 se puede encontrar el formato de encuesta ocupada para la Tabla 1.17, que detalla los resultados entregados por los expertos, ya jerarquizados.

Tabla 1.17 Resultado encuesta Diagrama de Pareto.

Dimensiones de las causas del problema.	%
Método	24
Máquina (equipo)	22
Mano de obra	22
Materia prima (insumos)	22
Medio ambiente	8

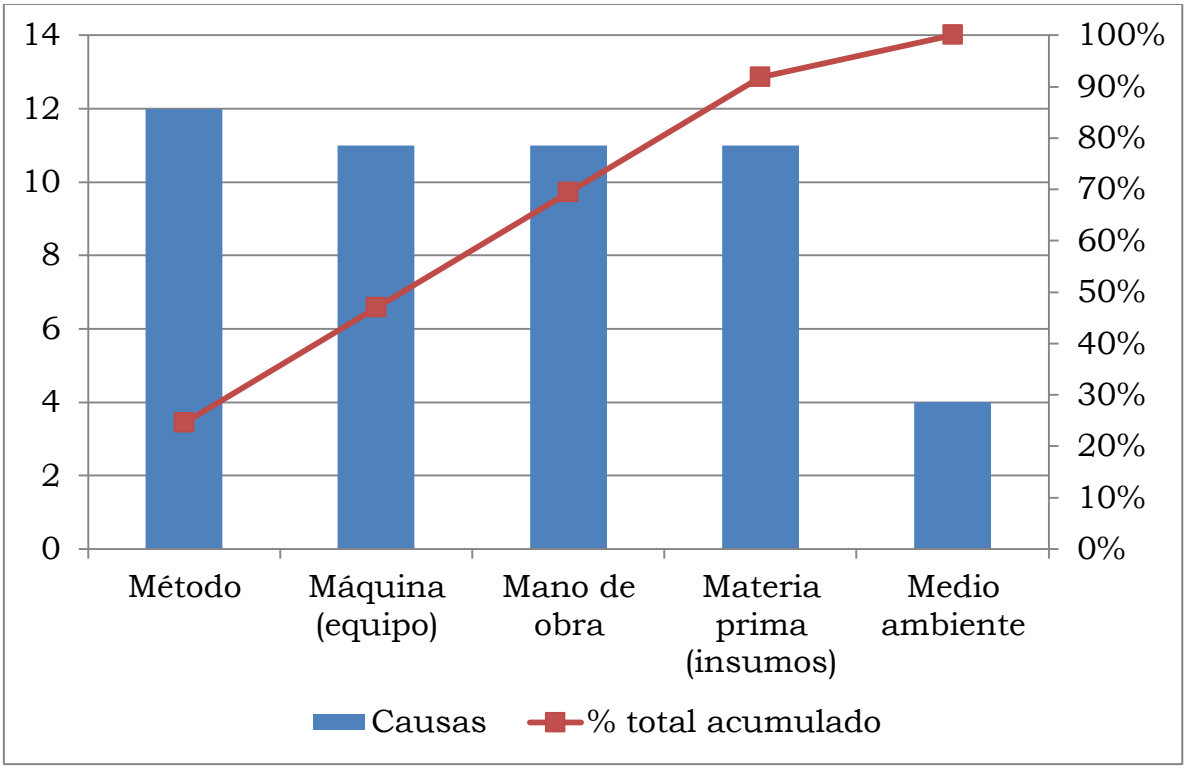
Fuente: Elaboración propia.

Al traducir el resultado de la Tabla 1.17, describiendo la importancia que tiene para los encuestados cada una de las dimensiones expuestas, se tiene que:

- Método: una de las más importantes es el plan de mantenimiento que actualmente existe, con el cual se hace frente a las fallas de los equipos.
- Equipos: éstos representan en gran medida al problema central, puesto que gran parte de sus fallas son atacadas por mantenimiento correctivo (alto costo).
- Mano de obra: el comportamiento que tienen los operadores, quienes en algunas ocasiones han generado fallas en los equipos que por falta de capacitación realizan una mala manipulación, dañándolos.
- Materia prima: ocurre que en ocasiones los insumos necesarios para las reparaciones no están disponibles, por lo que se tiene que esperar a que lleguen.

Estos representan el 80% más crítico, reflejado en la Figura 1.11 que es el Diagrama de Pareto. El medio ambiente no provoca gran importancia dado que la infraestructura del HMS está adecuada de manera tal, que los agentes externos que pudiesen poner en peligro el funcionamiento de los equipos médicos, están en cierta medida controlados como por ejemplo los niveles de humedad y estructura antisísmica.

Figura 1.11 Diagrama de Pareto.



Fuente: Elaboración propia a partir de encuesta expertos.

A través de la aplicación de las dos encuestas a los expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica, con la primera encuesta se logró obtener las causas para la confección del Diagrama de Espina de Pescado, el cual indica los aspectos más importantes que giran alrededor del problema.

Por otro lado la segunda encuesta, jerarquiza cuál es la importancia de cada una de las causas, expresadas por los encuestados en relación a cada una de las áreas críticas del HMS. Ratificando que el problema identificado en este Trabajo de Título, se basa en las fallas y costos de las mantenciones correctivas (véase Tabla 1.7, 1.8, 1.9 y 1.10), las cuales coinciden con los aspectos importantes que nos entregaron los resultados de las encuestas, tanto del Diagrama de Espina de Pescado (véase Tabla 1.16) y el Diagrama de Pareto (véase Figura 1.11).

1.5.2. Consecuencias del problema

Dada la baja disponibilidad de los equipos médicos críticos, que ocasionan una baja disponibilidad en las áreas críticas, involucra la aparición de las derivaciones, esto ocurre cuando los equipos médicos críticos que están con fallas, no se encuentran disponibles por estar en algún tipo de mantenimiento, entonces se debe derivar a los pacientes a otros centros. Como se aprecia en la Tabla 1.18 están las cantidades de derivaciones realizadas los años 2013, 2014 y 2015. Se destaca las derivaciones van aumento año tras año.

Tabla 1.18 Cantidad de Derivaciones.

Trimestre / Año	2013	2014	2015
Primer trimestre	1.303	1.316	1.515
Segundo trimestre	1.429	1.473	1.652
Tercer trimestre	1.565	1.630	1.647
Cuarto trimestre	1.609	1.642	1.476
Total general	**5.906**	**6.061**	**6.290**

Fuente: Elaboración propia desde historial de derivaciones.

El aumento en los costos de las fallas también ha ido incrementando año tras años como se puede ver en la Tabla 1.11, lo cual es una consecuencia de la disminución de la disponibilidad de los servicios, que están asociados a los equipos médicos críticos, y que tiene incidencia en el aumento de los costos ya mencionados.

Y finalmente asociado a la estadísticas de opinión que se reciben en el HMS, se hizo un filtro desde el servicio atención al cliente, en donde se aprecia el tipo de opinión referente a los servicios estudiados en este Trabajo de Título, que son Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico. Y dichas estadísticas muestran que se han recibido un total de 2.123 reclamos en el año 2013, 2.515 en el 2014 y en el año 2015 un total de 3.220, lo que indica que con el pasar de los años, los reclamos van aumentando.

Figura 1.12 Diagrama Causas – Problema – Consecuencias.

Causas

- **Cantidad de fallas**
  En el momento que ocurre una falla, el equipo queda sin disponibilidad para ser utilizado, los tipos de fallas en las cuales incurren los equipos se ve en la siguiente tabla.

Tipo de falla	Cantidad de fallas	%
Desgaste	3.226	57,3
Error de uso	62	1,1
Indeterminada	387	6,9
Mala manipulación	40	0,7
NA	280	5
Otros	873	15,5
(en blanco)	758	13,5
Total general	**5.626**	

  Se entenderá por cada falla lo siguiente:
  Desgaste: Generalmente los equipos que presentan desgaste, están asociados a fugas de gases, los cuales para reparar son cambiados sus válvulas, empaquetaduras, entre otros.
  Error de uso: Acción humana que resulta en una falla que necesita atención similar a la provocada por desgaste, Por ejemplo: Poner en marcha un equipo sin esperar que la temperatura fuera la adecuada.
  Mala manipulación: omisión de procedimientos, tales como conexiones mal ajustadas.
  Indeterminada: Cuando no es posible detectar a simple vista la causa de la falla. Aunque estas pueden ser de cualquier tipo antes mencionado.
  Otros: Algunos casos que no presentan gran riesgo solo provoca inoperatividad al equipo, por ejemplo: cambio de enchufe americano.
  (Vacio): son frecuentemente las mantenciones programadas que se realizan a los equipos según calendario
  NA: Por lo general son mantenciones preventivas, las cuales no cumplen con criterios anteriores (NA: Ninguna de las anteriores).

- **Contratos de mantenimiento.**
  Cada equipo médico puede estar sujeto a algún contrato con empresas externas para la realización de las mantenciones estipuladas. Por lo que es un factor determinante en los tiempos de respuesta, factor que aumenta la disponibilidad de los equipos y por consecuencia la de los servicios también. Así como también el no tener contratos (como el caso de los equipos médicos críticos que fueron seleccionados) que dependiendo del valor de la reparación, será el tiempo que se demore en ser corregida la falla. En la siguiente tabla se observa la cantidad de equipos con y sin contrato de mantenimiento.

Situación equipo	Fallas
Con contrato de mantenimiento	601
Sin contrato de mantenimiento	5.025
Total	**5.626**

- **Tipos de mantención.**
  Las mantenciones que incurren los equipos, ya sea por cualquier tipo de falla que les ocurra o incluso algún otro tipo de servicio de mantención que está representado en el siguiente cuadro.

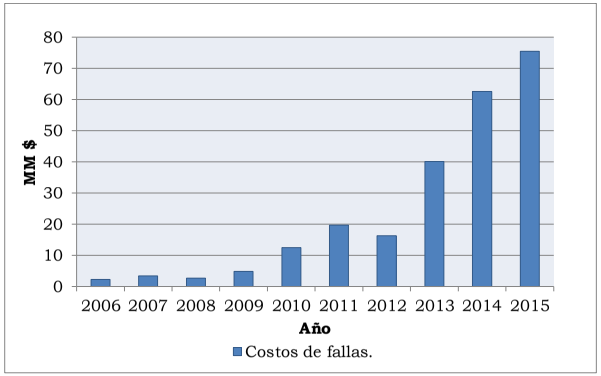
Tipo de mantención	Cantidad de fallas
Instalación	11
Mantención correctiva	1.597
Mantención inspectiva	113
Mantención preventiva	2.020
Mantención programada	1.846
Otro	38
Traslado	1
Total general	**5.626**

Problema

Disminución en la disponibilidad de los servicios en las áreas críticas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico.

Consecuencias

- **Aumento en el costo de las fallas**
  Razón de las fallas ocasionadas, se reconoce en un aumento de los costos en las mantenciones provocados principalmente por aquellas mantenciones correctivas, en conjunto con los equipos que no poseen un contrato de mantenimiento. La siguiente figura muestra los aumentos de los costos incurridos en general.



- **Derivaciones**
  Por falta de disponibilidad de uno de los servicios que atiende pacientes, se realiza la derivación a otro centro asistencial. Lo cual también es un riesgo para el paciente derivado. Las cantidades de derivaciones se pueden apreciar en el siguiente cuadro.

Trimestre / Año	2013	2014	2015
Primer trimestre	1.303	1.316	1.515
Segundo trimestre	1.429	1.473	1.652
Tercer trimestre	1.565	1.630	1.647
Cuarto trimestre	1.609	1.642	1.476
Total general	**5.906**	**6.061**	**6.290**

- **Reclamos**
  Asociado a la estadísticas de opinión que se reciben en el HMS, se hizo un filtro desde el servicio atención al cliente, en donde se extrae la tabla expuesta a continuación, en donde se aprecia el tipo de opinión referente a los servicios estudiados en este Trabajo de Título, que son Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico. Como se puede apreciar los reclamos van subiendo año tras año.

Estadísticas de opinión.			
Tipo de opinión/Año	**2013**	**2014**	**2015**
Felicitación	349	499	601
Reclamo	1.501	1.666	2.169
Solicitud	202	256	337
Sugerencia	71	94	113
Total general	**2.123**	**2.515**	**3.220**

Fuente: Elaboración propia.

1.6. Metodologías aplicables

En este punto serán descritas las metodologías que podrían aplicarse para el rediseño del plan de mantenimiento de los equipos de las tres áreas críticas del Hospital Militar de Santiago.

1.6.1. RCM II

RCM II es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro "Reliability Centered Maintenance" que dio nombre al proceso [PÉREZ03].

Después de haber identificado el proceso a estudiar, se debe dividir en sus componentes, con el fin de realizar el estudio a cada uno de ellos. Luego, lo principal es poder responder a las siguientes siete preguntas que RCM II plantea:

1. ¿Cuáles son las funciones?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Qué causa que falle?
4. ¿Qué sucede cuando falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
7. ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

Ventajas metodología	Desventajas metodología
Mayor seguridad e integridad ambiental.	Resistencia al cambio.
Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente).	Alta probabilidad de inconvenientes en entrega de información con servicios involucrados.
Mayor costo – eficacia del mantenimiento.	Riesgo a confundir demasiada información.
Mayor vida útil de componentes costosos.	
Mayor motivación del personal y mejor trabajo de equipo.	

1.6.2. AMFEC

Es un método amplio pero sencillo para identificar formas en que un sistema de ingeniería puede fallar. Como objeto de identificar los modos de fallas que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales o complementarias. Se define un modo de falla, como la forma en que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de falla, falla funcional.

Esta metodología pretende cambiar la forma en que se plantea el mantenimiento, mejores planes darán mejores programas y por lo tanto mejor mantenimiento, lo que se espera redunde en un mejor rendimiento de los activos y mayor seguridad. Permitiendo así identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo para la instalación, considerando los riesgos a la producción, instalación y al personal. [AGUILAR10].

Ventajas metodología	**Desventajas metodología**
Es una metodología simple, que de forma clara y concisa nos permite entender la forma en la que opera un sistema, pero sobre todo la forma en la que falla.	Considera los fallos individuales, no combinados o en cadena.
Se identifican las mejores oportunidades para el mantenimiento.	Un solo modo de falla no es suficiente en sistemas complejos.
Considera los riesgos a la producción, instalación y al personal.	Las posibles variaciones en las condiciones del medio y los inputs del sistema.
Identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo para la instalación.	Sólo se basa en el análisis histórico de fallas.

1.6.3. TPM

TPM (mantenimiento productivo total, o mantenimiento que aporta una productividad máxima o total) es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas.

TPM permite la continuidad de la operación, en equipos y plantas al introducir: Prevención, cero defectos ocasionados por equipos, cero accidentes, cero defectos, participación total de las personas.

Mejora la calidad, ya que equipos más precisos producen partes con menos variaciones, y por ende mejor calidad. Mejora también la productividad al aumentar la disponibilidad del equipo, permite mejorar el servicio a los clientes y por ende, su confianza ya que los equipos serán más confiables y estarán disponibles. Mejora el uso y aprovechamiento de los equipos. Recude significativamente los gastos por mantenimiento correctivo y recude los costos operativos hasta en 30%. [SÁNCHEZ09].

Ventajas metodología	**Desventajas metodología**
Mejora la calidad, ya que equipos más precisos producen partes con menos variaciones	No puede ser introducido por imposición.
Mejora también la productividad al aumentar la disponibilidad del equipo, el mejor uso y aprovechamiento de los mismos.	La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa
Involucra a todos los trabajadores	Cambio de cultura general.
Permite mejorar el servicio a los clientes	El proceso de implementación requiere varios años.

Tabla 1.19 Análisis metodologías.

Tabla de ponderaciones Metodologías.		**RCM II**		**AMFEC**		**TPM**	
Información requerida.	Ponderación	Nota	**Valor relativo**	Nota	Valor relativo	Nota	Valor relativo
Identifica las fallas.	0,12	6,5	**0,78**	4	0,48	5	0,60
Identifica el tipo de falla.	0,10	6	**0,72**	4	0,48	5,5	0,66
Clasifica las fallas por criticidad.	0,09	6,2	**0,74**	6	0,72	6	0,72
Aporta planes de mantenimiento asociado a las fallas del sistema.	0,13	6,5	**0,78**	4,5	0,54	6	0,72
Identifica las falencias del proceso de mantenimiento.	0,12	6,6	**0,79**	4	0,48	6	0,72
Asigna tipo de mantenimiento según criticidad.	0,15	6,5	**0,78**	4,6	0,55	5,5	0,66
Involucra a todos los actores del proceso.	0,05	6,2	**0,74**	4,8	0,58	7	0,84
Permite reducción de costos asociados a las mantenciones.	0,19	6,8	**0,82**	4	0,48	6,5	0,78
Reducción de mantenimiento innecesario.	0,05	6,5	**0,78**	4,3	0,52	6,1	0,73
Total	1		**6,94**		**4,82**		**6,43**

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla 1.19, la metodología escogida es RCM II, quien es la que presenta mayor puntaje a los requerimientos planteados para la resolución del problema.

Por la aplicación de la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad o RCM II se entrega un documento en el cual hay una secuencia de pasos y conjunto de políticas que dan origen a un plan de mantenimiento, así como procedimientos de operación revisados por los operarios y una lista de cambios que deben hacerse al activo físico o a la manera que es operado éste. También los participantes del proceso aprenden mucho acerca de cómo funciona el activo físico y suelen tender a trabajar mejor en equipo. [MOUBRAY04].

Por medio del siguiente Trabajo de Título, se dará una respuesta, a través de un plan de mantenimiento al problema en la disminución de la disponibilidad en los servicios, por causa de falla en los equipos médicos críticos de las áreas de: Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico. Entregando un documento que sirva como guía para establecer el tipo de mantenimiento que deben tener estos equipos médicos críticos, así con esto aumentar su disponibilidad, mejorar la confiabilidad de los mismos e incluso disminuir los costos de las mantenciones.

1.6.4. Limitaciones

El Trabajo de Título abarca los procesos en las áreas críticas de Unidad Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico, específicamente en los equipos médicos críticos seleccionados, a los cuales se les aplicará la metodología RCM II y sus correspondientes herramientas de decisión, por lo que no se incluye la implementación debido a las políticas de la empresa.

En caso de que la aplicación de RCM II arroje “rediseño” como medida de solución en los modos de falla, no se llevará a cabo el análisis de investigación e implementación del proyecto, puesto que no son parte de este trabajo.

El RCM II se hace cargo del problema, causas y consecuencias de la siguiente manera: en las causas se encuentra presente el gran número de fallas, ya sean por desgaste, error de uso, mala manipulación, entre otras, la aplicación de RCM II permite una mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas, ya que analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales, esto se logra al utilizar Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE) en donde se identifican las fallas funcionales, sus causas y sus efectos.

Estableciendo qué tipo de mantención necesitan los equipos médicos críticos del área de estudio, se reducirán el número de mantenciones correctivas, que representan el mayor costo. Haciéndose cargo así de las consecuencias que es el aumento constante a través de los años en el valor de las mantenciones y reparaciones de los equipos médicos críticos del HMS.

Al lograr como resultado de la aplicación de RCM II un mejor funcionamiento operacional y una mayor seguridad e integridad ambiental, a través de esto se evita el hecho de producir derivaciones porque los equipos médicos críticos se encontrarían disponibles y en buen estado, evitando así causar daño al paciente, entre otras.

1.7. Objetivos

A continuación se describe el objetivo general y junto a ello, los objetivos específicos.

1.7.1. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento mediante el método RCM II para los equipos médicos críticos seleccionados de la Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico del Hospital Militar de Santiago para el año 2017.

1.7.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento del HMS.
- Identificar los equipos médicos críticos para delimitar el objeto del estudio utilizando análisis de criticidad mediante encuesta.
- Proponer un plan de mantenimiento a los equipos médicos seleccionados a través de la metodología RCM II.
- Comparar a través de simulación, indicadores de mantenimiento y costos de la situación actual con la propuesta de este Trabajo de Título.

1.7.3. Resultado esperado

El resultado esperado del siguiente Trabajo de Título es presentar un documento, el cual contenga un plan de mantenimiento para los equipos médicos críticos del HMS que están presentes en la Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico; mediante la aplicación de la metodología RCM II. Y que de esta manera se pueda resolver la disminución en la disponibilidad de los servicios a los cuales pertenecen los equipos médicos críticos.

1.8. Resumen Capítulo 1: Antecedentes generales

En este capítulo se ha descrito al Hospital Militar de Santiago su historia, infraestructura, estructura orgánica, la descripción del proceso hospitalario y en forma más detallada, los procesos que se analizarán en este Trabajo de Título, que son parte del Departamento de Ingeniería Biomédica. Quien se encarga de las mantenciones de los equipos médicos críticos en las áreas críticas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico.

Posterior a la descripción del HMS se determinan los equipos médicos críticos, para así delimitar el área de estudio, y seleccionar los que cumplen con los criterios de mayores costos de mantenciones y fallas, que fueron seleccionados según encuesta aplicada a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica.

Una vez seleccionados los equipos a trabajar, se procede a realizar descripción del problema.

Mediante una serie de antecedentes relativos particularmente a las fallas y costos de las mantenciones, se dio cuenta de que alzas en estas dos variables, ocasionan una "Disminución en la disponibilidad de los servicios en las áreas críticas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico" que es el problema identificado.

Posterior a la identificación del problema, a través de encuestas a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica se caracteriza una serie de causas y efectos, realizando con esto un Diagrama de Espina de Pescado para posteriormente jerarquizar estas causas en un Diagrama de Pareto.

Acto seguido fue comparar las metodologías que pudiesen dar solución al problema por medio de una tabla de ponderaciones, en la cual fue seleccionada la Metodología RCM II.

Este estudio no contempla la implementación ni algunas características propias de la metodología, como rediseño del plan de mantenimiento.

En base a lo anterior se establecen los objetivos generales y específicos para llevar a cabo la resolución del problema.

Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento mediante el método RCM II para los equipos médicos críticos seleccionados de la Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico del Hospital Militar de Santiago para el año 2017.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del área de mantenimiento del HMS.
- Identificar los equipos médicos críticos para delimitar el objeto del estudio utilizando análisis de criticidad mediante encuesta.
- Proponer un plan de mantenimiento a los equipos médicos seleccionados a través de la metodología RCM II.
- Comparar a través de simulación, indicadores de mantenimiento y costos de la situación actual con la propuesta de este Trabajo de Título.

2. Metodología

En este apartado se describe la metodología que será aplicada para resolver el problema planteado, dar cumplimiento a los objetivos propuestos. En primera instancia se define mantenimiento basado en confiabilidad o RCM II rescatado del libro de John Moubray, donde especifica los principios y aplicación del desarrollo para la solución del problema. Además, se detallarán algunas otras definiciones que están alineadas con la metodología RCM II y que formarán parte en el desarrollo del presente Trabajo de Título.

2.1. Metodología RCM II

El RCM II (Mantenimiento centrado en la confiabilidad), fue desarrollado durante los años 60 y 70, donde la industria aeronáutica es en la cual se concreta la metodología, la cual consiste en analizar cada uno de los sistemas y como sus funciones pueden fallar considerando el entorno. Los efectos de estas fallas son a su vez clasificados y valorados en relación al impacto para así elegir tareas apropiadas. [MOUBRAY04].

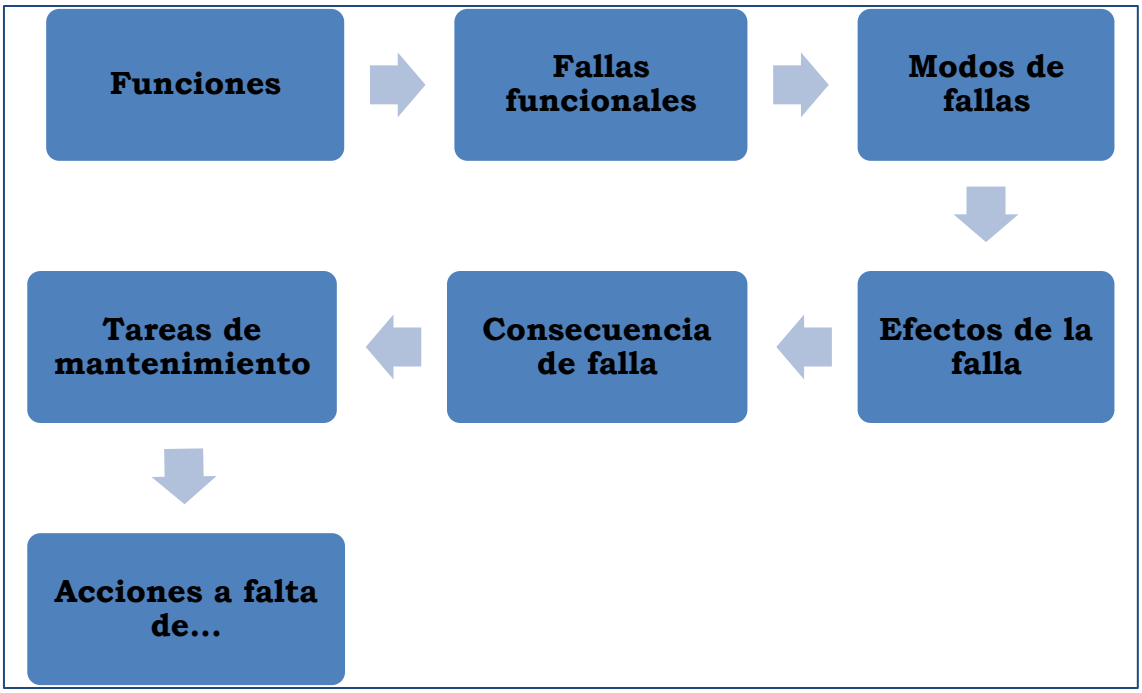
Según John Moubray, RCM II se define cómo: "El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual"[2] [MOUBRAY04].

Posterior a la elección del sistema o equipo a evaluar, se debe dividir en sus componentes, para así asegurar un análisis a cada uno de éstos. [MOUBRAY04].

En la Figura 2.1 se puede apreciar el paso a paso que sigue la metodología de RCM II.

[2] MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Gran Bretaña: Aladon Ltd, 2004. P7

Figura 2.1 Pasos de metodología RCM II.



Fuente: Elaboración propia a partir de [MOUBRAY04].

A continuación se detallarán los pasos de RCM II incluidos en el libro de John Moubray.

2.1.1. Funciones y parámetros de funcionamiento

Antes de poder aplicar un proceso para determinar qué debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que sus usuarios quieren que haga.
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que sus usuarios quieren que haga.

Por esto el primer paso en el proceso de RCM II es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

- **Funciones primarias,** que en primera instancia resume el porqué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones, cubre temas

como velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

- **Funciones secundarias,** la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, proyección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta la apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generalmente están en la mejor posición por lejos para saber exactamente qué contribuciones físicas y financieras hace el activo para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

Si es hecho correctamente, este paso toma alrededor de un tercio del tiempo que implica un análisis RCM II completo. Además hace que el grupo que realiza este análisis logre un aprendizaje considerable – Muchas veces una cantidad considerable – acerca de la forma en que realmente funciona el equipo. [MOUBRAY04].

2.1.2. Fallas funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociados al activo en cuestión. Pero, ¿Cómo puede el mantenimiento alcanzar estos objetivos?

El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo, andes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar qué fallas pueden ocurrir.
El proceso RCM II lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identifica las circunstancias que llevaron a la falla.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como ***fallas funcionales*** porque ocurren cuando el activo *no puede cumplir una función*

de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Sumado a la incapacidad total de funcionar, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo no puede mantener los niveles de calidad o precisión). Evidentemente éstas sólo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento del activo. [MOUBRAY04].

2.1.3. Modos de falla

Como se mencionó en el párrafo anterior, una vez que se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los *hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla*. Estos hechos se denominan ***modos de falla***. Los modos de falla "razonablemente posibles" incluyen aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, fallas que actualmente están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto en cuestión. La mayoría de las listas tradicionales de modos de falla incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debería incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento), y errores de diseño. También es importante identificar la causa de cada falla con suficiente detalle para asegurarse de no desperdiciar tiempo y esfuerzo intentando tratar síntomas en lugar de causas reales. Por otro lado es igualmente importante asegurarse de no malgastar el tiempo en el análisis mismo al concentrarse demasiado en los detalles. [MOUBRAY04].

2.1.4. Efectos de falla

El cuarto paso en el proceso de RCM II tiene que ver con hacer un listado de los **efectos de falla,** que describen lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para

apoyar la evaluación de las consecuencias de la falla, tal como: [MOUBRAY04].

- Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido.
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa).
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta)
- Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.
- Qué debe hacerse para reparar la falla.

2.1.5. Consecuencias de falla

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente entre tres mil y diez mil posibles modos de falla. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones. También pueden afectar a la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas para ser reparadas tomarán tiempo y costarán dinero. [MOUBRAY04].

Son estas consecuencias las que más influencian el intento de prevenir cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si no tiene consecuencias o tiene consecuencias leves, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza y lubricación básica. [MOUBRAY04].

Un punto fuerte del RCM II es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas *per se* sino evitar o reducir las *consecuencias* de las fallas. El proceso de RCM II clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera: [MOUBRAY04].

- ***Consecuencias de fallas ocultas:*** Estas fallas ocultas no tienen un impacto directo, aunque pueden traer consigo fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (la mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- ***Consecuencias ambientales y para la seguridad:*** Una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la

muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.

- ***Consecuencias operacionales:*** una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).
- ***Consecuencias no-operacionales:*** las fallas caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción, sólo implican el costo directo de la reparación.

El proceso de evaluación de las consecuencias también cambia el énfasis de la idea de que *toda* falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización, y resta importancia a aquellas que tienen escaso resultado. También nos alienta a pensar de una manera más amplia acerca de diferentes maneras de manejar las fallas, más que concentrarnos en prevenir fallas. Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías. [MOUBRAY04].

- **Tareas proactivas:** estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarcando lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento "predictivo" o "preventivo", aunque veremos luego que RCM utiliza los términos ***reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.***
- **Acciones a falta de:** estas tratan directamente con el estado de falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

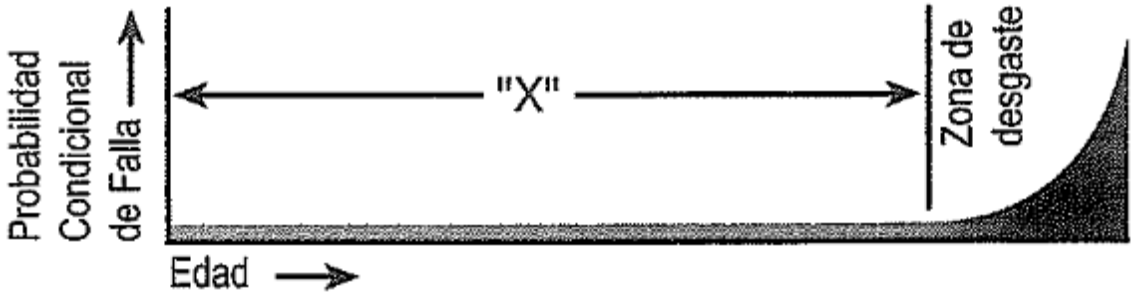
2.1.6. Tareas de mantenimiento

A. Tareas proactivas

Mucha gente todavía cree que la mejor manera de optimizar la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento proactivo de rutina. El pensamiento de la segunda generación sugería grandes

reparaciones o reposición de componentes a intervalos fijos. La Figura 2.2 muestra la perspectiva tradicional de la falla a intervalos regulares.

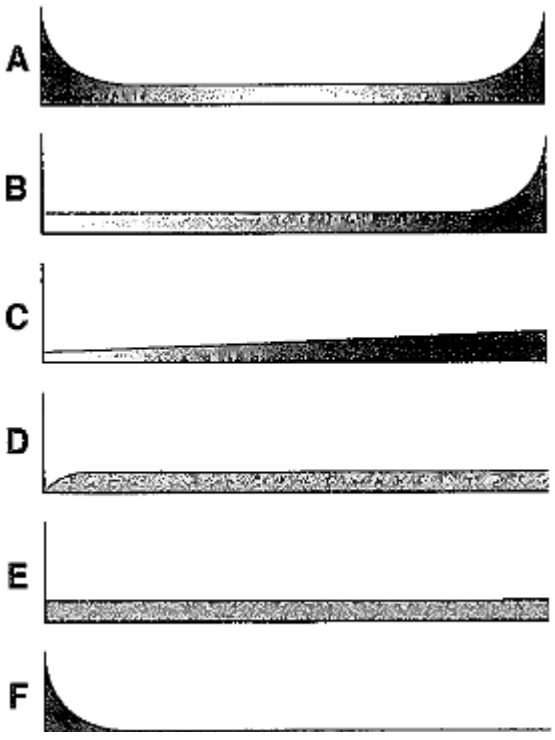
Figura 2.2 Perspectiva tradicional de la falla.



Fuente: [MOUBRAY04].

Esta se basa en la presunción de que la mayoría de los equipos operan confiablemente por un periodo "X", y luego se desgastan. El pensamiento clásico sugiere que los registros extensivos acerca de las fallas nos permiten determinar y planear acciones preventivas un tiempo antes de que ellas ocurran.

Figura 2.3 Seis patrones de falla.



Fuente: [MOUBRAY04].

Este patrón es cierto para algunos tipos de equipos simples, y para algunos ítems complejos con modos de falla dominantes. En particular las características de desgaste se encuentran a menudo en casos en los que el equipo tiene contacto directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad frecuentemente van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complejos de lo que eran hace veinte años atrás. Esto ha traído aparejado sorprendentes cambios en los patrones de falla, como lo muestra la Figura 2.3 los gráficos muestran la probabilidad condicional de la falla con relación a la edad

operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos. El patrón A es la ya conocida curva de la "bañera". Comienza con una gran incidencia de fallas (llamada *mortalidad infantil*), seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla, y por último una zona de desgaste. El patrón B muestra una probabilidad condicional de fallas constante o de lento incremento y que termina en una zona de desgaste (igual aque la Figura anterior). El patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificable. El patron D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fábrica y luego u veloz incremento a un nivel constante, muentras que el patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar). El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una prbabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente. [MOUBRAY04].

Estudios realizados en aeronaves comerciales demostraron que un 4% de los elementos conrrespondían al patrón A, un 2% al B, un 5% al C, un 7% al D, un 14% al E y no menos deun 68% al patron F. (el número de veces que estos patrones ocurren en aeronaves no es necesariamente el mismo que en la industria, pero no cabe duda de que a medida que los elementos se hacen más complehos, encontramos cada vez más patrones E y F). Estos descubrimientos contradicen la creencia de que siempre hay conección entre la confiabilidad y la edad operacional. Esta creencia dio origen a la idea de que cuanto más seguido un ítem es reparado, menos posibilidades tiene de fallar, Actualmente esto es cierto en muy pocos casos. A menos que exista un modo de falla dominante relacionado con la edad, los límites de edad tienen que ver poco o nada con mejorar la confiabilidad de los componentes complejos, de hecho las reparaciones pueden en realidad aimentar los promedios de fallas generales al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otra manera serían estables. La toma de conciencia de estos hechos ha llevado a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea de mantenimiento proactivo. Y esto puede que sea lo más acertado para fallas con consecuencias menores. Pero cuando las consecuencias de fallas son importantes, algo debe hacerse para prevenir o predecir las fallas, o al menos para reducir las consecuencias. Esto nos lleva nuevamente a la cuestión de las tareas proactivas. Como ya mencionamos anteriormente el RCM divide a las tareas proactias en tres categorías: [MOUBRAY04].

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas.

- Tareas de sustitucupon cíclicas.
- Tareas a condición.

B. Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas

El reacondicionamiento cíclico implica refabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. De manera parecida, las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento. En conjunto estos dos tipos de tareas son conocidos generalemente como mantenimiento preventivo. Solían ser los tipos de mantenimiento proactivo más ampliamente usados. Sin embargo, debido a las razones mencionadas anteriormente, se usan mucho menos que veinte años atrás. [MOUBRAY04].

C. Tareas a condición

El crecimiento de nuevos tipos de manejo de falla se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla, y la creciente ineficacia de las técnica clásicas para hacerlo. La mayoria de las nuevas técnicas se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas advertencias se denominan **fallas potenciales,** y se definen como *condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional está por ocurrir o están en procesos de ocurrir.* Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas potenciales y permitir actuar evitando las posibles consecuencias que surgirían si se transformaran en fallas funcionales. Se llaman tareas a *condición* porque los componentes se dejan en servicio a *condición* de que continúen alcanzando los parámetros de funcionamiento deseados. (El mantenimiento a condición incluye el *mantenimiento predictivo, mantenimiento basado en la condición* y *monitoreo de condición*). Si son utilizadas correctamente, las tareas a condición son una muy buena manera de manejar las fallas, pero a la vez pueden ser una pérdida de tiempo costosa. RCM permite tomar decisiones en esta parea con certeza particular. [MOUBRAY04].

2.1.7. Acciones a falta de

El RCM II reconoce tres grandes categorías de acciones *a falta de*: [MOUBRAY04]

- *Búsqueda de fallas*: las tareas de búsqueda de falla implican revisar periódicamente funciones ociltas para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo está por fallar).
- *Rediseño*: rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades inciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los cambios de una sola vez a los procedimietos.
- *Ningún mantenimiento programado*: como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla y se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Esta tarea *a falta de* también es llamada mantenimiento "a rotura".

Proceso de selección de tareas de RCM II

Un punto fuerte del RCM II es la manera en que provee criterios simples precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es *técnicamente factible* en el contexto operacional dado (si existe alguna), y para decidir quién debería hacerlas y con qué frecuencia. Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, está determinado por las *características técnicas* de la tarea y de la falla que pretende prevenir. Si vale la pena hacerlo o no depende de la manera en que maneja las *consecuencias* de la falla. De no hallarse una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tomarse una acción *a falta de* adecuada. La esencia del proceso de selección de tareas es el siguiente: [MOUBRAY04].

- Para *fallas ocultas,* la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a un nivel tolerablemente bajo. Si esto no es posible, debe realizarse una tarea de ***búsqueda de falla.*** De no hallarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, la decisión *a falta de* secundaria indicará que el componente pueda ser rediseñado (dependiendo de las consecuencias de la falla múltiple).
- Para fallas con consecuencias *ambientales* o para la *seguridad,* una tarea proactiva sólo vale la pena si por sí sola redice el riesgo de la falla a un nivel muy bajo, o directamente lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente

bajos, entonces ***el componente debe ser rediseñado o debe cambiarse el proceso.***

- Si la falla tiene consecuencias *operacionales,* una tarea proactiva sólo vale la pena si el costo total de realizarla *a lo largo de un cierto período de tiempo* es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación en el mismo período de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener *justificación en el terreno económico.* Si no se justifica, la decisión *a falta de* inicial es ***ningún mantenimiento programado.*** (si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión *a falta de* secundaria es nuevamente el rediseño).
- Si una falla tiene consecuencias *no operacionales* sólo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo. Entonces estas tareas también deben tener *justificación en el terreno económico.* Si esto no se justifica, la decisión *a falta de* inicial es otra vez ***ningún mantenimiento programado,*** y si los costos son demasiado elevados entonces la siguiente decisión *a falta de* secundaria es nuevamente el rediseño.

Este enfoque significa que las tareas proactivas son sólo definidas para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez lleva a reducciones sustanciales en cargas de trabajo de rutina. Un menor trabajo de rutina también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto, sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo. [MOUBRAY04].

2.2. Herramientas integradas en la metodología RCM II

En este apartado se describen las dos herramientas claves y que permiten la aplicación de la metodología de RCM II, que son Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos y Diagrama de Decisión. [AMÉNDOLA06].

2.2.1. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

El AMFE busca identificar aquellos *modos de falla*[3] que sean posibles causantes de cada falla funcional, y determinar los *efectos de fallas*[4]. La aplicación del AMFE permite la creación del primer documento central utilizado en la aplicación de RCM II, que es la Hoja de Información, que da respuesta a las preguntas 1, 2, 3 y 4 mencionadas al principio de este capítulo. En la Tabla 2.1 se muestra la Hoja de Información. [MOUBRAY04].

2.2.2. Diagrama de Decisión RCM II

Es aquel que integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica única. Esta estructura se muestra en la Figura 2.4 y se aplica a cada uno de los modos de falla listados en la Hoja de Información RCM II y permite crear así la Hoja de Decisión RCM II. [MOUBRAY04].

La Hoja de Decisión RCM II permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión RCM II y, en función de dichas respuestas, registrar: [MOUBRAY04].

- Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

En la Tabla 2.2 se muestra la Hoja de Decisión RCM II.

---

[3] Es cualquier evento que causa una falla funcional.
[4] Describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla.

Tabla 2.1 Hoja de Información RCM II.

Hoja de información RCM II		**Sistema:**				
		Subsistema:				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**

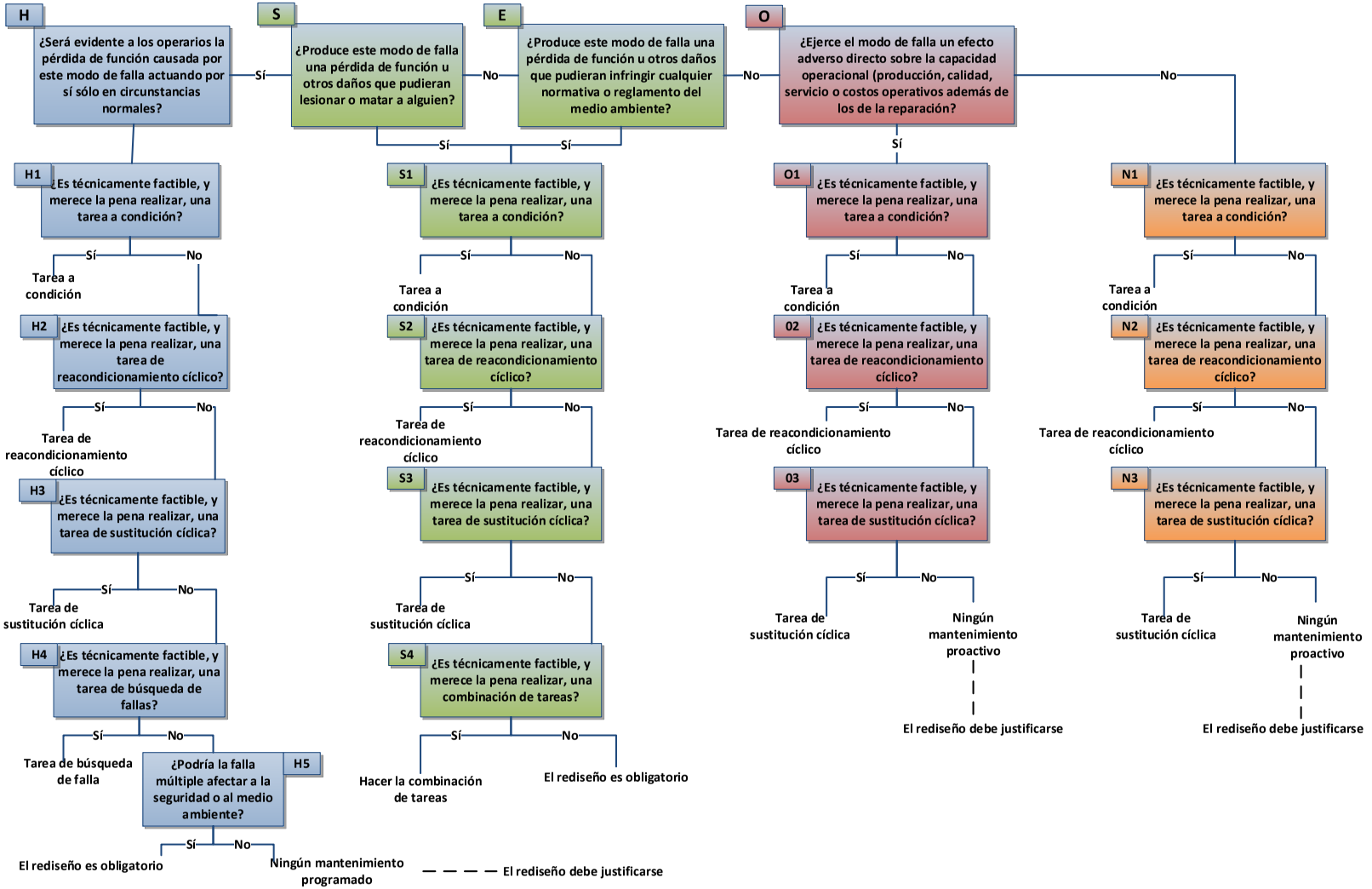
Fuente: [MOUBRAY04].

Tabla 2.2 Hoja de Decisión RCM II.

Hoja de Decisión RCM II							**Sistema**						**Sistema N°:**	**Facilitador:**	**Fecha**	**Hoja N°:**
							Subsistema						**Subsistema N°:**	**Auditor:**	**Fecha**	**De**
Referencia de información			**Evaluación de las consecuencias**				**H1 S1 O1 N1**	**H2 S2 O2 N2**	**H3 S3 O3 N3**	**Acción a falta de**			**Tarea Propuesta**	**Intervalo inicial**	**A realizarse por**	
F	**FF**	**FM**	**H**	**S**	**E**	**O**				**H4**	**H5**	**S4**				

Fuente: [MOUBRAY04].

Figura 2.4 Diagrama de Decisión RCM II.



Fuente: [MOUBRAY04].

Información de entrada a RCM II

La aplicación de RCM II depende de un meticuloso planeamiento y preparación. Los elementos centrales del proceso de planeamientos son [MOUBRAY04]:

- Decidir cuáles activos físicos se beneficiarán más con el proceso RCM II y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados, entre ellos está:
  - Historial de fallas.
  - Manuales de operación.
  - Procedimientos internos de mantenimiento.
- En los casos en los que los beneficios justifican la inversión decidir detalladamente quién realizará y quién auditará cada análisis, cuándo y dónde, y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento apropiado.
- Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico esté claramente comprendido.

Información de salida del RCM II

Si es aplicado en la forma correcta, un análisis RCM II da tres resultados tangibles [MOUBRAY04]:

- Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico, o a la manera que es operado, para lidiar con situaciones en las que el mismo no puede proporcionar el funcionamiento deseado con su configuración actual.
- Procedimientos Operativos Estándar (POE), para los operadores del activo.
- Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento.

Limitaciones RCM II

La aplicación de esta metodología como muchas otras, depende netamente de la correcta aplicación de los actores activos, quienes mediante el uso correcto de la información necesaria y el registro fidedigno de cada uno de los datos requeridos para la aplicación de RCM II, es que puede llegar a no lograr con certeza el cumplimiento de los objetivos. Debido a que la

acción humana no está normada, ya sea un error de registro o una conducta dolosa al proceso de mantenimiento, pueden hacer que esta aplicación se vea sesgada en su funcionamiento, es por ello que se hace necesario la real integración responsable de los facilitadores de RCM II, quienes deberán cumplir con sus labores para así lograr el bien común que permite desarrollar esta metodología. [MOUBRAY04].

2.3. Herramientas complementarias a RCM II

Si bien los tipos de mantenimiento, la confiabilidad operacional y los indicadores de gestión de mantenimiento no forman parte del método RCM II, es necesario definirlos para poder realizar la aplicación del método RCM II.

2.3.1. Tipos de mantenimiento

La definición de mantenimiento, así como los tipos de mantenimiento están definidos de acuerdo al autor Luis Cuartas. Quien realiza una vinculación actualizada de los tipos de mantenimiento existentes con las tareas de mantenimiento definidas en la metodología RCM II, por lo tanto define estos tipos bajo un contexto de generación de planes de mantenimiento.

- **El mantenimiento predictivo o a condición. [CUARTAS08].**

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra.

Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. inspección visual del grado de desgaste), monitores (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, se identifica el fallo antes de que ocurra y se realizan las acciones pertinentes en función del fallo.

- **El mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico). [CUARTAS08].**

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o de trabajo hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente.

Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una turbina, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

- **El mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura. [CUARTAS08].**

Si se decide que no se haría ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparará la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. ¿Cuándo conviene este tipo de mantenimiento? Cuando el costo de la falla (directos indirectos) es menor que el costo de la prevención, ó cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo. Esta opción solo es válida en caso que la falla no tenga consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente. Caso contrario, es obligatorio hacer algo para reducir o eliminar las consecuencias de la falla.

- **El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas. [CUARTAS08].**

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está

cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas.

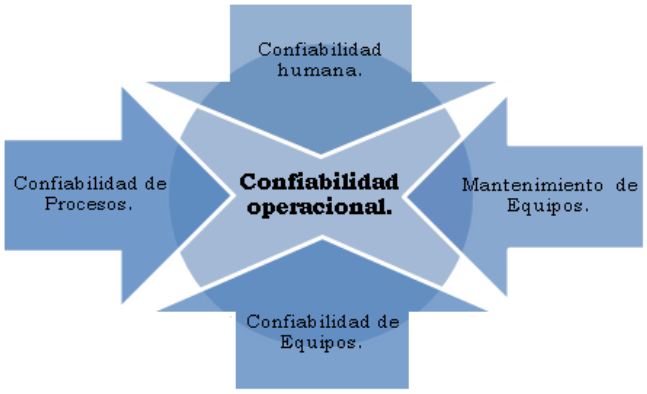
2.3.2. Confiabilidad operacional

Se define confiabilidad como "la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico". [GARCÍA07].

Es importante puntualizar que en un programa de optimización de confiabilidad operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad[5] de los equipos y la confiabilidad de los equipos. [GARCÍA07].

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la Figura 2.5, afectará el comportamiento global de la confiabilidad pperacional de un determinado sistema. [GARCÍA07].

Figura 2.5 Confiabilidad operacional.



Fuente: [GARCÍA07].

[5] Es la propiedad de un sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.

Este Trabajo de Título se enfocará en la confiabilidad de los equipos. La cual no cuenta con descripción o análisis de calidad, como lo pueden ser: Calidad del servicio o calidad de los equipos. Por lo que se define:

Confiabilidad de equipos

La confiabilidad se relaciona básicamente con la tasa de fallas (cantidad de fallas) y con el tiempo medio de operación (MTTF). Mientras el número de fallas de un equipo vaya en aumento, o mientras el MTTF de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor. [GARCÍA07].

2.3.3. Indicadores gestión de mantenimiento

A continuación se presenta aquellos indicadores de gestión de mantenimiento, que se usarán en el presente Trabajo de Título, para identificar el comportamiento de los equipos involucrados en el análisis.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Se refiere al tiempo promedio en que puede ser reparado un ISED. Entendiéndose como horas de fallas, el tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falla, hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio. Es decir, las horas de fallas se consideran igual al tiempo para reparar. [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

Ecuación 2.1 MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas de fallas}}{\text{N° de Fallas}}$$

Fuente: [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

Tiempo medio de reparación (MTTF)

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado. Se puede apreciar mediante la siguiente ecuación. [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

Ecuación 2.2 MTTF

$$\text{MTTF} = \frac{\text{Cantidad días operadas}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

Fuente: [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

Disponibilidad

Porcentaje de tiempo que un equipo es capaz de realizar las funciones a las cuales se le ha fabricado, para operar, producir o dar soporte a los usuarios de las distintas áreas. [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

Ecuación 2.3 Disponibilidad

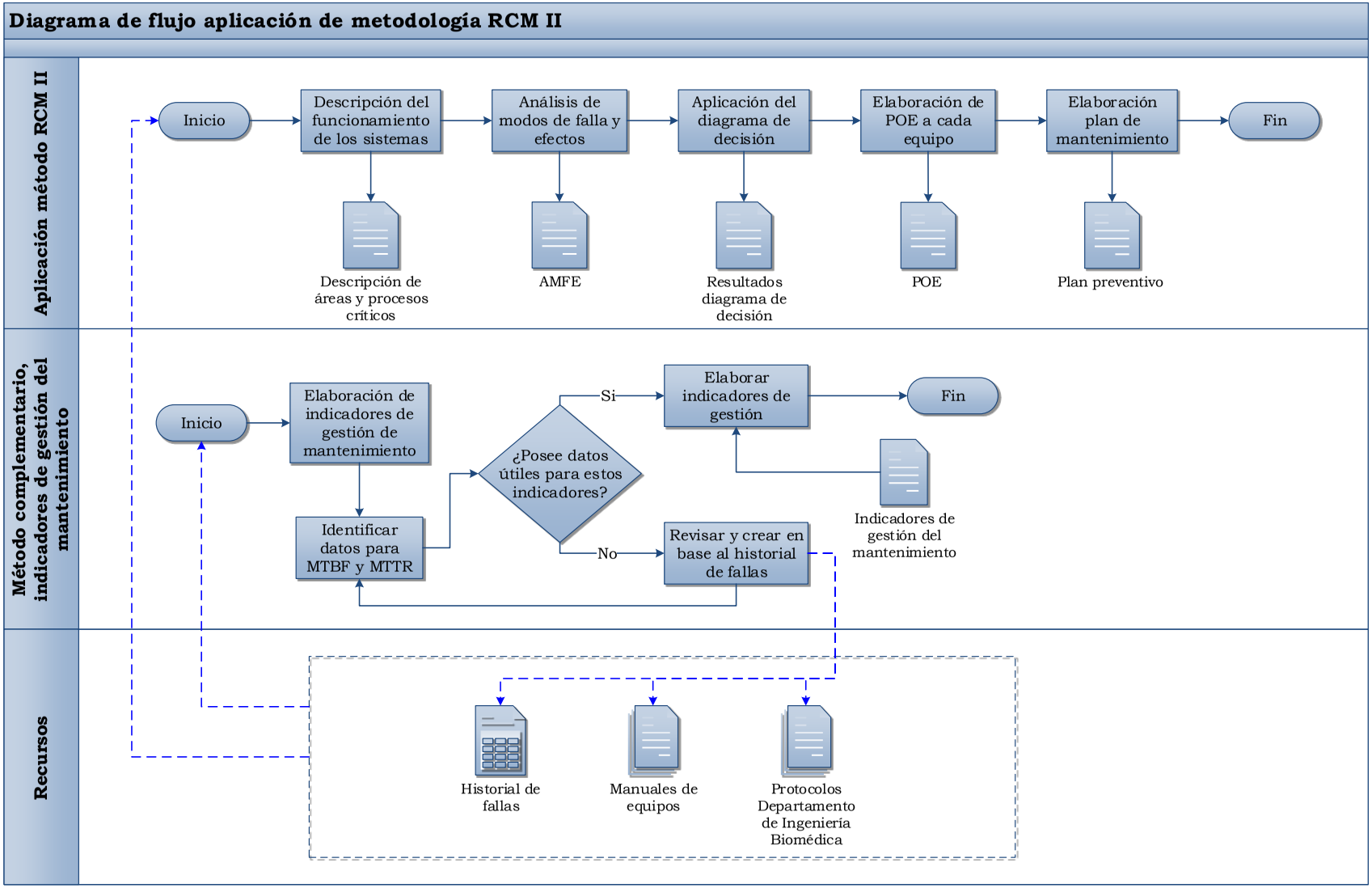
$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Fuente: [WORDPRESSMANTENIMIENTO16].

2.4. Diagrama de Flujo de aplicación de metodología RCM II

En la Figura 2.6 se presenta el Diagrama de Flujo de la aplicación de metodología de RCM II, que será la guía para dar solución al problema identificado en el Capítulo 1.

Figura 2.6 Diagrama de Flujo de aplicación de metodología RCM II



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Resumen Capítulo 2: Metodología

En este capítulo se describe en primera instancia y de forma detallada la metodología RCM II (así como información de entrada, información de salida, desarrollo y limitaciones) la cual se encarga en su desarrollo de responder siete preguntas principales y esto lo hace a través de dos herramientas esenciales:

i) Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE).
ii) Diagrama de Decisión RCM II.

A través del AMFE se confecciona el primero de los dos documentos centrales utilizados por la aplicación de RCM II, que es la Hoja de Información RCM II (véase Tabla 2.1).

Del Diagrama de Decisión RCM II se confecciona el segundo documento central de la aplicación de esta metodología, que es la Hoja de Decisión RCM II (véase Tabla 2.2), la cual permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el Diagrama de Decisión RCM II (véase Figura 2.4).

En este capítulo también se describen herramientas complementarias a RCM II, que si bien no forman parte del método RCM II, es necesario definirlas para poder realizar la aplicación del método. Estas herramientas son; tipos de mantenimiento, confiabilidad operacional e indicadores de gestión de mantenimiento.

Tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento predictivo o a condición.
- Mantenimiento preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico).
- Mantenimiento correctivo o trabajo a la rotura.
- Mantenimiento Detectivo o búsqueda de fallas.

Luego, se define la confiabilidad operacional como “la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente) para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico”. [GARCÍA07]. Donde para este Trabajo de Título, se ocupara de la confiabilidad de los equipos.

Posteriormente se definen los indicadores de gestión de mantenimiento que se usarán en el presente Trabajo de Título para identificar el comportamiento y confiabilidad de los equipos médicos críticos involucrados en el presente análisis. Estos indicadores son: Tiempo medio entre fallas (MTBF), Tiempo medio de Reparación (MTTR) y Disponibilidad.

Y finalmente se realiza el Diagrama de Flujo de la aplicación de metodología RCM II que se puede apreciar en la Figura 2.6.

3. Aplicación de la metodología

En el siguiente capítulo se da a conocer la aplicación del método de RCM II, la cual se efectúa siguiendo el Diagrama de Flujo de la aplicación de metodología, descrito en la Figura 2.6.

3.1. Confiabilidad operacional.

Si bien existe un variado tipo de confiabilidades como se aprecia en el Capítulo 2, para la aplicación del método RCM II, se emplea la confiabilidad de equipos, puesto que se relaciona directamente con el tiempo entre fallas (MTBF) y con el tiempo medio de operación (MTTF). Dando lugar así a los indicadores de gestión del mantenimiento, enfocado sólo en los equipos médicos críticos seleccionados.

3.2. Indicadores de gestión del mantenimiento

En el siguiente apartado se muestran los indicadores creados en base al historial de falla otorgados por el HMS.

Tiempo entre fallas (MTBF): desde el historial de fallas que contiene los registros otorgados, se realizaron cálculos de los tiempos que tomaba para que un equipo volviera a fallar. Entre estos se consideraron solamente las fallas correctivas dado que poseen un tiempo que no se puede describir.

Tiempo para reparar (MTTR): debido a que no se poseían los tiempos ocupados para dar operatividad a los equipos que presentaban fallas. Mediante una convención con los expertos convocados, se logró dar con una relación en base a los costos de las fallas y sus tiempos de respuesta, estos se pueden ver en la Tabla 3.1.

Disponibilidad: está representada por la formulación de la ecuación 2.3 descrita en el Capítulo 2, y que a su vez depende de las ecuaciones 2.1 y 2.2, también descritas en dicho capítulo.

Los resultados de los indicadores de gestión de mantenimiento se pueden apreciar en la Tabla 3.2.

Tabla 3.1 Tiempos de respuesta según costos mantención.

Monto	Proceso	Tiempo de respuesta
Menor a 3 UTM	Se le asigna una compra a trato directo.	3 días (aproximadamente).
Entre 3UTM y 10 UTM	Presentación de 3 cotizaciones adjuntadas a la orden de compra emitida a través de chilecompra.	30 días (aproximadamente).
Mayor a 10 UTM	Licitación pública.	60 días (aproximadamente).

Fuente: http://www.MercadoPublico.cl; Tiempos de respuesta descritos por el Departamento de Ingeniería Biomédica.

Tabla 3.2 Indicadores de gestión del mantenimiento.

Equipos 2015	MTBF (días)	MTTR (días)	Disponibilidad (%)	Fallas
Monitor multiparámetro	76	9	89,45	78
Unidad de anestesia	100	15	87,23	34
Unidad esterilizadora por vapor de agua	43	13	76,79	104
Ventilador para cuidados intensivos	42	9	82,55	13

Fuente: Elaboración propia a partir de historial de fallas y ecuaciones.

3.3. Descripción de sistemas y subsistemas

A continuación se describen los sistemas y subsistemas de las áreas críticas del HMS: Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico, que corresponde a las funciones de cada equipo médico crítico.

3.3.1. Descripción de sistemas

Si bien se tienen definidas las áreas de los equipos médicos críticos seleccionados, se puede definir con otro grado de análisis los siguientes sistemas que envuelven los equipos a analizar.

Se define como sistema de monitorización a aquel, que posea equipos médicos críticos de los cuales sea necesario llevar a cabo dicha función

principal. Incluidos están los monitores multiparámetro, quienes serán analizados.

Siguiendo la misma lógica funcional, se encuentran los siguientes sistemas involucrados: esterilización, ventilación mecánica y anestesia.

Los sistemas, en consiguiente se encuentran listados a continuación:

- Monitorización.
- Esterilización.
- Ventilación mecánica.
- Anestesia.

3.3.2. Descripción de los subsistemas

Se llama subsistema al equipo médico crítico específico que se vincula con uno de los sistemas mencionados anteriormente. Cada uno de estos, tiene una importancia relativa dentro los procesos en los cuales están ubicados. En la Tabla 3.3 se muestra un ejemplo de un subsistema, los demás subsistemas están descritos en el Anexo 3.1.

Tabla 3.3 Subsistema ventilador cuidados intensivos, Dräger-Savina

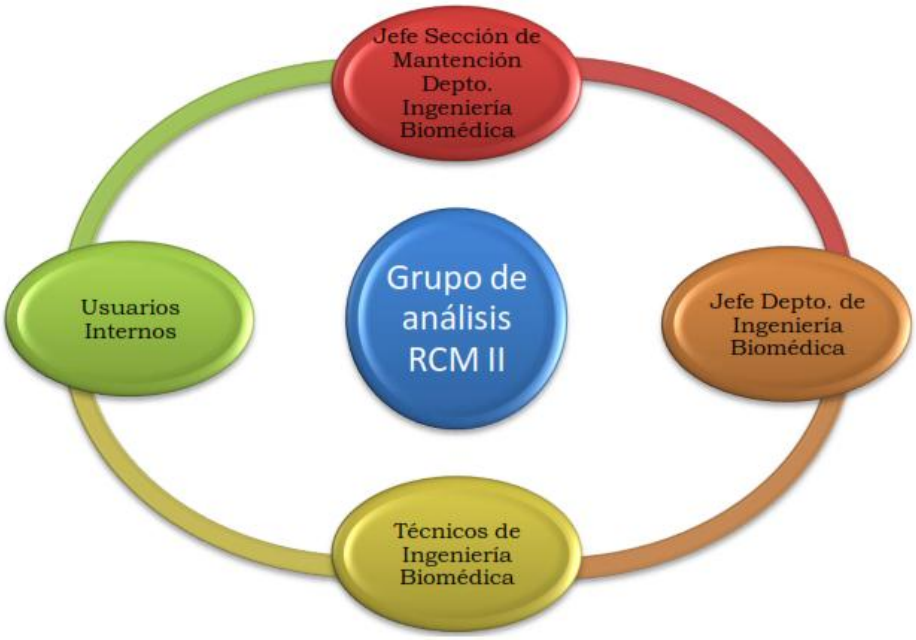
Nombre	Ventilador cuidados intensivos
Modelo	Savina
Marca	Dräger
Dimensiones	460 x 383 x 364 (mm)
Potencia	312 (w)
Características	
Este equipo tiene como función primordial la de reemplazar o asistir mecánicamente la ventilación pulmonar espontánea cuando esta es inexistente o ineficaz para mantener con vida a un paciente. Dentro de las capacidades del ventilador está la posibilidad de entregar una amplia gama de modos de ventilación que permiten respiración espontánea, respiración abierta con auto-flow, ventilación no invasiva y capacidad de creación de gráficos ampliados con bucles, tendencias y registros. En consecuencia podemos afirmar que el equipo realiza las siguientes funciones: • Ventilación asistida. • Monitorización de parámetros de ventilación.	

Fuente: Elaboración propia a partir de manuales de equipos.

3.4. Responsabilidades

Para la correcta aplicación y control de la metodología RCM II, se hace necesario otorgar responsabilidades y así dar confiabilidad a las actividades, es decir, seguir paso a paso las indicaciones expuestas por medio de esta metodología, como también utilizar todas las herramientas otorgadas. En el HMS se definirán los siguientes actores, como claves para llevar a cabo el proceso de mejorar las mantenciones de los equipos médicos críticos.

Figura 3.1 Grupo de análisis RCM II.



Fuente: Adaptación propia desde RCM II, [MOUBRAY04].

Técnicos de Ingeniería Biomédica: responsables de ejecutar las actividades asociadas a las mantenciones preventivas y también, tendrán la labor de supervisar en terreno, las mantenciones preventivas ejecutadas por las empresas contratadas en caso de que el Departamento Ingeniería Biomédica no tenga la expertiz y/o el equipamiento necesario para realizarlo.

Jefe Sección de Mantención Departamento de Ingeniería Biomédica: responsable de supervisar todos los trabajos realizados de mantenimiento.

Jefe Departamento de Ingeniería Biomédica: responsable de monitorear y hacer cumplir con lo que está establecido en el Departamento

de Ingeniería Biomédica. Es responsable de la ejecución de mantenciones preventivas con los medios propios del departamento.

Usuarios internos de equipos médicos críticos en Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico: responsables de dar recepción conforme de los trabajos de mantenimiento preventivo, en forma personal o en quien delegue. Asimismo, serán responsables de la conservación indemne de los medios de registro comprobatorios de la ejecución de las mantenciones, en los equipos de su unidad a cargo, dando aviso oportuno para su reposición al Departamento de Ingeniería Biomédica, cuando sea necesario.

3.5. Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE)

Considerando que las funciones de los equipos ya están definidas anteriormente en el apartado 3.3 de este capítulo, se prosigue con especificar las fallas funcionales a las cuales los equipos médicos críticos están sujetos durante su funcionamiento. Posteriormente se presenta el modo en que estas fallas hacen que la principal función de los equipos médicos críticos deje de estar disponible. Y atendiendo al desarrollo de este análisis, finalmente se detalla el efecto de estas fallas y el modo en que ocurren.

En la Tabla 3.4 se presenta un extracto de la Hoja de Información RCM II para el equipo monitor multiparámetro, el resto de las Hojas de Información RCM II se encuentran disponibles en el Anexo 3.2.

3.6. Diagrama de Decisión RCM II

Luego de elaborar las Hojas de Información RCM II para los equipos médicos críticos ocupando el AMFE, se procede a crear las Hojas de Decisión RCM II, las cuales se hacen con la ayuda del Diagrama de Decisión RCM II, el cual clasifica cada efecto de falla, con su respectiva tarea de mantenimiento, permitiendo identificar los plazos y las responsabilidades de cada una de las tareas propuestas por la metodología RCM II.

Tabla 3.4 Extracto Hoja de Información RCM II.

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Anestesia.**				
		Subsistema: Unidad de anestesia Drager Primus.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Administrar anestesia.	A	Incapaz de administrar gas anestésico.	1	Motor.	Incapaz de hacer circular el o los flujos necesarios para la mezcla de gases anestésicos.
				2	Fuga circuito paciente.	Mezcla de gases inadecuados para el paciente, los cuales están siendo evacuados por fisuras o conexiones en mal estado.
				3	Deterioro del fuelle.	Al estar deteriorado impide que se genere la presión necesaria para impulsar los gases al sistema respiratorio del paciente.
				4	Deterioro en la válvula controladora de O_2.	Impide que pueda asegurarse un control sobre el flujo de O_2 si es que supera o disminuye de los parámetros óptimos para el paciente.

Fuente: Elaboración propia.

Para decidir qué tipo de tarea se debe realizar, el Diagrama de Decisión RCM II las clasifica como se puede apreciar en la Tabla 3.5.

A través de la aplicación del Diagrama de Decisión RCM II se obtienen las Hojas de Decisión RCM II y en la Tabla 3.6 se muestra un extracto de las creadas en este Trabajo de Título. Las Hojas de Decisión RCM II de todos los equipos médicos críticos están en el Anexo 3.3.

Tabla 3.5 Extracto consecuencias y tareas.

Consecuencias y manejo de fallas.	
Consecuencias.	Fallas ocultas.
	Fallas ambientales y para la seguridad.
	Fallas operacionales y no operacionales.
Tareas proactivas.	Tarea a condición.
	Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Tarea de sustitución cíclica.
Acciones a falta de.	Búsqueda de fallas.
	Rediseño.
	Mantenimiento a rotura (correctivo).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6 Extracto Hoja de Decisión RCM II ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			**Sistema: Ventilación.**							**Facilitador:**		
			Subsistema: Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.							**Auditor:**		
Referencia de información			**Evaluación de las consecuencias**				**H1 S1 O1 N1**	**H2 S2 O2 N2**	**H3 S3 O3 N3**	**Tarea Propuesta**	**Intervalo inicial**	**A realizarse por**
F	**FF**	**FM**	**H**	**S**	**E**	**O**						
1	A	1	S				N	N	S	Cambio de fusible pantalla	Semestral	Técnico
1	B	1	N				S			Chequeo estado de batería	Semestral	Técnico
2	A	1	N				S			Inspección desgaste	Semestral	Técnico
2	A	2	N				S			Inspección desgaste	Semestral	Técnico

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Propuesta de mantenimiento a partir de la elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar

Al completar los *procedimientos de mantenimiento* a través de las herramientas de RCM II y haber obtenido los dos documentos centrales de este método: Hojas de Información RCM II y Hojas de Decisión RCM II, estos necesitan ser agrupados de manera que puedan ser programados y organizados sin demasiada dificultad, de manera que puedan ser presentados a la gente que ejecutará las tareas de manera adecuada. Esto puede hacerse de dos maneras:

i. Los procedimientos de mantenimiento de alta frecuencia que serán hechos por los operadores pueden incorporarse directamente a los procedimientos operativos del equipo.
ii. El resto de las rutinas de mantenimiento son agrupadas en planes y listados por separado.

Producto de determinar las necesidades de mantenimiento para cada equipo médico crítico, se establecen las mantenciones necesarias, así como su frecuencia de realización y personal encargado de realizarla. Se pudo así elaborar un Procedimiento Operativo Estándar (POE) para cada equipo médico crítico, en la Tabla 3.7 se muestra un extracto de un POE correspondiente al subsistema "Unidad de anestesia drager primus".

Tabla 3.7. Extracto Procedimiento Operativo Estándar para subsistema unidad de anestesia drager primus

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Revisión motor unidad de anestesia.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento de la unidad.	
3.- Verificar el entorno del motor, cuidando que no existan agentes externos que pudieran dañar o inducir una falla del motor (Ya sea suciedad o humedad).	
Pruebas generales de: Conexiones; Resistencia a la tierra; Capacidad a la tierra; Resistencia entre fases y su desequilibrio; inductancia entre fases y su desequilibrio.	

Fuente: Elaboración Propia.

En el Anexo 3.4 se pueden ver los POE de todos los equipos médicos críticos estudiados en este Trabajo de Título.

El resultado de éste Trabajo de Título es la elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo, el cual será propuesto al Departamento de Ingeniería Biomédica del HMS. La función principal de éste Plan de Mantenimiento Preventivo es estandarizar los procedimientos realizados en la mantención preventiva. El Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto se encuentra en el Anexo 3.6.

3.6 Resumen Capítulo 3: Aplicación de metodología

Al realizar la aplicación de la metodología y sus herramientas complementarias, se detalla en primera instancia la confiabilidad operacional, y que para este Trabajo de Título se emplea la confiabilidad de equipos. Dando lugar así a los indicadores de gestión del mantenimiento, enfocado sólo en los equipos médicos críticos seleccionados; detallando así el tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparar, para poder así determinar la disponibilidad de los equipos médicos críticos seleccionados.

En tercera instancia se realiza la Descripción de sistemas y subsistemas de las áreas críticas del HMS, como por ejemplo *sistema de monitorización* (es aquel que posea equipos médicos críticos de los cuales sea necesario llevar a cabo dicha función principal, estando incluidos los monitores multiparámetro). Siguiendo la misma lógica funcional, se encuentran los siguientes sistemas involucrados: esterilización, ventilación mecánica y anestesia. Y se llama *subsistema* al equipo médico crítico específico que se vincula con uno de los sistemas mencionados anteriormente. Cada uno de estos, tiene una importancia relativa dentro los procesos en los cuales están ubicados.

Posteriormente se identifican las responsabilidades dentro del mantenimiento en el Departamento de Ingeniería Biomédica, ya que es el lugar en el cual se aplicará la metodología RCM II y es de vital importancia que todos los involucrados participen, dando sus opiniones sobre las ideas propuestas.

Y finalmente definidas las responsabilidades se procede a aplicar el método RCM II con las herramientas que esta metodología posee, que son realizar el AMFE (Hoja de Información RCM II), Diagrama de Decisión RCM II (Hoja de Decisión RCM II) y los Procedimientos Operativos Estándar (POE), puesto que en conjunto, al analizar cada una de ellas, se crea un Plan de Mantenimiento Preventivo, que será propuesto al Departamento de Ingeniería Biomédica, perteneciente al HMS.

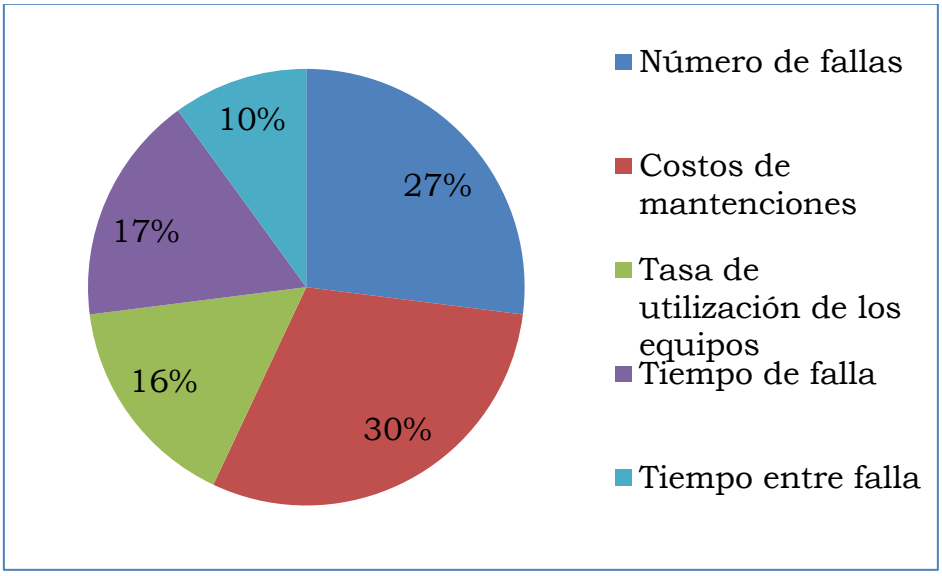
4. Análisis de resultados

En el siguiente capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología seleccionada para desarrollar el Trabajo de Título. Partiendo por selección de los equipos médicos críticos. Luego se realiza la identificación de los modos de fallas, efectos y funciones de los equipos críticos que entrega el AMFE. Seguido del detalle de la clasificación de tareas y planificación de mantenimiento preventivo. Posteriormente se comienza con un análisis de los indicadores de gestión de mantenimiento. Y finalmente la cuantificación de los costos del mantenimiento actual versus el propuesto.

4.1. Selección y análisis de criticidad de equipos

Para poder determinar cuáles son los equipos médicos críticos que necesitan ser estudiados en este Trabajo de Título, fue necesario realizar una selección a través de encuesta a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica, donde los criterios consultados fueron si se debía elegir los equipos según: número de fallas, costos de mantenciones, tasa de utilización de equipos, tiempo de falla o tiempo entre fallas. La selección fue de acuerdo a los costos de mantenciones y número de fallas. El detalle de la selección de expertos, se puede ver en la Figura 4.1.

Figura 4.1 Selección de equipos a través de encuesta a expertos.



Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la elección de equipos médicos críticos, dentro de la descripción del problema se define disponibilidad, y para ello se realiza un análisis de la criticidad de los equipos médicos críticos.

4.2. Identificación de los modos de falla, efectos y funciones de los equipos médicos críticos

Para identificar los modos de falla, efectos y funciones de los equipos médicos críticos es necesario completar la Hoja de Información RCM II, en donde se identifica la función de cada equipo médico crítico, se clasifica la falla funcional, luego el modo de falla y pasando finalmente a determinar mediante este análisis los efectos de cada falla, asociados con cada modo de falla.

Para el monitor multiparámetro se presentan fallas en el encendido de pantalla, medición incorrecta o ausencia de estas mediciones, para algunos parámetros como la saturación de oxígeno. Lo cual impide ejecutar la principal función del equipo médico, la cual es la monitorización de estos parámetros, entregando datos erróneos, impidiendo visualización de registros de un paciente, y provocando así, la dificultad en la atención médica.

Para la unidad de anestesia ocurren fallas dado que es incapaz de entregar el gas anestésico y realiza una medición incorrecta de los parámetros de funcionamiento. Lo que provoca que el equipo médico no sea capaz de administrar anestesia al paciente, dificultando el control sobre los flujos de los gases anestésicos que éste necesita.

Para la unidad esterilizadora por vapor de agua se observa que presenta problemas en las etapas del ciclo de esterilización, fugas de vapor y problemas con el funcionamiento de la puerta. Lo que ocasiona que no se cumpla con el ciclo completo de esterilización, y así los instrumentales no quedan disponibles para ser utilizados en cirugías ni procedimientos médicos, ya que se realiza deficientemente el proceso de esterilización.

Para el ventilador de cuidados intensivos se presentan fallas en que la pantalla no enciende, las baterías están en mal estado, falla en mezcla de gases, mediciones incorrectas o nulas de flujo. Lo que provoca que no se pueda entregar ventilación asistida al paciente, como tampoco una correcta

monitorización de los parámetros de ventilación, impidiendo así la estabilidad respiratoria del paciente.

El trabajo de poder haber identificado los modos de falla, efectos y funciones de los equipos médicos críticos, permite saber el tipo de tarea de mantención a realizar para cada equipo médico crítico.

4.3. Clasificación de tareas y planificación de mantenimiento

En la última parte de la aplicación de RCM II, se realiza un Procedimiento Operacional Estándar (POE) para cada equipo médico crítico seleccionado, en donde se proponen mantenciones de acuerdo a intervalos de tiempo como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Frecuencia de tareas consolidadas.

Intervalos de las tareas de la Hoja de Decisión RCM II.	Intervalos en los planes de mantenimiento.
Diario	Diario
Semanal 2 semanas	Semanal.
Mensual 6 semanas 2 meses	Mensual
3 meses 4 meses	3 meses
6 meses 8 meses	6 meses
12 meses	12 meses

Fuente: Adaptación propia [MOUBRAY04].

Al aplicar el Diagrama de Decisión en la Hoja de Decisión RCM II (descrita como herramienta de la metodología RCM II en el Capítulo 2), se puede determinar qué tareas se realizarán en el plan de mantenimiento, las cuales son ordenadas de acuerdo al tiempo de ejecución en el POE. Y en conjunto permite realizar el Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos médicos críticos seleccionados. El plan de mantenimiento propuesto se encuentra en el Anexo 3.6.

4.4. Análisis de indicadores de gestión de mantenimiento

El Plan de Mantenimiento Preventivo que da como resultado de la aplicación de la metodología RCM II y sus herramientas complementarias, entrega información relevante para realizar una comparación entre la situación actual de mantenimiento y la propuesta por este Trabajo de Título.

El plan de mantenimiento define cantidades de mantenciones preventivas, las cuales son valorizadas en costos y tiempo, al igual que las mantenciones actuales. De esta manera es posible comparar los Indicadores de gestión de mantenimiento, para así validar el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto.

Una vez simulado el Plan de Mantenimiento Preventivo, los valores del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) se vieron modificados, al aumentar el tiempo medio entre fallas y al disminuir el tiempo medio de reparación, se produjo un aumento en la disponibilidad, como se muestra en la Tabla 4.2. La confección de la Tabla 4.2 se realizó de acuerdo a las ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3 descritas en el Capítulo 2.

Tabla 4.2 Disponibilidad equipos seleccionados.

Equipos	Disponibilidad actual 2015 (%)	Disponibilidad plan propuesto (%)
Monitor multiparámetro	89,45	99,89
Unidad de anestesia	87,23	99,93
Unidad esterilizadora por vapor de agua	76,79	99,41
Ventilador para cuidados intensivos	82,55	99,83

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de la simulación del Plan de Mantenimiento Preventivo, se puedo determinar que los equipos médicos críticos a trabajar tienen una “excelente” tasa de disponibilidad y por ende una excelente operatividad, de acuerdo los rangos descritos por el HMS y que se encuentran disponibles en la Tabla 1.14 descrita en el Capítulo 1 de este Trabajo de Título.

4.5. Cuantificación de los costos

Actualmente el tipo de plan de mantenimiento preponderante en el HMS es el mantenimiento correctivo, puesto que el mantenimiento preventivo no es confiable debido a que las fallas presentes en el último período no son previsibles en este tipo de mantenimiento. Lo que conlleva a tener fallas inesperadas, ocasionando que tengan que ser reparadas de forma inmediata, puesto que los equipos médicos críticos tienen que estar disponibles. Por ello que se hace necesario establecer un plan de mantenimiento en el cual se pueda determinar cuándo se deben realizar cambios de piezas del equipo u otro componente, que le permita estar operando cuando se necesite. Así como también realizar tareas de mantenimiento, que mantengan el equipo médico crítico en operación.

Es así como se puede ver que los costos de mantenimiento correctivo representan el 89% de los costos totales de manteniendo, superando ampliamente a los costos de mantenimiento preventivo, lo que provoca que el Departamento de Ingeniería Biomédica, tenga una mayor incurrencia en mantención correctiva, como se muestra en la Tabla 4.3.

Ya definidos los tiempos y tareas de mantenimiento a realizar, mediante la aplicación de la metodología seleccionada RCM II y sus herramientas complementarias, se pueden determinar los tiempos y el costo que tomará la realización de las tareas para las mantenciones de cada equipo médico crítico, ya sean de inspección, reacondicionamiento cíclico o sustitución cíclica.

La manera escogida para comparar el Plan de Manteniendo Preventivo propuesto con el actual, es realizar una simulación, en la que la propuesta será puesta en marcha como si se hubiese ejecutado en el último periodo analizado (2015); obteniendo la periodicidad que necesita cada equipo médico crítico, integrando las actividades preventivas expuestas en los POE.

Una vez establecidas las actividades preventivas expuestas, se procedió a eliminar aquellas mantenciones correctivas que sucedieron durante el año 2015 y que están contempladas en el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto para ser minimizadas, no así aquellas mantenciones correctivas

que no están presentes en los POE, ya que estas se dejarán como fallas inesperadas y se sumarán como costo de mantenciones correctivas.

Una vez simulado el Plan de Manteniendo Preventivo propuesto, este entregó los costos de mantenimiento preventivo y costos de mantenimiento correctivo para el período seleccionado.

En el Anexo 3.5 se detallan aquellos costos que construyen la realización de una simulación para posterior comparación con la situación actual.

En la Tabla 4.3 se puede observar los costos actuales comparados con los costos del Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto.

Tabla 4.3 Costos de mantención plan actual v/s Costos de mantención plan propuesto.

Mantenimiento	Costos plan actual ($)	%	Costos plan propuesto ($)	%
Preventivo	6.262.752	11	22.230.972	49
Correctivo	51.564.193	89	23.661.350	51
Total	**57.828.945**	**100**	**45.892.322**	**100**

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Resumen Capítulo 4: Análisis de resultados

En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos a lo largo de este Trabajo de Título, como lo fue en primera instancia la selección de equipos médicos críticos, a partir de una encuesta realizada a los expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica.

Luego a través de la identificación de los modos de fallas, efectos y funciones de los equipos médicos críticos se completan las Hojas de Información RCM II, para las cuales fue necesario identificar la función, clasificar las fallas funcionales, ver el modo de falla y finalmente identificar el efecto que esa falla puede tener en el equipo médico crítico. Así se identificaron todas las variables de cada uno de los equipos médicos críticos que son estudiados en este Trabajo de Título.

Posteriormente al aplicar el Diagrama de Decisión en la Hoja de Decisión RCM II, se determina qué tareas se realizarán, el la responsable, frecuencia y paso a paso para completar la operación en el plan de mantenimiento, las cuales son ordenadas de acuerdo al tiempo de ejecución en los Procedimientos Operativos Estándar. Que en conjunto permite crear el Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos médicos críticos seleccionados.

Una vez creado el Plan de Mantenimiento Preventivo se desarrollan los indicadores de gestión de mantenimiento, los cuales permiten establecer parámetros de comparación, en específico la disponibilidad.

Finalmente para poner a prueba la metodología utilizada, se logra identificar el comportamiento mediante una simulación de este plan propuesto, el cual arroja resultados ventajosos sobre la actual situación de mantenimiento utilizado por el HMS, donde se logra llevar a los equipos médicos críticos seleccionados a niveles de disponibilidad superior a los actuales y catalogados como “Excelente”. Sin embargo, no es el único aspecto a considerar ya que por medio de asignación de costos monetarios a cada procedimiento del plan propuesto se logró llegar a que los costos asociados a la implementación de este nuevo plan, estarían por debajo de los que se llegan actualmente a ocupar. Por lo que se considera que el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto logra dar solución al problema principal, además de otorgar una disminución en los costos de mantenimiento, pasando de aquellos correctivos a preventivos.

5. Conclusiones, recomendaciones y sugerencias

En el presente capítulo se indican una serie de conclusiones, recomendaciones y sugerencias para el funcionamiento del mantenimiento de equipos críticos seleccionados en el HMS.

5.1. Conclusiones

En este Trabajo de Título se ha realizado una propuesta basada en la metodología RCM II (la implementación no está contemplada), la cual incluye el análisis de equipos médicos a estudiar, de acuerdo a sus fallas y efectos, las cuales se han visto aumentadas provocando que sean solucionadas mediante mantenciones correctivas y que consecuencialmente hacen disminuir la disponibilidad de los equipos médicos críticos. Esto genera, a su vez una pérdida de confianza en la operatividad al momento de utilizarlos. Este trabajo y su aplicación busca disminuir estas mantenciones correctivas por medio de una planificación metódica, a través de los análisis de fallas, sus modos y consecuencias, para así prevenir o encontrar las que no sean visibles para los operarios de los equipos médicos críticos del HMS.

Se diagnostica la situación actual del área de mantenimiento del HMS y se concluye que el plan actual no es el adecuado, puesto que los equipos médicos no están con la disponibilidad necesaria con la cual deben operar (de acuerdo a Tabla 1.14).

Se identifican los equipos médicos en las áreas críticas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico para delimitar el objeto de estudio del presente Trabajo de Título, utilizando análisis de criticidad mediante encuesta a expertos del Departamento de Ingeniería Biomédica. Esta encuesta determina que los principales criterios para elegir equipos médicos como críticos son el número de fallas y los costos de mantenimiento. Y se concluye que los equipos médicos críticos para estudiar son: monitor multiparámetro, unidad de anestesia, unidad esterilizadora por vapor de agua y ventilador para cuidados intensivos.

Debido al elevado número de fallas y costos del mantenimiento correctivo que ha incurrido el HMS, ha provocado que el tiempo de respuesta para tener los equipos médicos críticos operativos se vuelva excesivamente extenso (llegando incluso a los 60 días de respuesta), haciendo disminuir la propia disponibilidad de los servicios dado que estos equipos dejan de estar disponibles en sí, evidenciando de esta forma el problema central identificado.

Utilizando la información que existe por parte del HMS para analizar cada uno de los equipos médicos críticos seleccionados y que en gran medida se encuentra consolidada en los historiales de fallas, la metodología seleccionada para resolver el problema fue RCM II. Metodología que permite identificar fallas, clasificar fallas, falencias en el proceso de mantenimiento, involucrar a todos los actores del proceso, reducir mantenimientos innecesarios y utilizar la información disponible en el HMS.

Se propone entonces un Plan de Mantenimiento Preventivo a los equipos médicos críticos seleccionados a través de la metodología RCM II, la que cuenta con dos herramientas: AMFE y Diagrama de Decisión; que permitieron la creación de las Hojas de Información RCM II y Hojas de Decisión RCM II respectivamente, y que en conjunto permiten la elaboración de los Procedimientos Operativos Estándar, documentos incluidos en el plan propuesto.

Se compara mediante indicadores de mantenimiento la situación actual con la propuesta en el presente Trabajo de Título a través de una simulación, en donde los datos correspondientes al año 2015 se utilizaron como base para aplicar el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto. Como resultado de esta simulación se obtuvo:

- Aumento en la cantidad de mantenciones preventivas.
- Disminución en la cantidad mantenciones correctivas.
- Disminución en el tiempo de respuesta a cada falla.
- Aumento en la disponibilidad de los equipos médicos críticos (véase Tabla 5.1) quienes al mismo tiempo aumentan la disponibilidad de los servicios en las áreas de Unidad de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico.
- Disminución de los costos totales, a través de una reducción en costos de mantención correctiva y un aumento en los costos de mantención preventiva, como se puede apreciar en la Tabla 5.2.

Tabla 5.1 Disponibilidad equipos seleccionados.

Equipos	Disponibilidad actual 2015 (%)	Disponibilidad plan propuesto (%)
Monitor multiparámetro	89,45	99,89
Unidad de anestesia	87,23	99,93
Unidad esterilizadora por vapor de agua	76,79	99,41
Ventilador para cuidados intensivos	82,55	99,83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.2 Costos de mantención actual v/s Costos de mantención plan propuesto.

Mantenimiento	Costos plan actual ($)	Costos plan propuesto ($)
Preventivo	6.262.752	22.230.972
Correctivo	51.564.193	23.661.350
Total	**57.828.945**	**45.892.322**

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye que el Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto de ser aplicado es mejor que la situación actual, debido a que la orientación que toma este plan se basa en tareas preventivas que buscan reducir fallas específicas y frecuentes en el funcionamiento de los equipos médicos críticos, caso que en la situación actual no se realiza, por lo tanto la implementación de este documento involucraría tener una visión más detallada de las funcionalidades de los equipos y los posibles modos de fallas que pudiesen ser controlado por medio de las tareas a condición y las tareas cíclicas, como sustituciones y reacondicionamiento.

5.2. Recomendaciones y sugerencias

La propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos médicos críticos del Área de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico, pretende como resultado que la implementación entregue confiabilidad, disminución en las fallas y aumento en la disponibilidad de los equipos.

Dados los beneficios que entrega la aplicación de la metodología RCM II en relación al cambio que existiría en la confiabilidad operacional de los equipos que se integren, realizamos las siguientes recomendaciones al Departamento de Ingeniería Biomédica del HMS:

- Seguir invirtiendo ya sea en capital humano como en herramientas para una correcta gestión de los activos involucrados, vale decir entonces, a medida que se inyectan recursos para el desarrollo y control de este método.

- Asegurar tener una información detallada sobre las causas y consecuencias que generan las fallas, además de datos fidedignos como lo son los tiempos para los indicadores de gestión del mantenimiento.

- Incorporar mejoras del plan de mantenimiento propuesto permitirá crear un registro de las intervenciones, ya sean correctivas, preventivas u otras, en órdenes de trabajo que presenten los tiempos incurridos para realizar cada una de estas actividades, información crucial para el desarrollo y control de indicadores.

- La propuesta solo involucra a cuatro equipos de las tres áreas críticas del HMS, demostrando una mejora ya sea en términos de costos y disponibilidad de los equipos médicos. Lo cual demuestra una positiva ventaja para que el hospital transforme esté de estudio, a uno que abarque la mayoría de los equipos médicos presentes en el HMS.

- Integrar esta metodología y crear nueva información, así el HMS podría comenzar a elaborar indicadores propios de esta área, transformando el RCM II a los requerimientos específicos de un Hospital.

- Llevar a cabo actividades de mantenimiento propuesta con los tiempos correspondientes recomendados puesto que resultará un aumento en la disponibilidad de los equipos y disminución en las fallas de los mismos.

El hospital en sí posee un plan de mantenimiento preventivo tal, que están más orientados al mantenimiento correctivo. Lo que indica una desactualización en el ámbito de la gestión de los activos. Se debe pasar a la etapa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, quien toma dentro de sí el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Lo que involucra altos costos de inversión inicial, sin embargo aumentaría la confiabilidad de los procesos.

Este plan recomienda un programa a la medida de los equipos, y que pueden ser ajustados a algún proveedor externo que pueda satisfacer esta necesidad.

Bibliografía

[COSALE14], Comando de salud. Memoria ejército 2014. Santiago de Chile, 2014. (Disponible vía web en http://www.HOSMIL.cl)

[JURICIC 09] Historia Hospital Militar "General Luis Brieba Aran". Santiago, 14 de Octubre del 2009. (Disponible vía web en http://www.HOSMIL.cl)

[PROCEDIMIENTO99991/03], José M. López Demuth. Procedimientos para la adquisición de equipos médicos. HMS, 30 de Julio de 2003. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROCEMINIENTO99991/04], José M. López Demuth. Reparación de equipos médicos con mantenimiento contratado. HMS, 1 de Octubre de 2003. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROCEDIMIENTO99991/05], José M. López Demuth. Reparación de equipos médicos sin mantenimiento contratado. HMS, 23 de Diciembre de 2003. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROTOCOLO51140/04/02], Dr. Antonio Hernández. Criterios de ingreso y egreso a Unidad del Paciente Crítico. HMS, 11 de Noviembre de 2013. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROTOCOLO51140/02/01], Nibaldo Zamorano. Criterios de ingreso y egreso de pacientes a UCI Coronaria. HMS, 8 de Octubre de 2013. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROTOCOLO51310/01/01], González&Ibacache. Pausas de Seguridad quirúrgica. HMS, 9 de Diciembre de 2011. (Disponible vía web en Reservado INTRANET HMS)

[PROTOCOLO99991/06] José M. López Demuth. Determinación factor de riesgo en equipos médicos. HMS, 7 de Marzo de 2005. (Disponible víaweb en Reservado INTRANET HMS)

[MOUBRAY04], John Moubray. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Aladon LLC, 2004.

[AMÉNDOLA06], Améndola, Luis José. Gestión de Proyectos de Activos Industriales. Valencia de España, 2006.

[PEREZ03] Carlos Mario Perez J. Mantenimiento centrado en confiabilidad (adaptado) Soporte&Cia .ltda 10 de Septiembre 2010) http://www.soporteycia.com.co

[ESPINOZA15] Fernando Espinoza Fuentes Indicadores de eficiencia para el mantenimiento Charlas Gestión Mantenimiento 5 de Noviembre 2015 http://campuscurico.utalca.cl/~fespinos/INDICADORES DE EFICIENCIA PARA MANTENIMIENTO.pdf

[HERRERO11], Pablo Herrero. Las 5 "M" como método para localizar la causa raíz de un problema. Recurso Web, 5 de Marzo de 2011. (Disponible vía web en http://blog.sage.es/innovacion-tecnologia/las-5-m-como-metodo-para-localizar-la-causa-raiz-de-un-problema/)

[MINISTERIOSALUD12], Mesa de Trabajo Estándar de Información de Pabellones. Propuesta de Estándar de Información para Proceso Quirúrgico. Recurso Web, 5 de Septiembre 2012. (Disponible vía web en http://www.salud-e.cl/wp-content/uploads/2013/10/Propuesta+Esta%CC%81ndares+Informacio%CC%81n+Proceso+Quiru%CC%81rgico+20120905+v1.01.pdf)

[GEO14], Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto. Geo Tutoriales. Recurso Web, 31 de Diciembre de 2014. (Disponible vía web en http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/)

[LUENGAS09], Sergio Luengas Amaya. Seguridad del paciente: conceptos y análisis de eventos adversos. Recurso Web, 23 de Noviembre de 2015. (Disponible vía web en http://www.cgh.org.co/imagenes/calidad1.pdf)

[Salem&Pérez&Henning&Uherek&Schultz&Butte&González00], Christian Salem Z, Juan Antonio Pérez P, Enrique Henning L, Fernando Uherek P, Carlos Schultz O, Internos Jean Michel Butte B y Patricio González F.. Heridas. Conceptos generales. ARTÍCULO DOCENTE, 1 de Diciembre de 2000. (Disponible vía web en http://mingaonline.uach.cl/pdf/cuadcir/v14n1/art15.pdf)

[CUARTAS08], Luis Alberto Cuartas Pérez. ¿Qué es el mantenimiento?. Universidad Nacional de Colombia, 2008. (Disponible vía web en http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf)

ANEXOS.

Anexo 1.1. Antecedentes extras del HMS

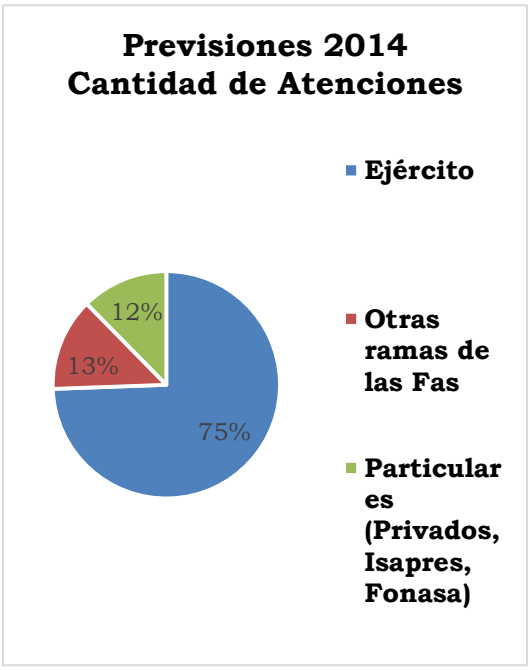
En el presente anexo se puede apreciar la cantidad de usuarios que ha tenido el HMS durante los años 2012, 2013 y 2014, de manera de graficar desde donde provienen cada uno de los pacientes.

Memoria	2012
Previsión	Cantidad de Atenciones
Ejército	553.709
Capredena	78.721
Armada	20.762
Dipreca	3.287
Fach	5.075
Fonasa	51.512
Isapre	24.469
Privado	14.819
Total	752.354

Memoria	2013
Previsión	Cantidad de Atenciones
Ejército	563.516
Capredena	71.979
Fonasa	61.150
Institucionales	23.851
Isapres y Particulares	34.010
Total	754.506

Memoria	2014
Previsión	Cantidad de Atenciones
Ejército	834.441
Otras ramas de las Fas	148.140
Particulares (Privados, Isapres, Fonasa)	138.573
Total	1.121.154

De acuerdo a estas Tablas se puede mencionar gráficamente, de acuerdo al año 2014, el cual considera a sus pacientes de manera más reducida, para poder ejemplificar en un gráfico.

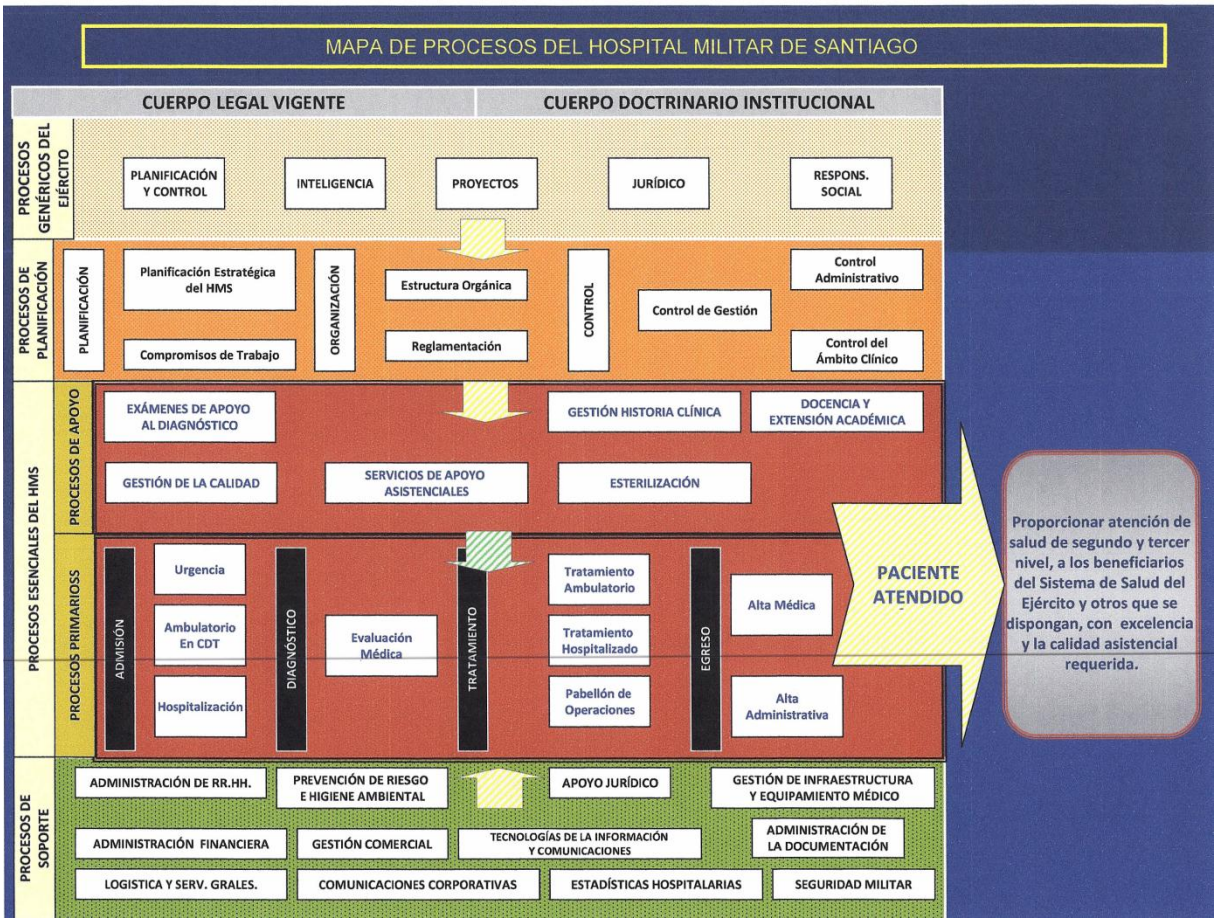


Donde el 75% de quienes acuden al Hospital, representan personal del Ejército Activo/Pasivo o sus cargas familiares.

Mientras que para otras ramas de las FFAA solo representan un 13%.

Y para pacientes particulares, ya sea privado, Isapres o FONASA, llegan hasta un 12%.

Mapa de proceso del Hospital Militar de Santiago



Anexo 1.2. Descripción de áreas críticas

1.2.1. Área de Esterilización

Área Sucia

Es aquella donde se realiza la recepción de la totalidad de los productos requeridos por los distintos servicios del hospital. Aquí llega tanto instrumental quirúrgico, equipos de curación y ropa proveniente desde lavandería, entre otros.

Es en este momento donde se dispone de Detergentes enzimáticos, alcalinos bases y alcalinos ácidos, tres diferentes insumos usados para el lavado de los productos que se procesan en esta área.

Los carros que trasladan el instrumental a ser procesado, también son lavados con líquido desinfectante.

Finalmente se disponen todos (instrumental quirúrgico, equipos de curación y ropa) al área de Inspección y armado.

Área Limpia

Se inspecciona el 100% de los productos a procesar con el fin de dejar fuera aquellos que no están aptos para pasar a las áreas respectivas donde dispondrán su uso (Ej.: Instrumental Quirúrgico en mal estado, como pinzas o tijeras que no funcionen, éstas detienen el proceso en pabellón sin poder ejecutar la actividad).

Luego procede el armado de paquetes instrumentales, los cuales están preparados según las características de cada servicio donde se hará llegar.

Posteriormente al armado pasa por un autoclave a una temperatura de 134°C de vapor húmedo, el cual es alimentado por una caldera dispuesta en el mismo hospital. Entonces solo después de esto se procede a cerrar los paquetes de instrumental para llevarlos al área estéril.

Área estéril

Aquí se almacena y se despacha según el requerimiento de cada servicio.

Este proceso de esterilización es de suma importancia para el proceso productivo del hospital ya que es necesario para evitar las IAAS y el correcto desarrollo de cada actividad.

1.2.2. Unidad del Paciente Crítico

Unidad de Cuidados Intensivos Adultos (UCI Adultos)

La UCI atiende a pacientes con patologías graves, de alta complejidad y que ponen en riesgo la vida del paciente, los que requieren de cuidados y monitoreo hemodinámico invasivo. Esta unidad posee el equipamiento médico y tecnológico del más alto nivel para atender durante las 24 horas del día, en forma continua, oportuna y permanente.

Dado que todas las Unidades de Cuidados Intensivos o de Pacientes críticos aceptan el mismo tipo de enfermos, cada una de ellas debiera tener sus propias normas de admisión y egreso. Los pacientes que requieren terapia intensiva, tienen prioridad sobre aquellos que requieren solamente monitorización, así como los que en su patología de base tienen un bajo índice de recuperabilidad.

Es responsabilidad del médico residente evaluar las solicitudes de ingreso del paciente a una Unidad de Cuidados Intensivos, como asimismo, recibirlo sin demora cuando cumpla con los criterios de ingreso y exista disponibilidad de camas en la Unidad. Se consideran pacientes candidatos a ingresar a UCI, aquellos que cumplan con las condiciones que se señalan para definir al paciente crítico.

Para facilitar la admisión de pacientes críticos a estas unidades, se han establecido los siguientes criterios de prioridad para el ingreso de los pacientes:

- Prioridad 1: Incluye pacientes críticos inestables, que necesitan tratamiento intensivo (ventilación mecánica, monitorización hemodinámica, infusión continua de drogas vaso activas)
- Prioridad 2: Incluye pacientes con una enfermedad crónica, que presentan una complicación aguda o severa reversible y que se benefician con los procedimientos practicados en la UCI.
- Prioridad 3: Incluye pacientes que al momento de la admisión no se encuentran en situación crítica, pero que requieran los servicios de monitorización de una UCI, y aquellos que se encuentran en riesgo de necesitar en el corto plazo tratamiento intensivo. Con el desarrollo de Intermedios adosados a la UCI, con técnicas de monitoreo no invasivo, parte de estos pacientes pueden ser ingresados a Intermedio.

Para ingresar un paciente a la UCI, es requisito fundamental que sea previamente evaluado por el médico residente de la Unidad, en lo posible en su lugar de origen. En su defecto, a través de una conversación personal, o excepcionalmente telefónica con el médico tratante, cuando el paciente se encuentre fuera del recinto hospitalario, para determinar con exactitud si cumple con los requisitos de ingreso.

De lo anterior se concluye que solamente el médico residente de la UCI está facultado para decidir el ingreso de un paciente en la Unidad, constituyendo la única excepción aquellos que son autorizados por el Jefe de la Unidad y que deben ser analizados con el Residente de UCI.

Criterios de egreso de UCI

- Los pacientes catalogados en prioridad 1 para ingresar a la UCI, serán dados de alta cuando ya no requieran de tratamiento intensivo por más tiempo o cuando la terapia haya fracasado, el pronóstico a corto plazo sea pobre y no tengan posibilidades de recuperación o beneficio con la terapia intensiva.
- Los pacientes con prioridad 2, egresan cuando cesa la necesidad de tratamiento intensivo, lo que podrá ser aún más precoz si el paciente no tiene posibilidades de recuperación o no se beneficia con la terapia intensiva. Debido a que estos pacientes requieren un cuidado continuo y a veces especializado, deberán tomarse las precauciones del caso, previo al traslado a otro servicio.

- Los pacientes con prioridad 3, serán egresados cuando la monitorización no determine un tratamiento intensivo y la indicación desaparezca.
-

Unidad de Tratamiento Intermedio (UTI)

La UTI atiende a pacientes con patologías graves, de alta complejidad y que ponen en riesgo la vida del paciente, los que requieren de tratamiento y monitoreo hemodinámico invasivo. Esta unidad posee el equipamiento médico y tecnológico del más alto nivel para atender durante las 24 horas del día, en forma continua, oportuna y permanente.

Para facilitar la admisión de pacientes críticos a estas unidades, se han establecido los siguientes criterios de prioridad para el ingreso de los pacientes:

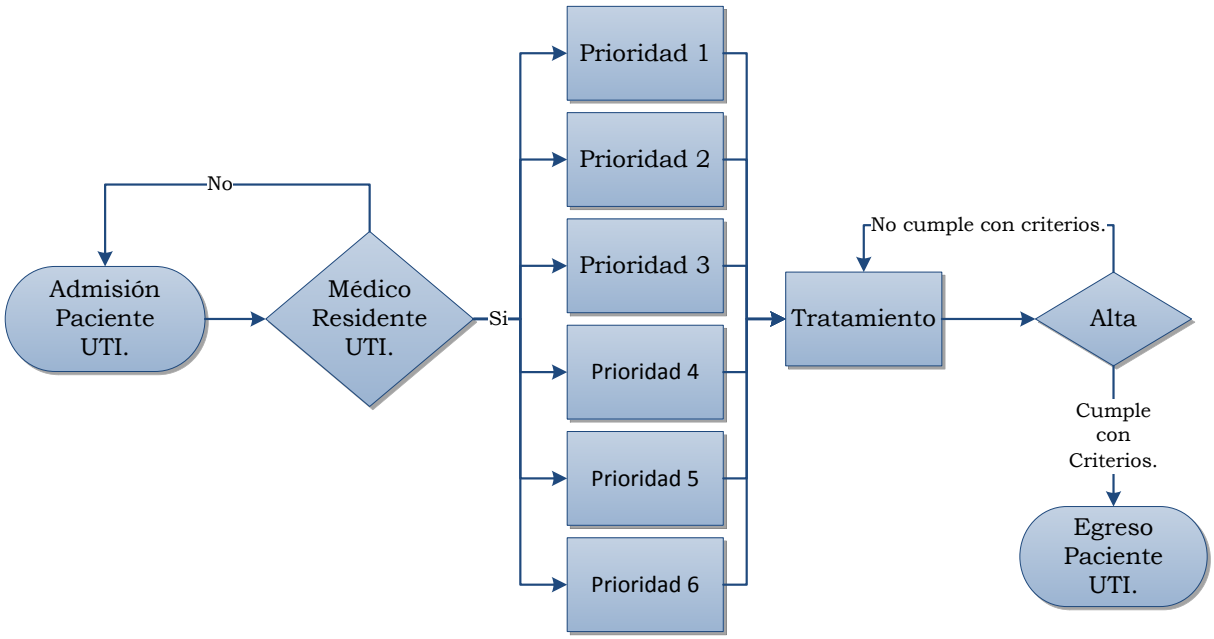
- Prioridad 1: Pacientes con enfermedades agudas o crónicas reagudizadas, que requieran de cuidados de mediana complejidad o ventilación mecánica no invasiva, y que sean potencialmente recuperables.
- Prioridad 2: Pacientes trasladados de una UCI, una vez superado el período crítico.
- Prioridad 3: Ingresarán a la UTI, todos aquellos pacientes que lleguen trasladados vía aérea, que vengan con un médico y con indicación de ser ingresados a Unidad de Tratamiento Intermedio, los que no necesitarán pasar por la guardia médica[6], salvo para el trámite administrativo.
- Prioridad 4: Pacientes sometidos a cirugía de gran envergadura o prolongada, que requieran vigilancia en una unidad de cuidados avanzados y con grandes cambios de volumen.
- Prioridad 5: Pacientes que presenten alguna complicación anestésica o quirúrgica, que requiera de vigilancia médica estricta en el postoperatorio.
- Prioridad 6: Pacientes de urgencia que deban ser estabilizados previo a realizar cirugía, solicitado por cirujano y/o anestesiólogo (la indicación de ingreso a UTI prescrita requiere cumplir con la disponibilidad de camas en la Unidad, y consenso)

[6] Se refiere al servicio de urgencia del HMS.

Criterios Egreso de UTI

- Pacientes que ya no necesitan cuidados de mediana complejidad, debiendo ser derivados a un servicio clínico, o que estén en condiciones de ser dados de alta.
- Los intentos de suicidio que están estables, podrán egresar una vez que el psiquiatra interconsultor lo haya evaluado y apruebe su traslado o alta. En su defecto, un familiar directo podrá solicitar el alta, lo que deberá quedar registrado en la ficha clínica.
- Pacientes post-operados recibidos por falta de disponibilidad de camas en recuperación, o a solicitud de cirujano o anestesista, que ya no requieren observación y monitoreo estricto.
- Todos aquellos pacientes, en que por su condición clínica y/o patología de base, se ha limitado el esfuerzo terapéutico.

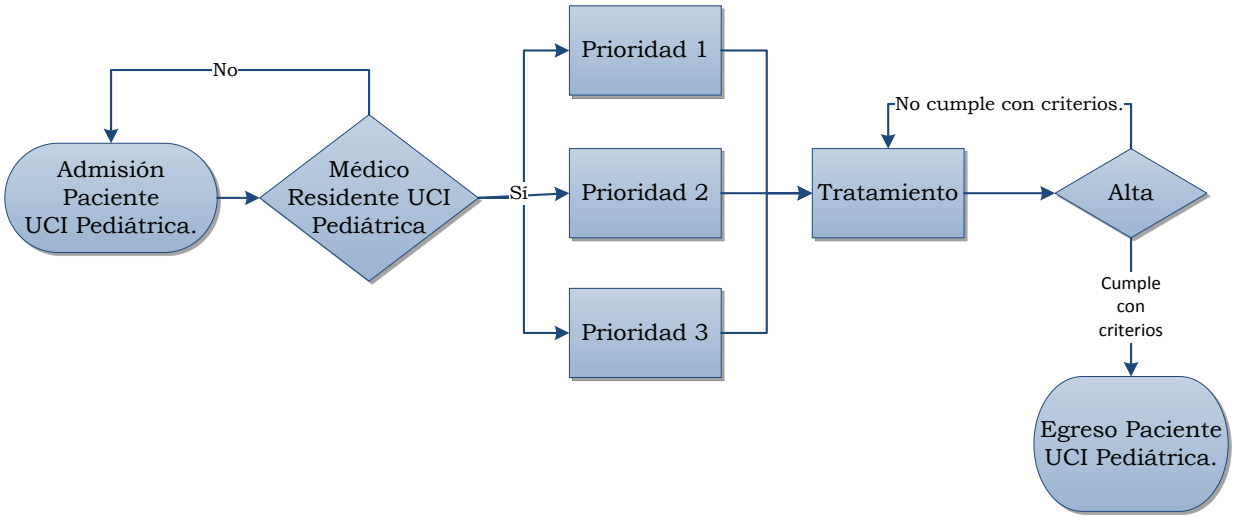
Diagrama de Flujo UTI.



Fuente: Elaboración Propia.

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCI Pediátrica)

Diagrama de Flujo de UCI Pediátrica.



Fuente: Elaboración Propia.

Unidad de Cuidados Intensivos Coronarios (UCI Coronaria)

La Unidad de Cuidados Intensivos Cardiovasculares, se constituye como un servicio dependiente del Departamento de Enfermedades Cardiovasculares en Abril 2009.

Criterios de Ingreso de Pacientes a UCI Coronaria

Todo paciente potencialmente recuperable, que requiera cuidados intensivos cardiovasculares tales como: monitoreo hemodinámico invasivo y no invasivo, asistencia circulatoria, marcapasos transitorio o definitivo, ventilación mecánica invasiva y no invasiva, cuidados críticos postoperatorios cardiovasculares o específicos a enfermos cardiópatas sometidos a cirugía, trombolisis o anticoagulación endovenosa, y en general, cuidados médicos y de enfermería especializados.

Recibe pacientes provenientes de:

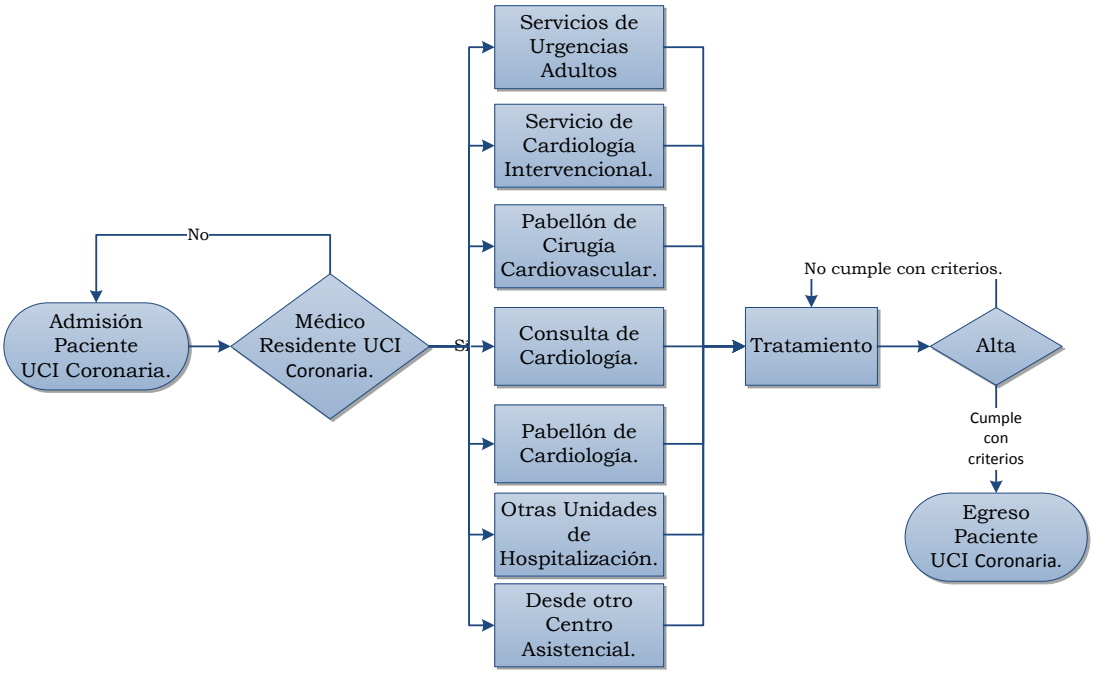
- Servicio Urgencia Adultos: Previa evaluación del médico residente de la UCI Cardiovascular, en ese Servicio.
- Servicio de Cardiología Intervencional: Solicitando el cupo al residente de la UCI Cardiovascular.

- Pabellón de Cirugía Cardiovascular: Solicitando el cupo al residente de la UCI Cardiovascular.
- Consulta de Cardiología: Solicitando el cupo al residente de la UCI Cardiovascular.
- Pabellón de Angiografía: Solicitando el cupo al residente de la UCI Cardiovascular.
- Otras Unidades de Hospitalización del Hospital: Previa evaluación del enfermo por el médico residente de la UCI Cardiovascular, en el Servicio donde se encuentra.
- Desde otro Centro Asistencial: Previa solicitud del cupo por el médico a cargo del paciente y con la autorización de Admisión del Hospital Militar, para acreditarla situación previsional del enfermo.

Criterios de Egreso de Pacientes a UCI Cardiovascular

Una vez superado el estado crítico y con estabilidad hemodinámica y ventiladora. Una vez que la condición que motivó su ingreso esté resuelta y su traslado a una unidad de menor complejidad no esté asociado a riesgos para el paciente.

Diagrama de Flujo UCI Coronaria.



Fuente: Elaboración Propia.

1.2.3. Proceso Pabellón Quirúrgico.

Solicitud de Pabellón

Corresponde a la solicitud efectuada por el cirujano responsable para la realización de determinada(s) cirugía(s) indicada(s) a un paciente. Al cirujano responsable se le tiene que verificar que estén todos los recursos disponibles para la operación.

Gestión de Recursos

Corresponde a la gestión de los recursos requeridos en el pabellón según la solicitud de pabellón emitida. En donde se tiene que verificar que esté todo lo necesario para la operación. En general se tiene que disponer para una cirugía: mesa quirúrgica (en HMS utilizan Maquet), Lámpara LED (luz fría), Máquina de Anestesia, Maquina de control de signos vitales, Mesa de medicamentos, Mesa de arsenalería y Monitor.

Preparación del Paciente

Antes del ingreso a pabellón, el coordinador de la pausa repasará verbalmente con el paciente (cuando sea posible) que se ha confirmado su identidad, la localización de la cirugía y el procedimiento a realizar, como también que se ha obtenido el consentimiento informado quirúrgico y anestésico para la intervención. El coordinador confirmará visualmente que el sitio de la intervención ha sido marcado (si procede), que presente brazalete de identificación según protocolo vigente y confirmará la realización de la evaluación preanestésica y las alergias.

Intervención Quirúrgica

El Cirujano justo antes de que realice la incisión en la piel, la persona que coordina la pausa de seguridad, u otro miembro del equipo, pedirá a todos en el quirófano que paren, y confirma a viva voz verbalmente el nombre del paciente, la cirugía a realizar, y su localización como también la administración de profilaxis antibiótica. Si esta no se hubiese administrado, debe realizarse antes de la incisión. Debe confirmar además donde realizara el post operatorio inmediato el paciente.

La Arsenalera repasa con la enfermera el resultado de los indicadores de esterilidad, aspectos del equipamiento e instrumental, como también el correcto recuento de gasas y compresas. Verificando la presencia y estado de los implantes, si los hubiese.

El Anestesista debe asegurarse que tiene todo lo requerido para el acto quirúrgico como también revisa detalladamente los fármacos a administrar durante la operación.

Post-Intervención

Este paso ha de completarse antes de retirar el campo estéril y de que el cirujano abandone el quirófano. La enfermera junto al equipo médico deben revisar y confirmar el correcto etiquetado de las biopsias según indica la norma del Servicio de Anatomía Patológica, el recuento de gasas y compresas, instrumental, corto punzantes. Notificar si hubo dificultades con algún equipo o con algún insumo usado durante la cirugía.

Finalmente la enfermera junto con el equipo médico traslada al paciente al servicio previamente coordinado (UCI, UTI, sala, recuperación), realizando una inspección visual del paciente expuesto dando cuenta de su condición, existencia de drenajes u otros hitos importantes.

Anexo 1.3. Encuesta para Selección de equipos

Ordene de mayor a menor importancia (5-1), los criterios por los cuales deberían ser elegidos los equipos a trabajar en las tres áreas críticas de estudio: Unidad del Paciente Crítico, Departamento de Esterilización y Pabellones Quirúrgicos.

Número de fallas.	
Costo de mantenciones.	
Tasa de utilización de los equipos.	
Tiempo de falla (cuanto se demoran en arreglarla).	
Tiempo entre falla (ocurre una falla, al cuanta tiempo vuelve a ocurrir otra).	

Anexo 1.4. Listado de Equipos Áreas Criticas Hospital Militar de Santiago junto a su cantidad de fallas y valor de las reparaciones y mantenciones

EQUIPO	FALLAS	VALOR DE MANTENCIONES
Analizador químico elg portátil	7	$ 0
Balanza electrónica de asiento para niños	5	$ 0
Balanza para paciente en cama/camilla	3	$ 0
Baño termaregulado	1	$ 803
Bomba aspiración portátil ii	20	$ 0
Bomba de aire para colchón antiescara	111	$ 933.406
Bomba de aspiración con carro	6	$ 0
Bomba infusión de jeringa	6	$ 0
Bpap adulto	35	$ 2.896.515
Calentador de fluidos	5	$ 0
Calentador de fluidos iv	24	$ 0
Calentador/enfriador hipotermia	14	$ 0
Cama cuidados intensivos	191	$ 698.058
Cama eléctrica	61	$ 521.108
Cama paciente	61	$ 80
Central de monitoreo 10 parámetros	79	$ 3.523.416
Columna articulada	37	$ 0
Columna de servicios críticos	149	$ 0
Columna servicios intermedios	31	$ 0
Cuna de procedimiento calefaccionada	11	$ 44.145
Desfibrilador bifásico	14	$ 159.222
Desfibrilador bifásico con marcapasos	72	$ 31.821
Desfibrilador con marcapaso	4	$ 0
Desfibrilador externo	6	$ 0
Ecocardiografo	19	$ 1.369.313
Ecógrafo	4	$ 0
Electrocardiógrafo	70	$ 893.185
Electrocardiógrafo (ekgxx21)	11	$ 260.468

Equipo ablandador de agua	2	$ 676.694
Equipo de isquemia con consola	3	$ 0
Equipo litoclast	3	$ 0
Equipo recuperador de sangre	4	$ 0
Fibrolaringoscopio de entubación	4	$ 0
Fotocoagulador laser	3	$ 0
Intercambiador de calor para circulación extracorpórea	5	$ 0
Lámpara frontal fibra óptica con carro de transporte	4	$ 0
Lámpara frontal fibra óptica	4	$ 0
Lámpara para quirófano (pabellón 1)	18	$ 80.855
Lámpara para quirófano (pabellón 10) (ligsu36)	9	$ 3.405
Lámpara para quirófano (pabellón 2)	17	$ 8.015
Lámpara para quirófano (pabellón 3)	8	$ 0
Lámpara para quirófano (pabellón 4)	14	$ 27.161
Lámpara para quirófano (pabellón 5)	11	$ 20.940
Lámpara para quirófano (pabellón 6)	10	$ 7.821
Lámpara para quirófano (pabellón 7)	13	$ 33.637
Lámpara para quirófano (pabellón 8)	10	$ 335
Lámpara para quirófano (pabellón 9)	10	$ 0
Laser de pulso ultravioleta	30	$ 10.637.290
Laser dióxido de carbono para cirugía	6	$ 615.079
Laser nd-yag para cirugía	4	$ 5.018
Lavadora de carros	44	$ 353.379
Lavadora de instrumental a vapor	4	$ 517.472
Lavadora descontaminadora y secadora de material	308	$ 5.315.674
Lavadora para endoscopios flexibles	69	$ 3.738.645
Luz frontal para cabeza	1	$ 0
Maquina corazón pulmón (manual)	15	$ 0
Maquina de circulación extracorpórea	16	$ 0
Marcapasos externos	14	$ 0
Marcapasos externos bicameral	5	$ 0

temporal		
Marcapasos externos unicameral	5	$ 0
Medidor (paquímetro)	4	$ 0
Mesa para cirugía	107	$ 725.631
Mezclador de aire oxigeno	3	$ 0
Microscopio óptico operatorio para neurocirugía	3	$ 0
Microscopio óptico operatorio para neurocirugía	3	$ 6.690
Microscopio óptico operatorio para otorrinolaringología	6	$ 121.250
Monitor de presión en línea	6	$ 0
Monitor de saturación (ecg)	1	$ 0
Monitor gastro cardiaco continuo	1	$ 0
Monitor multiparámetro	684	$ 17.270.030
Monitor multiparámetro modular	39	$ 661.214
Monitor multiparámetro modular.	60	$ 4.023.388
Monitor multiparámetros modular.	18	$ 78.019
Monitor pni spo2 ecg co2	8	$ 39.781
Monitor pni spo2 y ecg	9	$ 130.761
Monitor presión endocraneana	20	$ 859.799
Nebulizador para ventiladores	21	$ 0
Oxímetro de pulso	5	$ 55.728
Sistema de compresión neumática	12	$ 35.825
Sistema de monitoreo para pabellón inteligente	121	$ 44.315
Sistema de radiación	3	$ 0
Sistema de torniquete automático	30	$ 14.022
Sistema de video para artroscopia	24	$ 0
Sistema de video para laparoscopia	18	$ 40.140
Sistema para extracción de cataratas	4	$ 0
Unidad de anestesia	157	$ 40.503.112
Unidad de asistencia circulatoria	12	$ 3.543.258
Unidad de asistencia circulatoria con balón intraortico	12	$ 1.574.706

Unidad de circulación extracorpórea	3	$ 0
Unidad de tratamiento de agua	679	$ 13.942.110
Unidad dental portátil	2	$ 0
Unidad esterilizadora por vapor de agua	1.003	$ 57.800.625
Unidad lavadora ultrasónica	14	$ 663.398
Unidad lavadora ultrasónica de sobre mesa	27	$ 2.729.431
Unidad para electrocirugía	11	$ 2.388.330
Unidad para electrocirugía de argón	17	$ 0
Unidad para electrocirugía monopolar y bipolar	151	$ 4.039.594
Unidad para electrocirugía monopolar y bipolar argón	10	$ 376.927
Unidad para electrocirugía ultrasónico	4	$ 0
Unidad radiográfica móvil digital arco en c	41	$ 0
Ventilador para cuidados intensivos	420	$ 49.522.132
Ventilador para cuidados intensivos alta frecuencia	7	$ 0
Ventilador para cuidados intensivos de transporte	42	$ 1.490.416
Ventilador para cuidados intensivos neonatal y pediátrico	12	$ 695.482
Ventilador para cuidados intensivos neonatal y pediátrico	12	$ 900.878
Ventilador para cuidados intensivos pediátrico	22	$ 1.007.080
Ventilador soporte no invasivo	16	$ 1.033.048
Vitreofago	12	$ 0
Total general	**5.626**	**$ 239.690.075**

Anexo 1.5. Disponibilidad

Según RAE:

Disponibilidad: se define como cualidad o condición de estar disponible.

Disponible: dicho de una cosa, que se puede disponer libremente de ella o que esta lista para usarse o utilizarse.

Según **Augusto Bernales** (Confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de sistemas de comunicaciones). Disponibilidad: es el porcentaje de tiempo que un sistema es capaz de realizar las funciones para las que esta diseñado.

Según **Mesa&Ortiz&Pinzón** (La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento). Disponibilidad: "…es la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente."

Según **Recurso Web** (http://definicion.mx/disponibilidad/)

Disponibilidad: "Se denomina disponibilidad a la posibilidad de una cosa o persona de estar presente cuando se la necesita. Cuando algo o alguien se encuentran indisponibles, se hace referencia a su incapacidad de estar presente para brindar una ayuda cuando se lo necesita, o simplemente para tener algún tipo de actividad que lo incorpore. Es por ello que de alguna manera la indisponibilidad connota ausencia, aunque de facto esa cosa o persona se encuentre presente."

Para este Trabajo de Título y según los autores anteriormente mencionados, se entenderá como:

"Disponibilidad: Porcentaje de tiempo que un equipo es capaz de realizar las funciones a las cuales se le ha fabricado, para operar, producir o dar soporte a los usuarios de las distintas áreas."

Disponibilidad: MTBF/ (MTBF + MTTR) [ESPINOZA15]

Anexo 1.6. Ishikawa

Equipo: Un análisis de las entradas y salidas de cada máquina que interviene en el proceso, así como de su funcionamiento de principio a fin y los parámetros de conFiguración, permitirán saber si la causa raíz de un problema está en ellas. A veces no es fácil, sobre todo cuando intervienen máquinas complejas y no se puede "acceder fácilmente a las tripas" o no se tiene un conocimiento profundo de sus mecanismos, pero siempre se puede hacer algo, por ejemplo, aislar partes o componentes hasta localizar el foco del problema.

Método: Se trata de cuestionarse la forma de hacer las cosas. Cuando se diseña un proceso, existen una serie de circunstancias y condicionantes (conocimiento, tecnología, materiales,…) que pueden variar a lo largo del tiempo y no ser válidos a partir de un momento dado. Un sistema que antes funcionaba, puede que ahora no sea válido. Un cambio en otro proceso, puede afectar a algún "input" del que está fallando.

Mano de obra: El personal puede ser el origen de un fallo. Existe el fallo humano, que todos conocemos y si no se informa y forma a la gente en el momento adecuado, pueden surgir los problemas. Cambios de turno en los que el personal saliente no informa al entrante de incidencias relevantes, es un ejemplo.

Medio ambiente: Las condiciones ambientales pueden afectar al resultado obtenido y provocar problemas. Valorar las condiciones en las que se ha producido un fallo, nunca está de más, ya que puede que no funcione igual una máquina con el frio de la primera hora de la mañana que con el calor del mediodía, por ejemplo.

Materia prima: Los materiales empleados como entrada son otro de los posibles focos en los que puede surgir la causa raíz de un problema. Contar con un buen sistema de trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro y durante el proceso de almacenaje permitirá tirar del hilo e identificar materias primas que pudieran no cumplir ciertas especificaciones o ser defectuosas. [HERRERO11].

Anexo 1.7. Encuestas para creación y validación de Diagrama Espina de Pescado.

Hospital Militar de Santiago

Encuesta puntos críticos de disponibilidad de equipos.

Ordene de mayor a menor importancia (8-1), las causas por las cuales cree que hay poca disponibilidad en los equipos de las áreas críticas.

Desgaste	
Error de uso	
Mala manipulación	
Técnico interno demora en reparación	
Técnico externo demora en reparación	
Proceso administrativo de requerimiento de reparación lento	
Mantención correctiva	
Mantención preventiva	

Página 2, encuesta dimensiones Diagrama Causa – Efecto.

Uso exclusivo encuestadores.
Equipos:
Forma en que se planifica la mantención:
Operadores:
Insumos:
Medio ambiente:

Anexo 1.8. Encuesta causas problema Pareto.

Encuesta para dimensiones de las causas del problema

Ordene de mayor a menor importancia (5-1), las causas por las cuales se presentan problemas.

Equipos.	
Forma en que se planifica la mantención.	
Operadores.	
Insumos.	
Medio ambiente.	

Anexo 3.1 Descripción de los equipos.

Nombre	**Esterilizador a vapor**
Modelo	**S1000**
Marca	**Matachana**
Dimensiones	**996 x 1954 x 1290 (cm) (total).**
	670 x 670 x 996 (cm) (cámara).
Volumen cámara	**445 (litros)**
Potencia	**51 (kW)**

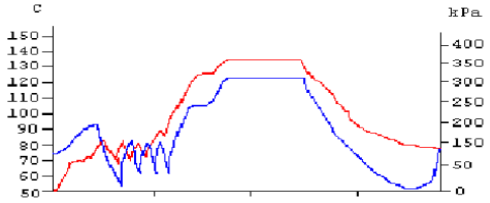
Características

El autoclave se compone principalmente de acero inoxidable, ya sea dentro de la cámara, chasis y conducciones primarias en contacto con vapor.
Este equipo posee también un generador de vapor autónomo el cual similarmente está construido de acero inoxidable, el cual mediante resistencias calefactoras automáticamente produce vapor.
El sistema de control del cual está provisto el equipo tiene como interfaz una pantalla táctil a color y un microordenador industrial programable. Este sistema de control es la principal comunicación entre usuario y equipo, ya que se puede realizar las siguientes funciones a través de este:

- Acceso de menús de selección de programas, información, mantenimiento y estadísticas.
- Apertura de puerta, marcha, reset.
- Seguimiento/monitorización de la temperatura, presión, tiempo de fase y visualización de alarmas de funcionamiento y/o errores en la manipulación.
- Visualización de curvas de proceso (presión y temperatura) en tiempo real.

Algunos parámetros de funcionamiento

En la Figura se aprecian los distintos parámetros de un ciclo de esterilización, para el equipo mencionado. En este, el intervalo más significante, que se muestra como constante, es la etapa de esterilización, donde se lleva el vapor a temperaturas cercanas a 135°C y una presión alrededor de los 350 kPa.



Nombre	**Monitor de paciente**
Modelo	**Delta Infinity**
Marca	**Dräger**
Dimensiones	**253 x 365 x 190 (mm).**
Potencia	**70 (w).**

Características

La principal función de un monitor, como bien lo indica su nombre, es brindar un seguimiento (monitorear) de los signos vitales básicos de un paciente, ya sea para mantenerlo en un estado estable, o más bien, anteponerse a alguna alteración de este mismo. Por lo tanto, estos equipos son de utilización continua. Dentro de los parámetros o variables que este equipo permite al usuario tener presentes en todo momento se encuentra:

- Medición de ECG
- Medición de SoO2 (Saturación de oxígeno)
- Presión arterial No Invasiva.
- Temperatura.
- Frecuencia cardiaca.
- Gasto cardiaco.
- Presión sanguínea Invasiva.

Algunos parámetros de funcionamiento:
Temperatura: de -5°C a 50°C.
Presión PSN: Sistólica, media y diastólica, entre 30 a 240 rpm de rango de la frecuencia cardíaca; manual, continua o a intervalos.
SpO2: Saturación de oxígeno en la sangre, por medio de espectrofotometría, en un rango de 1 a 100% para pulso entre 30 a 250 rpm.

Algunos parámetros de funcionamiento

Temperatura: de -5°C a 50°C.
Presión PSN: Sistólica, media y diastólica, entre 30 a 240 rpm de rango de la frecuencia cardíaca; manual, continua o a intervalos.
SpO2: Saturación de oxígeno en la sangre, por medio de espectrofotometría, en un rango de 1 a 100% para pulso entre 30 a 250 rpm.

Nombre	**Unidad de Anestesia**
Modelo	**Primus**
Marca	**Dräger**
Dimensiones	**460 x 383 x 364 (mm).**
Potencia	**200 (w) – 2.5 (kW) (máx).**
Características	
La principal función del equipo es la inhalación de gases anestésicos por medio de distintos modos de ventilación, ya sea volumen controlado, presión controlada o ventilación manual, entre otros. Gracias a su función se pueden obtener diferentes valores de medición como la presión, volumen por minuto inspirado, concentración inspirada, saturación de oxígeno, dando así la posibilidad de mantener una monitorización constante del paciente durante la intervención. Las principales funciones son: • Administrar anestesia. • Controlar la mezcla de gases. • Manejar por completo la respiración del paciente. • Monitorizar todas las variables respiratorias. • Monitorizar su propio funcionamiento. • Incorporar otras formas de monitorización de variados parámetros necesarios de controlar durante la anestesia general: hemodinamia, temperatura, entre otras.	

Nombre	**Ventilador cuidados intensivos**
Modelo	**Savina**
Marca	**Dräger**
Dimensiones	**460 x 383 x 364 (mm)**
Potencia	**312 (w)**
Características	
Este equipo tiene como función primordial la de reemplazar o asistir mecánicamente la ventilación pulmonar espontánea cuando esta es inexistente o ineficaz para mantener con vida a un paciente. Dentro de las capacidades del ventilador está la posibilidad de entregar una amplia gama de modos de ventilación que permiten respiración espontánea, respiración abierta con auto-flow, ventilación no invasiva y capacidad de creación de gráficos ampliados con bucles, tendencias y registros. En consecuencia podemos afirmar que el equipo realiza las siguientes funciones: • Ventilación asistida. • Monitorización de parámetros de ventilación.	

Anexo 3.2 Hojas de Información RCM II

Hoja de Información RCM II, subsistema Monitor multiparámetro Delta Infinity S1000.

Hoja de Información RCM II		**Sistema Monitorización de paciente**				
		Subsistema: Monitor multiparámetro Delta Infinity S1000				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Ingreso de datos del paciente.	A	Pantalla no enciende.	1	Problema en la tarjeta electrónica.	Impide la visualización de los registros que se deben hacer al momento de ingresar o modificar los datos de un paciente. Como también la principal función, monitorización.
2	Medición ECG	A	No mide ECG	1	Conector interno cable ECG averiado	Debido a estar dañado, no hace posible una medición correcta de ECG.
				2	Cable ECG Deteriorado	Al presentar estas condiciones, no realiza una medición correcta de ECG.
				3	Cable ECG cumplió vida útil	Debido al haber cumplido su vida útil, su funcionamiento será probablemente deficiente.
		B	Alteración en trazado ECG	1	Terminal ECG dañado.	La conexión queda interrumpida por entradas defectuosas.
				2	Parches en mal estado o mal posicionados en el paciente.	La incorrecta postura de los parches puede provocar un mal funcionamiento, como también que uno de estos se encuentre en mal

Hoja de Información RCM II		**Sistema Monitorización de paciente**				
		Subsistema: Monitor multiparámetro Delta Infinity S1000				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
3	Medición SPO	A	Medición incorrecta de SPO	1	Cable de interfaz cortado	Determinación de continuidad de funcionamiento del cable, en el caso de existir rotura o fisura, reparar, en caso contrario cambiar cable inmediatamente.
				2	Suciedad en terminales del cable.	
4	Medición Saturación Oxigeno	A	Sin medición de saturación	1	Sensor deteriorado	Falta de medición continúa de Saturación, deficiente monitorización del paciente.
				2	Cable de interfaz deteriorado	
		B	Medición errónea	1	Equipo descalibrado	Se soluciona simulando pulsaciones.

Hoja de Información RCM II, subsistema Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Ventilación.**				
		Subsistema: Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Ventilación asistida	A	Pantalla no enciende	1	Fusible quemado	Pantalla pierde la funcionalidad para registrar, monitorear y verificar parámetros del equipo.
		B	Batería en mal estado	1	Por alimentación de corriente inadecuada	Disminuye la vida útil de la batería e incluso puede dejar de funcionar para siempre. Sólo conectar a corriente de 220 v.
2	Monitorización de parámetros de ventilación	A	Falla de mezcla de gases	1	Válvula de O2 dañada	No permite una mezcla óptima para el paciente lo que impide su estabilidad respiratoria
				2	Válvula de aire dañada	
				3	Válvula mezcladora de gases dañada	
				4	Válvula de alivio descalibrada	

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Ventilación.**				
		Subsistema: Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
2		B	mediciones incorrectas de flujos	1	Sensor de flujo defectuoso	Impide el análisis de la mezcla de gases existentes en los gases de escape.
				2	Fuga de gases circuito paciente	Necesaria la verificación de las conexiones en el paciente para cerciorarse de entregar flujos correctos de O_2.
				3	Cumplimiento de vida útil del sensor de O_2.	Ya no puede medir gases, necesario el cambio de éste.

Hoja de Información RCM II, subsistema Unidad de Anestesia Drager Primus.

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Anestesia.**				
		Subsistema: Unidad de Anestesia Drager Primus.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Administrar anestesia.	A	Incapaz de administrar gas anestésico.	1	Motor	Incapaz de hacer circular el o los flujos necesarios para la mezcla de gases anestésicos.
				2	Fuga circuito paciente.	Mezcla de gases inadecuados para el paciente, los cuales están siendo evacuados por fisuras o conexiones en mal estado.
				3	Deterioro del fuelle.	Al estar deteriorado impide que se genere la presión necesaria para impulsar los gases al sistema respiratorio del paciente.
				4	Deterioro en la válvula controladora de O_2.	Impide que pueda asegurarse un control sobre el flujo de O_2 si es que supera o disminuye de los parámetros óptimos para el paciente.

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Anestesia.**			
		Subsistema: Unidad de Anestesia Drager Primus.			
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**	**Efecto de la falla**
2	Monitorización de funcionamiento del equipo.	A	Parámetros incorrectos de medición	1	La medición de FiO_2 está fallando.	Deja de proporcionar un flujo constante de oxigeno para la estabilidad del paciente.
				2	Deterioro en el sensor de O_2.	Impide medir flujo de O_2 para programas de flujo adecuados.
				3	Deterioro total o parcial del cable multimed.	Impide la medición correcta de parámetros como temperatura, presión y saturación.

Hoja de Información RCM II, subsistema Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Esterilización.**				
		Subsistema: Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Ciclo completo de esterilización.	A	Problemas con las etapas del ciclo de esterilización.	1	Desgaste válvulas de evacuación y vacio	Problemas para completar la etapa de vacío.
				2	Desgaste válvula de retención de la línea de vacio deteriorada	
				3	Electro válvula de agua de entrada bobina quemada	Impide el ingreso de agua al generador autónomo para la vaporización del mismo.
		B	Fuga de vapor.	1	Válvula entrada de vapor	Estas fugas impiden alcanzar una presión determinada para el ciclo de esterilización programado, el cual puede llegar a su fin con resultados negativos sobre los instrumentales o incluso no poder realizar la esterilización propiamente tal eficientemente. Puede generar a su vez disminución de temperatura al interior del autoclave.
				2	Válvula de seguridad de generador SV3	
				3	Sello Clamp en mal estado.	
				4	Empaquetadura puerta cortada	
				5	Desgaste de trampa de vapor	

Hoja de Información RCM II		**Sistema: Esterilización.**				
		Subsistema: Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.				
Función		**Falla Funcional**		**Modo de falla**		**Efecto de la falla**
1	Ciclo completo de esterilización.	B	Fuga de valpor	6	Desgaste de chaqueta de la cámara	
				7	Desgaste de válvula selenoide	
				8	Trampa de vapor	
		C	Problema con el funcionamiento de la puerta	1	Filtro sucio	Esta falla genera presión negativa dentro del autoclave el cual no permite abrir la puerta del esterilizador.

Anexo 3.3 Hojas de Decisión RCM II

Hoja de Decisión RCM II, subsistema monitor multiparámetro Delta Infinity S1000.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			Sistema: Monitorización.										Facilitador:		Fecha:
			Subsistema: Monitor multiparámetro Drager Delta.										Auditor:		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento de la tarjeta electrónica.	Trimestral	Técnico
2	A	1	N				S						Inspección visual conector cables	Mensual	Técnico
2	A	2	N				S						Reacondicionamiento de los cables.	Trimestral	Técnico
2	A	3	N				N	S					Cambio de cables	Anual	Técnico
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de entradas defectuosas	Anual	Técnico
2	B	2	S	S			S						Inspección visual circuito paciente	Semestral	Usuario interno
3	A	1	S	N	N	S	S						Inspección visual suciedad cables.	Mensual	Usuario interno
4	A	1	N				N	N	S				Sustitución sensor SpO	Semestral	Técnico
4	A	2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento de los cables.	Trimestral	Técnico
4	B	1	S	N	N	S	N	S					Calibración equipo	Semestral	Técnico

Hoja de Decisión RCM II, subsistema Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			**Sistema: Ventilación.**										**Facilitador:**		**Fecha:**
			Subsistema: Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.										**Auditor:**		
Referencia de información			**Evaluación de las consecuencias**				**H1 S1 O1**	**H2 S2 O2**	**H3 S3 O3**	**Acción a falta de**			**Tarea Propuesta**	**Intervalo inicial**	**A realizarse por**
F	**FF**	**FM**	**H**	**S**	**E**	**O**	**N1**	**N2**	**N3**	**H4**	**H5**	**S4**			
1	A	1	S				N	N	S				Cambio de fusible pantalla	Semestral	Técnico
1	B	1	N				S						Chequeo estado de batería	Semestral	Técnico
2	A	1	N				S						Inspección desgaste	Semestral	Técnico
2	A	2	N				S						Inspección desgaste	Semestral	Técnico
2	A	3	N				S						Inspección desgaste	Semestral	Técnico
2	A	4	N				S						Inspección desgaste	Semestral	Técnico
2	B	1	N				N	N	S				Sustitución sensor de flujo	Semestral	Técnico
2	B	2	N				S						Inspección conexión circuito paciente	Trimestral	Usuario interno
2	B	3	N				N	N	S				Sustitución sensor de O_2	Semestral	Técnico

Hoja de decisión RCM II, subsistema Unidad de Anestesia Drager Primus.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			**Sistema: Anestesia.**										**Facilitador:**		**Fecha Hoja N°:**
			Subsistema: Unidad de Anestesia Drager Primus.										**Auditor:**		**Fecha De**
Referencia de información			**Evaluación de las consecuencias**				**H1 S1 O1**	**H2 S2 O2**	**H3 S3 O3**	**Acción a falta de**			**Tarea Propuesta**	**Intervalo inicial**	**A realizarse por**
F	**FF**	**FM**	**H**	**S**	**E**	**O**	**N1**	**N2**	**N3**	**H4**	**H5**	**S4**			
1	A	1	S	N	S		S						Chequeo funcionamiento del motor	Trimestral	Técnico
1	A	2	N				S						Inspección circuito paciente	Semanal	Usuario interno
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspección visual desgaste del fuelle	Mensual	Técnico
1	A	4	N				S						Inspección válvula controladora de O_2	Semestral	Técnico
2	A	1	S	S			S						Chequeo flujómetro FiO_2	Trimestral	Técnico
2	A	2	N				N	N	S				Sustitución sensor O_2	Semestral	Técnico
2	A	3	N				N	S					Reacondicionamiento cable Multimed	Semestral	Técnico

Hoja de Decisión RCM II, subsistema Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.

HOJA DE DECISION RCM II			**Sistema: Esterilización.**										**Facilitador:**		**Fecha:**
			Subsistema: Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000										**Auditor:**		
Referencia de información			**Evaluacion de las consecuencias**				**H1 S1 O1 N1**	**H2 S2 O2 N2**	**H3 S3 O3 N3**	**Acción a falta de**			**Tarea Propuesta**	**Intervalo inicial**	**A realizarse por**
F	**FF**	**FM**	**H**	**S**	**E**	**O**				**H4**	**H5**	**S4**			
1	A	1	N				S						Inspección válvula de evacuación y vacío.	Trimestral	Técnico
1	A	2	N				S						Inspección válvula de retención línea de vacío.	Trimestral	Técnico
1	A	3	N				S						Chequeo electroválvula de agua de entrada.	Trimestral	Técnico
1	B	1	N				S						Inspección válvula entrada de vapor.	Trimestral	Técnico
1	B	2	N				N	N	S				Inspección válvula seguridad de generador SV3.	Trimestral	Técnico
1	B	3	N				N	N	S				Sustitución sello Clamp.	Trimestral	Técnico
1	B	4	N				S						Cambio empaquetadura puerta.	Trimestral	Técnico
1	B	5	N				S						Inspección trampa de vapor.	Trimestral	Técnico
1	B	6	N				S						Inspección chaqueta de la cámara.	Trimestral	Técnico
1	B	7	N				S						Inspección válvula selenoide.	Trimestral	Técnico
1	C	1	S				S						Inspección filtro.	Mensual	Usuario interno

Anexo 3.4 Procedimientos Operativos Estándar

POE subsistema Unidad de Anestesia Drager Primus.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Semanal	**usuario interno**
Inspección circuito paciente.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	
En caso de fuga de gas, realizar pruebas de fuga para asegurar el correcto funcionamiento del circuito paciente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Técnico**
Inspección visual desgaste Fuelle	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- verificar la limpieza del lugar donde se aloja el Fuelle.	
En caso de observar puntos sucios, realizar la limpieza correspondiente.	
Si se observa algún deterioro o desgaste del fuelle, realizar inmediatamente el cambio.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Revisión motor unidad de anestesia.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento de la unidad.	
3.- Verificar el entorno del motor, cuidando que no existan agentes externos que pudieran dañar o inducir una falla del motor (ya sea suciedad o humedad).	
4.- Diagnosticar funcionamiento del motor mediante parámetros de motores.	
Realizar ensayos Estáticos y dinámicos.	
Pruebas generales de: Conexiones; Resistencia a la tierra; Capacidad a la tierra; Resistencia entre fases y su desequilibrio; inductancia entre fases y su desequilibrio.	
5.- En caso de encontrar parámetros inadecuados, realizar operaciones de reacondicionamiento.	
Chequeo Flujómetro FiO_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurar que la unidad se encuentre encendida y en modo Standby.	
3.- Realizar la calibración automática de la unidad para FiO_2.	
4.- Si la calibración presenta un error, entonces:	
Si no se ha calibrado el sensor, necesita cambio.	
Si tiene diferencias entre puntos de calibración e índices de tolerancia, volver a calibrar.	
Podría existir la posibilidad de Fuga circuito paciente, aplicar POE "inspección circuito paciente".	
En caso de no obtener respuesta satisfactoria, cambio del sensor.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Inspección válvula controladora de O_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.	
3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.	
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.	
De encontrar componentes en mal estado, si amerita, hacer cambio de la válvula completa.	
Cambio Sensor O_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento del equipo.	
3.- Ubicar el lugar donde se aloja el sensor.	
4.- Proceder a la sustitución:	
Desenroscar el tornillo.	
Retirar el Sensor de O_2 usado del tornillo e insertar el nuevo Sensor de O_2.	
Enroscar el tornillo.	
Reacondicionamiento cable multimed	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Realizar pruebas eléctricas para verificar la continuidad física del cable.	
En caso de existir fisuras o cortes que pudiesen ser reparables, inmediatamente realizar el reacondicionamiento de este componente, mediante la reparación eléctrica correspondiente.	
De existir agentes externos al componente, realizar la limpieza adecuada para el retiro de éstos.	

POE subsistema monitor multiparámetro Drager Delta.

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Usuario Interno**
Inspección Visual Conector cable ECG	
Inspección Visual Suciedad cable SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la continuidad de los cables.	
Identificar posibles focos que pudieran potenciar una falla al funcionamiento del cable. (Suciedad por ejemplo).	
Si se encuentran trozaduras, se procede al reacondicionamiento inmediato del cable, en caso contrario el cambio.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Reacondicionamiento tarjeta electrónica pantalla.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Desmontar la carcasa de la pantalla, para dejar al descubierto la tarjeta electrónica.	
3.- Desconexión de módulos y conectores.	
4.- Verificar en primera instancia el estado superficial de la tarjeta electrónica, en búsqueda de suciedad o humedad.	
En caso de existir lo anterior, realizar limpieza.	
De encontrar problemas con las soldaduras de la tarjeta, iniciar reparación.	
Reacondicionamiento cable ECG	
Reacondicionamiento cable SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la existencia de trozaduras o discontinuidad del cable.	
3.- Realizar procedimiento similar a "Inspección Visual de cables" de manera que se puedan reacondicionar inmediatamente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Usuario Interno**
Inspección conexiones circuito paciente.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Sustitución Sensor SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la funcionalidad del componente, mediante el uso continuo, si este se ve que no cumple con los requisitos del cliente interno. Realizar el cambio del Sensor SpO2 para no descontinuar la atención.	
Calibración equipo	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Realizar calibración general del equipo y sus funciones más importantes.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Anual	**Técnico**
Cambio cable ECG	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la funcionalidad del cable ECG, para identificar si puede continuar aplicándose en las atenciones.	
Si el cable cumplió su vida útil o presenta síntomas de fallas graves y pérdida parcial o total de su función principal. Realizar el cambio del componente.	
Cambio terminal ECG	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Retirar el componente de Terminal ECG, y sustituirlo por uno nuevo.	

POE subsistema ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.

Procedimiento Operativo Estándar	
Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Usuario interno**
Inspección Circuito paciente	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	
En caso de fuga de gas, realizar pruebas de fuga para asegurar el correcto funcionamiento del circuito paciente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Cambio fusible pantalla	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- interrumpir la corriente eléctrica hacia el equipo.	
3.- Revisar funcionamiento adecuado del fusible.	
4.- Si el fusible presenta un buen funcionamiento, mantener e ir analizando cada un mes para verificar si se cambia.	
En el caso contrario, quitar el fusible averiado, y reemplazar por uno nuevo en el intervalo mencionado.	
Chequeo estado de batería	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Cargar Batería al 100%.	
3.- Tomar tiempo de funcionamiento sin estar conectado a la red eléctrica.	
4.- Registrar datos para trazar funcionamiento en Tiempo de descarga de la batería, para definir porcentaje de funcionamiento de la batería.	
En este estudio se considera un funcionamiento óptimo de un 80% de su capacidad inicial, posterior a esto, se recomienda el cambio de la batería.	
Inspección desgaste válvula O_2	
Inspección válvula mezcladora de gases	

Inspección válvula de alivio
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.
3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.
Sustitución sensor flujo
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Desplazar completamente hacia la izquierda la base de conexión (casquillo).
3.- Colocar el sensor de flujo – con el conector indicando hacia el aparato – en el alojamiento y meterlo hasta el tope en el casquillo.
4.- Desplazarlo hacia la derecha hasta el tope en el labio de la válvula de espiración
Sustitución sensor de O_2
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Interrumpir la corriente eléctrica al equipo.
3.- Girar la boquilla hacia abajo o hacia la izquierda
4.- Desenroscar el tornillo con una moneda, retirar la tapa.
5.- Aflojar los dos tornillos moleteados y retirar la tapa de la carcasa del sensor.
6.- Incorporar una nueva cápsula de sensor, quedando visible la parte con las pistas conductoras anulares.
7.- Cerrar bien la carcasa del sensor con los dos tornillos moleteados.
8.- Atornillar bien de nuevo la tapa.

POE subsistema unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Sustitución sello Clamp	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento del equipo.	
3.- Retirar Clamp shield.	
4.- Quitar sello.	
5.- Cambiar por uno nuevo.	
6.- Volver a colocar Clamp Shield.	
7.- Realizar prueba de funcionamiento para determinar la existencia de fugas.	
Cambio empaquetadura puerta.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Retirar empaquetadura de la puerta.	
3.- Volver a instalar una nueva.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Inspección válvula evacuación y vacío	
Inspección válvula de retención línea de vacío	
Inspección válvula entrada de vapor	
Inspección válvula seguridad de generador SV3	
Inspección válvula selenoide	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.	
3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.	
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.	
De encontrar componentes en mal estado, si amerita, hacer cambio de la válvula completa.	
Chequeo Electroválvula de agua de entrada	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Energizar el equipo.	
3.- Tomar datos de corriente y tensión de la electroválvula y comparar con los valores de la placa.	
4.- Realizar limpieza externa de la electroválvula con un paño seco.	
Inspección trampa de vapor	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificación nivel de condensado de la trampa.	
En el caso que no exista condensado o halla una gran fuga de vapor por la trampa, indica problema con el componente.	
3.- Verificar las conexiones a la trampa de vapor para encontrar posibles fugas en las juntas o empaques.	
4.- Verificar temperatura de entrada de vapor con la de vapor saturado. En el caso que indique diferencias, reportar válvula con potencial de falla.	
5.- Determinar la existencia de cambios de sonido del flujo de la trampa de vapor, la cual podría evidenciar algún problema con ésta.	
Inspección chaqueta de la cámara	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	

2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la cámara.
3.- En caso de existir suciedad o corrosión en la chaqueta o interior de la cámara), realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Usuario Interno**
Inspección filtro	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar el grado de suciedad del filtro de aire.	
En el caso de existir pelusas o agentes que bloqueen la función del filtro, realizar el retiro inmediato.	

Anexo 3.5 Información relevante para la evaluación de la simulación.

					Naturaleza de la mantención	
Intervención	Frecuencia anual	Cantidad de equipos	Tipo de actividad I: Inspección S: Sustitución R: Reacondicionamiento	Total ($)	Preventivo ($)	Correctivo ($) *Para sustitución cíclica
Unidad de anestesia Drager Primus						
Inspección circuito paciente.	12	8	I	891.622	891.622	-
Inspección visual desgaste fuelle.	12	8	I	891.622	891.622	-
Revisión motor unidad anestesia.	4	8	I	297.207	297.207	-
Chequeo flujómetro FiO2.	4	8	I	297.207	297.207	-
Inspección válvula controladora de O2.	2	8	I	148.604	148.604	-
Cambio sensor O2.	2	8	S	1.082.174	-	1.082.174
Reacondicionamiento cable multimed.	2	8	R	946.598	946.598	-
Monitor multiparámetro Drager Delta.						
Inspección visual conector cable ECG.	12	42	I	4.681.014	4.681.014	-
Inspección visual suciedad cable SpO.	12	42	I	4.681.014	4.681.014	-
Reacondicionamiento tarjeta electrónica pantalla.	4	42	R	2.313.027	2.313.027	-
Reacondicionamiento cable ECG.	4	42	R	1.737.580	1.737.580	-
Reacondicionamiento cable SpO.	4	42	R	1.890.433	1.890.433	-
Inspección	2	42	I			

conexiones circuito paciente.				780.169	780.169	-
Sustitución sensor SpO.	2	42	S	5.349.859	-	5.349.859
Calibración equipo.	2	42	R	780.169	780.169	-
Cambio Cable ECG.	1	42	S	3.990.422	-	3.990.422
Cambio terminal ECG.	1	42	S	11.236.390	-	11.236.390
Ventilador para cuidados intensivos Drager Savina.						
Inspección circuito paciente.	4	5	I	185.755	185.755	-
Cambio fusible pantalla.	2	5	S	92.877	-	92.877
Chequeo estado batería.	2	5	I	92.877	92.877	-
Inspección desgaste válvula O2.	2	5	I	92.877	92.877	-
Inspección válvula mezcladora de gases.	2	5	I	92.877	92.877	-
Inspección válvula de alivio.	2	5	I	92.877	92.877	-
Sustitución sensor flujo.	2	5	S	716.499	-	716.499
Sustitución sensor O2.	2	5	S	1.112.848	-	1.112.848
Unidad esterilizadora por vapor de agua Matachana S1000						
Sustitución sello Clamp.	4	3	S	80.280	-	80.280
Cambio empaquetadura puerta.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección válvula de evacuación y vacío.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección válvula de retención linea de vacío.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección válvula entrada de vapor.	4	3	I	111.461	111.461	-
Inspección válvula seguridad de generador SV3.	4	3	I	111.453	111.453	-

Inspección válvula selenoide.	4	3	I	111.453	111.453	-
Chequeo electroválvula de agua de entrada.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección trampa de vapor.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección chaqueta de la cámara.	4	3	I	111.453	111.453	-
Inspección filtro.	12	3	I	334.358	334.358	-
				Total	22.230.972	23.661.350

Anexo 3.6 Propuesta Plan de Mantenimiento Preventivo de los equipos médicos críticos pertenecientes a las áreas de Esterilización, Pabellones Quirúrgicos y Unidad del Paciente Crítico

Hospital Militar de Santiago

Plan de Mantenimiento Preventivo

Procedimiento Operativo Estándar (POE).
Equipos médicos críticos.
Departamento de Ingeniería Biomédica.

Preparado por	Revisador por	Aprobado por	En revisión
			Versión 00
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

Índice.

1. Objetivo. 3
2. Alcance. 3
3. Definiciones. 3
4. Responsabilidades 4
5. Planificación del mantenimiento 5
6. Actividades del mantenimiento preventivo 6
7. Anexos 17

Preparado por	Revisador por	Aprobado por	En revisión
			Versión 00
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:

1. Objetivo.

Establecer un plan de mantenimiento preventivo programado para el equipamiento de las áreas críticas del Hospital Militar de Santiago, con el objeto de resguardar su permanente disponibilidad y dar continuidad operacional a los servicios clínicos en que estos funcionan.

2. Alcance.

Las áreas críticas del Hospital Militar de Santiago determinadas en este documento son: Unidad del Paciente Crítico (UPC) que a su vez incluye UCI, UCI Pediátrica y UCI Coronaria, Pabellones Quirúrgicos y Unidad de Esterilización. Por lo que el plan de mantenimiento preventivo será aplicado a los equipos médicos críticos presentes en dichas áreas.

3. Definiciones.

Los equipos médicos críticos: Son todos aquellos equipos cuyo funcionamiento es vital para la seguridad de los pacientes, dentro de los cuales es posible identificar los siguientes:

- Ventilador para cuidados intensivos (Drager).
- Monitor multiparámetro (Drager).
- Unidad de Anestesia (Drager).
- Unidad esterilizadora por vapor de agua (Matachana).

Mantenimiento preventivo: Serie de actividades destinadas a inspección, monitorea, sustitución o reacondicionamiento de componentes con potenciales síntomas de fallas.

Ventilador para cuidados intensivos: Equipo utilizado para reemplazar o asistir mecánicamente la ventilación pulmonar, en aquellos casos donde el paciente no sea capaz de generarla o sea ineficiente para vivir.

Monitor multiparametros: Equipo que permite monitorizar los signos vitales de pacientes adultos, pediátricos y neonatales con diferentes niveles de gravedad. Permite que el mismo monitor se use tanto en la cabecera del paciente como durante el transporte del mismo, lo cual permite una monitorización y recopilación de datos continua.

Unidad de Anestesia: Equipo que permite la administración controlada de gases anestésicos al paciente durante una intervención quirúrgica. Este equipo controla la respiración y la concentración de gases.

Unidad esterilizadora por vapor de agua: Equipo que permite Aprovisionamiento de agua pura para una limpieza a fondo y protector de las placas de cristal y sin residuo mineral procedimiento de ósmosis inversa para la desmineralización y la desinfección de agua de la ciudad y el agua potable funciona sin el uso de productos químicos
Altos de rendimiento puro del agua gracias a un sistema especial de módulo de membrana y la de regreso

4. Responsabilidades

Técnicos de Ingeniería Biomédica: Son responsables de ejecutar las actividades asociadas a las mantenciones preventivas y también, tendrán la labor de supervisar en terreno, las mantenciones preventivas ejecutadas por las empresas contratadas en caso de que el Departamento Ingeniería Biomédica no tenga la expertica y/o el equipamiento necesario para realizarlo.

Jefe Sección de Mantención Depto. Ingeniería Biomédica: Es responsable de supervisar todos los trabajos realizados de mantenimiento.

Jefe Departamento de Ingeniería Biomédica: Es responsable de monitorear y hacer cumplir con lo que está establecido en este documento. Es responsable de disponer la ejecución de mantenciones preventivas con los medios propios del Departamento, cuando por razones

ajenas a su ámbito de responsabilidad, éstas no se pueden ejecutar por empresa externa.

Usuarios internos de equipos médicos críticos en UPC, Pabellones Quirúrgicos y Unidad de Esterilización: Es responsable de dar recepción conforme de los trabajos de mantenimiento preventivo, en forma personal o en quien delegue. Asimismo, será responsable de la conservación indemne de los medios de registro comprobatorios de la ejecución de las mantenciones, en los equipos de su unidad a cargo, dando aviso oportuno para su reposición al Depto. de Ingeniería, cuando sea necesario.

5. Planificación del mantenimiento

Las mantenciones preventivas expuestas en el siguiente desarrollo, responden a la capacidad de aumentar el tiempo de disponibilidad de los equipos, por lo tanto estas deberán ser efectivas en su realización y registradas para asegurar el cumplimiento de las mismas. Cabe señalar que las mantenciones aquí propuestas estarán orientadas a "Prevenir" fallas futuras, mediante el análisis y diagnóstico autónomo por parte del HMS para con sus equipos.

6. Actividades del mantenimiento preventivo

A continuación se muestra la serie de equipos que deberán seguir este plan de mantenimiento, con sus respectivos procedimientos.

Unidad de anestesia Drager Primus.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Semanal	**usuario interno**
Inspección circuito paciente.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	
En caso de fuga de gas, realizar pruebas de fuga para asegurar el correcto funcionamiento del circuito paciente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Técnico**
Inspección visual desgaste Fuelle	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- verificar la limpieza del lugar donde se aloja el Fuelle.	
En caso de observar puntos sucios, realizar la limpieza correspondiente.	
Si se observa algún deterioro o desgaste del fuelle, realizar inmediatamente el cambio.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Revisión motor unidad de anestesia.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento de la unidad.	
3.- Verificar el entorno del motor, cuidando que no existan agentes externos que pudieran dañar o inducir una falla del motor (ya sea suciedad o humedad).	
4.- Diagnosticar funcionamiento del motor mediante parámetros de motores.	
Realizar ensayos Estáticos y dinámicos.	
Pruebas generales de: Conexiones; Resistencia a la tierra; Capacidad a la tierra; Resistencia entre fases y su desequilibrio; inductancia entre fases y su desequilibrio.	
5.- En caso de encontrar parámetros inadecuados, realizar operaciones de reacondicionamiento.	
Chequeo Flujómetro FiO_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurar que la unidad se encuentre encendida y en modo Standby.	
3.- Realizar la calibración automática de la unidad para FiO_2.	
4.- Si la calibración presenta un error, entonces:	
Si no se ha calibrado el sensor, necesita cambio.	
Si tiene diferencias entre puntos de calibración e índices de tolerancia, volver a calibrar.	
Podría existir la posibilidad de Fuga circuito paciente, aplicar POE "inspección circuito paciente".	
En caso de no obtener respuesta satisfactoria, cambio del sensor.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad de anestesia Drager Primus	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Inspección válvula controladora de O_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.	
3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.	
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.	
De encontrar componentes en mal estado, si amerita, hacer cambio de la válvula completa.	
Cambio Sensor O_2	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento del equipo.	
3.- Ubicar el lugar donde se aloja el sensor.	
4.- Proceder a la sustitución:	
Desenroscar el tornillo.	
Retirar el Sensor de O_2 usado del tornillo e insertar el nuevo Sensor de O_2.	
Enroscar el tornillo.	
Reacondicionamiento cable multimed	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Realizar pruebas eléctricas para verificar la continuidad física del cable.	
En caso de existir fisuras o cortes que pudiesen ser reparables, inmediatamente realizar el reacondicionamiento de este componente, mediante la reparación eléctrica correspondiente.	
De existir agentes externos al componente, realizar la limpieza adecuada para el retiro de éstos.	

Monitor multiparámetro Drager Delta.

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Usuario Interno**
Inspección Visual Conector cable ECG	
Inspección Visual Suciedad cable SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la continuidad de los cables.	
Identificar posibles focos que pudieran potenciar una falla al funcionamiento del cable. (Suciedad por ejemplo).	
Si se encuentran trozaduras, se procede al reacondicionamiento inmediato del cable, en caso contrario el cambio.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor Multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Reacondicionamiento tarjeta electrónica pantalla.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Desmontar la carcasa de la pantalla, para dejar al descubierto la tarjeta electrónica.	
3.- Desconexión de módulos y conectores.	
4.- Verificar en primera instancia el estado superficial de la tarjeta electrónica, en búsqueda de suciedad o humedad.	
En caso de existir lo anterior, realizar limpieza.	
De encontrar problemas con las soldaduras de la tarjeta, iniciar reparación.	
Reacondicionamiento cable ECG	
Reacondicionamiento cable SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la existencia de trozaduras o discontinuidad del cable.	
3.- Realizar procedimiento similar a "Inspección Visual de cables" de manera que se puedan reacondicionar inmediatamente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Usuario Interno**
Inspección conexiones circuito paciente.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Sustitución Sensor SpO	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la funcionalidad del componente, mediante el uso continuo, si este se ve que no cumple con los requisitos del cliente interno. Realizar el cambio del Sensor SpO2 para no descontinuar la atención.	
Calibración equipo	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Realizar calibración general del equipo y sus funciones más importantes.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Monitor multiparámetro Drager Delta	
Intervalo	**Realizado por**
Anual	**Técnico**
Cambio cable ECG	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Verificar la funcionalidad del cable ECG, para identificar si puede continuar aplicándose en las atenciones.	
Si el cable cumplió su vida útil o presenta síntomas de fallas graves y pérdida parcial o total de su función principal. Realizar el cambio del componente.	
Cambio terminal ECG	
1.- Identificar el componente a intervenir.	
2.- Retirar el componente de Terminal ECG, y sustituirlo por uno nuevo.	

Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina.

Procedimiento Operativo Estándar	
Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Usuario interno**
Inspección Circuito paciente	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Asegurarse de no estar conectada a algún paciente.	
3.- Revisar las condiciones y conexiones del circuito paciente.	
4.- En el caso que se observe alguna anomalía en el funcionamiento del circuito paciente, dar aviso inmediatamente, para su reparación o verificación de los componentes.	
En caso de fuga de gas, realizar pruebas de fuga para asegurar el correcto funcionamiento del circuito paciente.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Ventilador para cuidados intensivos. Drager Savina	
Intervalo	**Realizado por**
Semestral	**Técnico**
Cambio fusible pantalla	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- interrumpir la corriente eléctrica hacia el equipo.	
3.- Revisar funcionamiento adecuado del fusible.	
4.- Si el fusible presenta un buen funcionamiento, mantener e ir analizando cada un mes para verificar si se cambia.	
En el caso contrario, quitar el fusible averiado, y reemplazar por uno nuevo en el intervalo mencionado.	
Chequeo estado de batería	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Cargar Batería al 100%.	
3.- Tomar tiempo de funcionamiento sin estar conectado a la red eléctrica.	

4.- Registrar datos para trazar funcionamiento en Tiempo de descarga de la batería, para definir porcentaje de funcionamiento de la batería.
En este estudio se considera un funcionamiento óptimo de un 80% de su capacidad inicial, posterior a esto, se recomienda el cambio de la batería.
Inspección desgaste válvula O_2
Inspección válvula mezcladora de gases
Inspección válvula de alivio
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.
3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.
Sustitución sensor flujo
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Desplazar completamente hacia la izquierda la base de conexión (casquillo).
3.- Colocar el sensor de flujo – con el conector indicando hacia el aparato – en el alojamiento y meterlo hasta el tope en el casquillo.
4.- Desplazarlo hacia la derecha hasta el tope en el labio de la válvula de espiración
Sustitución sensor de O_2
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Interrumpir la corriente eléctrica al equipo.
3.- Girar la boquilla hacia abajo o hacia la izquierda
4.- Desenroscar el tornillo con una moneda, retirar la tapa.
5.- Aflojar los dos tornillos moleteados y retirar la tapa de la carcasa del sensor.
6.- Incorporar una nueva cápsula de sensor, quedando visible la parte con las pistas conductoras anulares.
7.- Cerrar bien la carcasa del sensor con los dos tornillos moleteados.
8.- Atornillar bien de nuevo la tapa.

Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Sustitución sello Clamp	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Detener el funcionamiento del equipo.	
3.- Retirar Clamp shield.	
4.- Quitar sello.	
5.- Cambiar por uno nuevo.	
6.- Volver a colocar Clamp Shield.	
7.- Realizar prueba de funcionamiento para determinar la existencia de fugas.	
Cambio empaquetadura puerta.	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Retirar empaquetadura de la puerta.	
3.- Volver a instalar una nueva.	

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Trimestral	**Técnico**
Inspección válvula evacuación y vacío	
Inspección válvula de retención línea de vacío	
Inspección válvula entrada de vapor	
Inspección válvula seguridad de generador SV3	
Inspección válvula selenoide	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la válvula.	

3.- En caso de existir suciedad en la válvula, realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.
4.- Realizar Inspección, revisión y diagnóstico al cuerpo de la válvula, incluidos: tapón, asiento, sellos, entre otros.
De encontrar componentes en mal estado, si amerita, hacer cambio de la válvula completa.
Chequeo Electroválvula de agua de entrada
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Energizar el equipo.
3.- Tomar datos de corriente y tensión de la electroválvula y comparar con los valores de la placa.
4.- Realizar limpieza externa de la electroválvula con un paño seco.
Inspección trampa de vapor
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Verificación nivel de condensado de la trampa.
En el caso que no exista condensado o halla una gran fuga de vapor por la trampa, indica problema con el componente.
3.- Verificar las conexiones a la trampa de vapor para encontrar posibles fugas en las juntas o empaques.
4.- Verificar temperatura de entrada de vapor con la de vapor saturado. En el caso que indique diferencias, reportar válvula con potencial de falla.
5.- Determinar la existencia de cambios de sonido del flujo de la trampa de vapor, la cual podría evidenciar algún problema con ésta.
Inspección chaqueta de la cámara
1.- Delimitar la zona a intervenir.
2.- Verificar de manera visual el grado de suciedad de la cámara.
3.- En caso de existir suciedad o corrosión en la chaqueta o interior de la cámara), realizar la limpieza respectiva para asegurar buen funcionamiento.

Procedimiento Operativo Estándar	
Unidad esterilizadora por vapor de agua. Matachana S1000	
Intervalo	**Realizado por**
Mensual	**Usuario Interno**
Inspección filtro	
1.- Delimitar la zona a intervenir.	
2.- Verificar el grado de suciedad del filtro de aire.	
En el caso de existir pelusas o agentes que bloqueen la función del filtro, realizar el retiro inmediato.	

7. Anexos

Hospital Militar de Santiago

Comprobante trabajo de mantención preventiva.

Realizado por	
Apoyado por	
Supervisado por	

Fecha	
Duración	

Sistema	
Subsistema	

Tipo de actividad	Inspección	Reacondicionamiento	Sustitución

Descripción actividad

Recursos utilizados

Frecuencia

Mensual	
Bimensual	
Trimestral	
Semestral	
Anual	

Necesidad de realizar mantención correctiva

Si No

Observaciones generales

Firma técnico

Firma supervisor