

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS
BIOMÉDICOS EN UN HOSPITAL EN EL VALLE DEL CAUCA.

ANA MARÍA CABRERA LÓPEZ
LINA SOFÍA GÓMEZ BOLÍVAR

UNIVERSIDAD DEL VALLE – SECCIONAL ZARZAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
VALLE DEL CAUCA
2017

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS
BIOMEDICOS EN UN HOSPITAL EN EL VALLE DEL CAUCA.

ANA MARÍA CABRERA LÓPEZ
LINA SOFÍA GÓMEZ BOLÍVAR

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de ingeniero
industrial

Director
MSc. JULIAN GONZALEZ VELASCO
Docente de Ingeniería Industrial Universidad del Valle.

UNIVERSIDAD DEL VALLE – SECCIONAL ZARZAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
VALLE DEL CAUCA
2017

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GENERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. MARCO DE REFERENCIA	14
4.1. ESTADO DEL ARTE	14
4.2. MARCO TEÓRICO	20
4.2.1. Herramientas para la Toma De Decisiones	20
4.2.1.1. Mantenimiento de Clase Mundial (WCM)	20
4.2.1.2. Mantenimiento Hospitalario	23
5. DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACIÓN	26
6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO ACTUAL	28
6.1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	28
6.2. INVENTARIO DE QUIPOS	30
6.3. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	33
6.4. EVALUACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL	37
6.4.1. Encuestas	38
6.4.2. PARAMETROS COMPARATIVOS	39
6.5. HERRAMIENTA INDICES DE EFICIENCIA	47
6.5.1. Diagrama Ishikawa	47
6.6.1 Simulación área de urgencias y consulta externa	53
6.6.2 Simulación área de cirugía, odontología y terapia física	54
6.6.3 Simulación área de sala de partos	55
6.6.4 SIMULACIÓN DEL ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN, PEDIATRÍA Y CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN.	56
6.7. CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO	56

7. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS.....	59
7.1 PLANEACION ESTRATEGICA DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL	60
7.1.1. Filosofía TPM.....	61
7.1.1.1 Pilares del tpm.....	62
7.2 IMPLEMENTACION DE FILOSOFIA KAIZEN.....	76
7.2.1. RESIDEÑO DE PROCEDIMIENTOS.....	76
7.3. IMPLEMENTACION DE MEJORA.....	88
7.3.1. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo	89
8. VALIDACION DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE SIMULACION	103
8.1. SIMULACIÓN ÁREA DE URGENCIAS Y CONSULTA EXTERNA.....	108
8.2 SIMULACIÓN ÁREA DE CIRUGÍA, ODONTOLOGÍA Y TERAPIA FÍSICA.	109
8.3. SIMULACIÓN ÁREA DE SALA DE PARTOS.....	110
8.4. SIMULACIÓN DEL ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN, PEDIATRÍA Y CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN.	111
COMPARACION DE ESTADO ACTUAL Y MEJORA	111
8. ANALISIS COSTO BENEFICIO	113
8.1. COSTOS.....	113
8.2. BENEFICIOS.....	115
8.3. COMPARACION	118
9. CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	123

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Categorías de gestión de mantenimiento.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 2 Inventario de equipos biomédicos.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3 Inventario de equipos según el riesgo</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4 Personal relacionado con el mantenimiento</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 5 Consolidado resultado de encuestas</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6. Fallas frecuentes en los equipos biomédicos.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7. Fallas registradas y documentadas por cada equipo.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 8. DOFA.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 9. Entidades y recursos simulación.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 10 Datos áreas Urgencias y Consulta Externa</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 11 Datos áreas Cirugía, Odontología y Terapia Física</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 12 Datos área Sala de Partos.</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 13 Datos áreas Hospitalización, Pediatría y Centro de Estandarización.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 14 Asignación de peso por criterio.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 15. Nivel de prioridad de los equipos biomédicos.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 16 Desarrollo del procedimiento propuesto</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 17 Datos tomados en campo</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 18 Calculo de disponibilidad.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 19. Codificación de equipos para simular</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 20. Distribución triangular</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 21 Datos áreas Urgencias y Consulta Externa</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 22 Datos áreas Cirugía, Odontología y Terapia Física.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 23 Datos área Sala de Partos.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 24 Datos áreas Hospitalización, Pediatría y Centro de Estandarización. ..</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 25 Datos comparados.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 26 Costos de Inversión</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 27 Costos Mensuales</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 28 Beneficio mes de febrero.</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 28 Beneficio mes de febrero (continuación).....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 29 Beneficio mes de marzo.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 30 Beneficio mes de abril.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 31 Beneficio promedio en los meses siguiente.</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 32 Comparación Costo/Beneficio.....</i>	<i>119</i>

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Tipos de mantenimiento</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 2 Organigrama hospital objeto de estudio.</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 3 Organigrama área de mantenimiento.</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 4 Solicitud de mantenimiento correctivo del Ingeniero biomédico para solicitar dicho servicio.</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 5 Mantenimiento preventivo.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 6 Porcentajes Nivel de satisfacción.</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 7 Diagrama causa y efecto del área de Mantenimiento de equipos biomédicos.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 8 Pilares del TPM</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 9 Flujo de proceso</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 10 Actividades y Resultados.....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 11 Nuevo flujograma de Mantenimiento correctivo.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 12 Nuevo flujograma mantenimiento preventivo.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 15 Flujo.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 16 Input analyzer tiempos Mínimos.</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 17 Demora de tiempos de mantenimiento.</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 18 Modelo simulación por área.....</i>	<i>107</i>

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos médicos son bienes de vital importancia ya que por ser una ayuda diagnóstica logran con la información que brinda transformar vidas, estos dispositivos exigen una inversión considerable en su adquisición y muchas veces tienen altos costos de mantenimiento. Por lo tanto, es importante contar con un plan de mantenimiento preventivo y de calibración, con una frecuencia estimada de acuerdo a cada equipo y su uso ya que de su correcto funcionamiento depende el nivel de servicio prestado a los usuarios que acuden a las instituciones prestadoras de servicios médicos. Además, un programa de este tipo prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los costos relacionados con su posesión. Por lo anterior, las entidades que prestan servicios de ayudas clínicas diagnósticas han creado departamentos de mantenimiento con personal capacitado e idóneo en el manejo y funcionamiento de estos. Por otra parte, la tendencia actual de la economía impulsa a contar con un servicio de mayor calidad y a un costo que resulte competitivo, dicho servicio debe acogerse a un control de calidad formalizado que obliga a que el equipo utilizado para proporcionar el servicio funcione correcta y continuamente.

Actualmente la logística hospitalaria es un campo que representa una oportunidad de investigación en Colombia, ya que abarca la gestión de los procesos de apoyo necesarios para la adecuada ejecución de los procedimientos de asistencia en salud, entre los cuales se encuentra la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos. A su vez, las fallas en los mismos traen como consecuencia la interrupción en el normal funcionamiento de los equipos de apoyo a los procesos asistenciales, afectando el tiempo de atención y oportuna prestación del servicio (Copete Palacios & Lobo Moreno, 2012).

De este modo, todo el objetivo y desarrollo de la presente investigación es Proponer un sistema de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, iniciando con un diagnóstico para la detección de puntos críticos para posteriormente seguir con el cumplimiento de los objetivos con la propuesta de mejora fundamentada en la filosofía TPM, siguiendo con una simulación como validación de la propuesta y finalizando con una análisis costo beneficio para evidenciar el impacto económico que tendría dicha propuesta.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los dispositivos Biomédicos, son considerados un componente fundamental para la prestación de los servicios de salud, incluyendo productos que van desde una aguja o jeringa, hasta equipos de alta tecnología como tomógrafos y marcapasos. Estos son utilizados para intervenir directamente en el ser humano, ya sea para corregir o prevenir problemas de salud, su utilización lleva implícito elemento que atentan contra la seguridad del paciente, es decir, la seguridad del mismo depende de los atributos o elementos que de una u otra forma pueden afectar negativamente el estado de salud de éstos.

Según el Decreto 1764 de 1994, un dispositivo médico es seguro, cuando puede determinarse sobre bases y evidencias científicas, que los beneficios para la salud de un paciente en una indicación y condición de uso dada, acompañado por un adecuado direccionamiento y alertas contra situaciones inseguras, sobrepasan los riesgos propios del dispositivo médico.

Actualmente, los centros hospitalarios se encuentran dotados de una gran variedad de equipos biomédicos con tecnología de punta, que para estar disponibles cuando sean requeridos necesitan un correcto mantenimiento que les permita ofrecer resultados confiables y oportunos. Para mantener un nivel adecuado en la prestación de servicio, los hospitales deben tener en cuenta diversos factores que influyen directamente en su funcionamiento, el mantenimiento de equipos biomédicos, es un factor avalado por el Decreto 1764 arriba mencionado, donde se establece el presupuesto destinado para su ejecución y se definen una serie de lineamientos a cumplir.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de los equipos posee una relación directamente proporcional con la cantidad de servicio a atender, es importante que dentro de todo centro hospitalario se acojan las medidas apropiadas para que los equipos se encuentren listos para ser empleados en el momento oportuno, disminuyendo así los retrasos en la prestación del servicio.

Por mantenimiento hospitalario se entiende la actividad técnico-administrativa, para prevenir daños y restablecer tanto la infraestructura como la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, se realiza de forma periódica y su principal objetivo es minimizar las probabilidades de riesgo y fallas de los equipos, además de asegurar la operación continua de los mismos, logrando extender y mejorar la

vida útil del equipo. Entre los procedimientos que pueden estar incluidos en el proceso del mantenimiento están la limpieza, lubricación, ajuste y calibración, reemplazo de partes.

La gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos se hace cada vez más importante en el mundo debido a la creciente demanda de servicios médicos hospitalarios, a los altos costos de la tecnología, a su constante crecimiento y evolución, a la necesidad de mejorar procesos para ser más competitivos y para el mejoramiento de los procesos de calidad, de los equipos de alta, media y baja tecnología, así como para aumentar la seguridad del paciente y/o usuario del equipo

El mantenimiento de equipos biomédicos se puede dividir en dos principales categorías: inspección y mantenimiento preventivo (IMP) y mantenimiento correctivo (MC). Por IMP se entienden todas las actividades programadas que aseguran la funcionalidad de los equipos y previenen averías o fallas. Las inspecciones de funcionamiento y seguridad son procedimientos sencillos que permiten verificar el funcionamiento adecuado y el uso seguro del dispositivo. El mantenimiento preventivo (MP) comprende todas las actividades que se realizan para prolongar la vida útil de un dispositivo.

Según investigaciones de la OMS, el déficit de atención en los centros hospitalarios en mayor proporción se ve relacionado con las fallas en la funcionalidad de los equipos necesarios para el diagnóstico e intervención de sus pacientes, se ha demostrado que por lo menos el 80% de los pacientes son remitidos a otros centros asistenciales debido a fallas en los insumos, equipos y personal. De quinientos pacientes o más que se podrían tratar diariamente, se atienden alrededor de cien. De esta forma, la falta de mantenimiento oportuno en los equipos biomédicos de los centros hospitalarios, genera una falla en la correcta prestación del servicio, provocando retrasos en la atención de los pacientes, diagnósticos erróneos, deterioro constante en la planta física e incluso la pérdida total de los equipos, todo esto debido al inadecuado manejo de los recursos destinados para su mantenimiento preventivo y correctivo, además de las fallas en la logística aplicada para identificar los momentos precisos en los que estos elementos deben ser destinados a una revisión o intervención. Al presentarse esta serie de fallas, el servicio ofrecido empieza a ser poco confiable y en cierta medida a poner en riesgo la vida del paciente.

Según el Informe Estadístico del Programa Nacional de Tecno vigilancia - Histórico 2005 – 2012, la distribución de los reportes de Tecno vigilancia de acuerdo al tipo

de dispositivo médico, indica que el 74% corresponde a dispositivos médicos y el 26 % corresponde a equipos biomédicos y dentro de los equipos biomédicos con mayor reporte se encuentran en su respectivo orden: bombas de infusión, humidificadores, infusores, sistema de aerosol terapia, nebulizadores, entre otros. Aunque los equipos biomédicos presentan menor proporción de reportes, su uso implica un mayor riesgo para el paciente pues éstos se utilizan en cuadros clínicos más complejos.

Así mismo se observa que una de las causas que generan dichas deficiencias en el funcionamiento del sistema de salud, se ve relacionada con las fallas en los aspectos operacionales y logísticos, ligado a una inadecuada planeación que no permite mantener en condiciones adecuadas todos los equipos que garantizan un servicio de calidad en los hospitales colombianos.

El Hospital objeto de estudio, es una entidad prestadora de servicios en los procesos de promoción, fomento, prevención, diagnóstico, control, tratamiento y rehabilitación en el nivel 1 y 2, cuenta con equipos biomédicos desde el nivel de riesgo I hasta el III. En dicha entidad el área de mantenimiento de equipos biomédicos presenta escases de procesos administrativos y operativos que afectan la disponibilidad de los equipos y el nivel de servicio de la entidad.

Con base en lo anterior se deriva la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se debe diseñar un sistema de gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos de un centro hospitalario en el Valle del Cauca?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos para el Hospital Departamental San Rafael, ubicado en el municipio de Zarzal, Valle del Cauca, de tal forma que se garantice la disponibilidad de los equipos en el momento oportuno.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos del centro hospitalario, identificando aspectos administrativos, logísticos y operativos de éstos, que proporcionen medios para hallar los puntos críticos presentes en el sistema.
- Plantear una propuesta de mejora para la gestión del mantenimiento de equipos biomédicos, que contribuya a garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos en el hospital.
- Validar la propuesta de mejoramiento mediante un modelo de simulación de eventos discretos.
- Realizar un análisis costo beneficio de la propuesta de gestión de mantenimiento, para evidenciar el impacto económico que tendría el centro hospitalario mediante la aplicación de esta.

3. JUSTIFICACIÓN

El servicio de salud en cualquier institución o entidad prestadora de servicios de salud, debe garantizar la disponibilidad y buen funcionamiento de los equipos e instrumentos biomédicos útiles para el diagnóstico y preservación de las vidas de los pacientes que acuden en busca de dichos servicios, por ello es prioritario mantener estos equipos en excelente estado y funcionamiento, lo cual es un factor de vital importancia en la medida que permite ofrecer un nivel de servicio seguro y confiable, además de disminuir el déficit de atención a los pacientes; situación que se refleja principalmente con la remisión de estos a otros centros hospitalarios por deficiencias o fallas en su logística interna, por lo tanto, la prevención y corrección de estas fallas, permitirá suplir las necesidades de sus pacientes y aumentar los ingresos a la entidad.

El bienestar y la seguridad del paciente es una preocupación universal, ya que a diario se observan fallas en la atención por parte de distintas instituciones prestadoras de servicio de salud. Según datos publicados por la OMS, en países desarrollados uno de cada diez pacientes ha sufrido un daño causado por eventos adversos y los riesgos de sufrir infecciones hospitalarias son veinte veces mayores en países en vía de desarrollo. También se informa que al menos el 50% del equipamiento médico en países en vía de desarrollo es inutilizable o es parcialmente usado lo que incrementa la probabilidad de un incidente o evento adverso. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Actualmente en Colombia se trabaja por un desarrollo en la gestión de mantenimiento que abarca el desarrollo de los protocolos de mantenimiento preventivo y de entorno y la elaboración de planes de mantenimiento. Todo esto se realiza con el fin de mejorar la prestación de servicios de las instituciones de salud, aumentar el ciclo de vida útil de la tecnología biomédica, cumplir con las normativas y protocolos reconocidos a nivel mundial por parte del sistema de calidad (Estrada Puerta & Cifuentes Rodríguez, 2011)

Según el INVIMA en su reporte de Incidentes adversos, establece que entre 2008 y 2011, se registró un crecimiento en la notificación de eventos e incidentes adversos, contando al cierre de mes de abril de 2012, con un total de 437 reportes procedentes de las instituciones prestadoras de servicios de salud, fabricantes, importadores, profesionales de la salud independientes, secretarías departamentales y distritales y usuarios en general (24) del total de reportes realizados, el 67% corresponde a

incidentes adversos (58% no serios y 9% serios) y el 15% a eventos adversos (10% no serios y 5% serios) lo que demuestra que la intervencion oportuna es importante para prevenir que los incidentes se conviertan en eventos dentro de las instituciones prestadoras de servicios de salud. (INVIMA, 2012).

Tambien el INVIMA en un informe estadistico del programa de Tecnovigilancia Historico 2005 – 2012, establece que los principales reportes de eventos e incidentes adversos están relacionados en un 80% con dispositivos médicos de riesgo bajo y moderado (clase I, IIA y IIB) como jeringas y equipos de administración de soluciones; en mayoría implantables tales como marcapasos, endoprótesis, electrodos, entre otros. (INVIMA, 2012)

Por lo tanto, las instituciones prestadoras de servicios de salud del Valle del Cauca presentan la necesidad de establecer un programa de mantenimiento, que contribuyan al bienestar de todos los usuarios, dado que la atención primaria siempre es determinante dependiendo de las condiciones en las que esté el solicitante.

Otro factor importante concierne en tener en cuenta los parámetros establecidos para el constante monitoreo y evaluación de la calidad o estado en el que se encuentran los equipos de los hospitales; por ésta razón es importante realizar un oportuno mantenimiento de los equipos biomédicos y así evitar posibles incidentes en los cuales se comprometa la vida de los pacientes.

Con base en lo anterior, el presente trabajo busca establecer una propuesta basada en un modelo integrado de mantenimiento de equipos biomédicos en un hospital del norte del Valle del Cauca de tal forma que contribuya a maximizar la disponibilidad de los equipos y garantice un nivel adecuado de respuesta a la demanda de servicios médicos de la entidad objeto de estudio.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ESTADO DEL ARTE

Las investigaciones y trabajos sobre gestión del mantenimiento, una buena implementación y su impacto en la prestación de servicios se han venido desarrollando desde años atrás empezando en la industria japonesa hasta investigaciones que actualmente se realizan. Así mismo se han desarrollado publicaciones y artículos sobre la aplicación de herramientas de simulación como apoyo y prueba para la validación de propuestas.

A continuación, se presentan algunos trabajos tomados como referencia para el desarrollo de este proyecto:

(González, 1996) en su libro “Manual de mantenimiento de salud: Instalaciones y bienes de equipo”, analiza el deterioro de los recursos físicos y propone asegurar la correcta operación mediante políticas, métodos y técnicas de conservación, plantea la inclusión de puntos críticos tales como la evaluación del universo de acción del programa, decisiones tomadas con base en criterios de ingeniería para realizar procedimientos, descripciones completas de lo que es necesario inspeccionar en cada unidad funcional, incluyendo parámetros de desempeño específicos del funcionamiento de los quipos entre otros. Llegando a la conclusión de que el beneficio directo más importante está representado por la limitación del uso de servicios contractuales externos para garantizar el mantenimiento preventivo y la reparación del equipamiento médico hospitalario, ya que los servicios contratados se constituyen en gastos recurrentes. Estos costos representan entre el 5% y el 7% anual del valor de adquisición de los equipos.

Así mismo, (Tavares, 2000), en su libro “Administración Moderna del Mantenimiento”, enseña cómo aplicar prácticas modernas de mantenimiento en la cotidianidad, aumentando la disponibilidad y productividad de los equipos sin perder de vista el entorno económico las operaciones. Para que esos objetivos sean alcanzados, es fundamental el papel de los sistemas informatizados de gestión del mantenimiento, que agregan funcionalidad, tecnología simplificando procesos, a costos cada vez más competitivos.

Por otro lado (Rodríguez. et al., 2001) en su artículo “Gestión de mantenimiento para equipos biomédicos” presentó una guía de cómo organizar el trabajo para la gestión de mantenimiento del equipo médico en un hospital con proyección a la automatización, utilizando software médicos de ECRI y SMACOR, obteniendo como resultado una disminución en el tiempo promedio de cambio de estado de los equipos, lo que significa un aumento de la operatividad de la tecnología instalada. Los costos del mantenimiento a causa de gastos de salario por mantenimiento correctivo disminuyen, ya que el fondo de tiempo dedicado a esta actividad se reduce en un 30%. Llegando a la conclusión de que la gestión de mantenimiento en el hospital permite aumentar la calidad del servicio, con una mayor eficiencia y mejor relación costo efectivo.

En el mismo orden de ideas (Venkatesh, 2005), en su documento “An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)”, realiza una comparación entre el TQM y El TPM, explica brevemente los tipos de mantenimiento existentes y finalmente expone algunos aspectos básicos de la filosofía de gestión TPM. Concluyendo que hoy en día, con la competencia en la industria en su punto más alto, TPM puede ser el único que se interpone entre el éxito y el fracaso total para algunas empresas, también ha demostrado ser un programa que funciona. Se puede adaptar para trabajar no sólo en las plantas industriales, también en la construcción, mantenimiento de edificios, el transporte, y en una variedad de otras situaciones.

De igual forma (Mesa. et al., 2006), en su artículo “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento” tiene como finalidad discutir las funciones que tiene la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad como herramientas poderosas, que pueden auxiliar en gran medida la toma de decisiones del personal de mantenimiento de equipos industriales. En el documento se presentan algunas sugerencias para llevar a cabo una buena gestión estratégica de mantenimiento obteniendo como resultados que la confiabilidad práctica puede auxiliar al personal de mantenimiento a obtener altos índices de disponibilidad con bajos costos, pero estos resultados sólo serán alcanzados si se adoptan cambios en el entendimiento de la función de mantenimiento y en la postura de todos los involucrados en este proceso.

También (Duarte, 2006), en su artículo “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad usando métodos de simulación del ciclo de vida” realiza el modelamiento de la confiabilidad y disponibilidad mediante la técnica de simulación Monte Carlo, para

representar la interacción de los diferentes equipos en un sistema, determinando el impacto de desempeño de los equipos en la disponibilidad de la planta y los objetivos de negocio y finalmente evaluar las diferentes alternativas de mejoramiento antes de comprometer costosos recursos de capital obteniendo como conclusión que las herramientas de Ingeniería de confiabilidad, son muy útiles en el momento de resolver problemas de equipos y procesos. Estas herramientas pueden ser usadas a un alto nivel para dar un panorama general de donde residen la mayoría de los problemas de una compañía. Una vez se han identificado las oportunidades de mejoramiento estas herramientas pueden ser utilizadas para analizar niveles inferiores con el fin de encontrar y eliminar las causas básicas.

(Llañes, et al., 2008) en su trabajo "La tercerización del mantenimiento como contribución al mejoramiento del desempeño de la organización. Procedimiento para la toma de decisiones" muestra un procedimiento que permite facilitar el proceso de toma de decisiones a la hora de decidir si una determinada actividad continuará siendo realizada por la empresa o es más factible contratarla a terceros de manera que se logre un mejoramiento del desempeño de la actividad de mantenimiento. Los resultados obtenidos muestran que los aspectos que caracterizan el entorno empresarial actual obligan a las organizaciones a ser cada vez más flexibles y que una de las formas de lograr esta demandada flexibilidad radica en la aplicación eficiente de la Gestión del Mantenimiento, definiendo claramente el responsable de desarrollarlo, para garantizar que el equipamiento productivo de la empresa se encuentre en condiciones de desempeñar las funciones deseadas en su contexto operacional.

Adicionalmente (Orozco et. al, 2009) en su artículo "Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009" muestra como la gestión de mantenimiento es una herramienta de gran impacto que apoya al personal de Ingeniería en el desarrollo, control y dirección de programas de mantenimiento para el equipo médico. Como resultado se obtuvo que entre las instituciones encuestadas se encontró que la causa de falla más común en los equipos del servicio de urgencia es el mal manejo de los equipos (75%) por parte de los operarios y que 70% del mantenimiento es realizado por personal con experiencia en el área (tecnólogos en mantenimiento de equipo biomédico e ingenieros biomédicos). En las once instituciones públicas y privadas encuestadas se halló que solo se contaban con cronogramas de mantenimiento y/o con información desactualizada concerniente a

las hojas de vida de los equipos, planes de mantenimiento o adquisición y baja de equipos. Como conclusión se muestra que el estudio evidencia la existencia de debilidades en ciertos puntos de la gestión, incluyendo mala organización, poca disponibilidad de repuestos originales y falta de capacitación en el personal que operan los equipos.

(García, 2010) en su libro “Organización y gestión integral de mantenimiento” trata de explicar cómo aplicar diversas técnicas si se está buscando mejorar un departamento de mantenimiento: como estudiar sus equipos, para distinguir los importantes de los que no lo son, como diseñar su plan de mantenimiento, como seleccionar el repuesto que debe permanecer en stock, como auditar sus sistema de mantenimiento para buscar puntos de mejora o cómo gestionar la información que se genera. En este se encuentran formatos, guías de implantación, ejemplos, consejos, y hasta un capítulo dedicado a cómo realizar el cambio desde una situación en la que predomina la reparación urgente de averías (mantenimiento de crisis) a una en la que predomina la alta disponibilidad de los equipos a un coste bajo. Se trata de un manual práctico, con una garantía: todo lo que en este libro se detalla ha sido implantado en empresas de diversos sectores (petroquímico, automoción y energético), en algunos de cuyos departamentos cundía el desánimo y la sensación de que el cambio era imposible.

(Ingalls, 2011), en su artículo “Introduction to simulation”, discute sobre las cuestiones relacionadas con el uso de la simulación en la industria. Este documento está diseñado para enseñar los fundamentos de la simulación, incluyendo la estructura, función, datos generados y su propósito de uso.

(Ahmed & Masjuki, 2012), en su artículo “Action plans for implementation of Total Productive Maintenance”, se presenta un plan de acción breve para la ejecución del mantenimiento productivo total (TPM). A partir de un estudio empírico, llevado a cabo por estos autores, se revela que exigen calidad en las prácticas de mantenimiento. La falta de comprensión del método y de las directrices parece ser los principales factores responsables de este estado. Por lo tanto, se considera que el TPM se merece más atención, tanto en las prácticas como en la investigación.

Con el mismo enfoque (Copete & Lobo, 2012) en su artículo “Sistema Integrado de Logística del Mantenimiento de equipos biomédicos para la Clínica El Bosque” presentan el análisis de un caso de flujo logístico de atención de solicitudes de

mantenimiento de equipo biomédicos en una institución prestadora de servicios de salud y muestran una propuesta para mejorar el tiempo de atención de las mismas, a través de un sistema de prioridades aplicando criterios establecidos en la reglamentación del sector de la salud. Obteniendo como resultados la importancia de fortalecer las prácticas administrativas del mantenimiento de equipos biomédicos, pues el objetivo primordial más que la optimización de tiempos es el beneficio final para el paciente y lo más importante la preservación de la salud y la vida. Por lo mismo es importante generar, igual que sucede con los pacientes, procedimientos de valoración de solicitudes de mantenimiento que permitan priorizar el orden de los servicios, de acuerdo con niveles de riesgo, criticidad y tipo de avería o falla, con el ánimo de atender primero los equipos cuyas fallas representan el mayor riesgo e impacto en la atención de los pacientes. El hecho de que, en el caso de estudio, sólo el 31% de los equipos fueron atendidos internamente, indica que se tiene una dependencia de proveedores externos, lo que hace necesario un monitoreo y control de su efectividad, pues de esta depende la integridad de la cadena logística de atención a los pacientes quienes en últimas se verían afectados por fallas de los equipos que no sean atendidas

La Organización Mundial de la Salud en su publicación “Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos, 2012” muestra la medición del desempeño como un elemento importante para la gestión eficaz del programa de mantenimiento. Mostrando que el mantenimiento oportuno y eficiente maximiza el valor de los recursos de tecnología sanitaria, algo que es especialmente importante cuando los recursos son limitados. Si se examinan con atención los recursos financieros, materiales y humanos, es posible formular y ejecutar un programa exitoso acorde con las necesidades del contexto, incluso en situaciones en las que los recursos son limitados. No obstante, se debe considerar al programa parte integral de la prestación de atención sanitaria y asignar recursos básicos para las tareas definidas en él. Solo de este modo los pacientes tendrán acceso a equipos médicos en condiciones de realizar un diagnóstico preciso, un tratamiento eficaz o la rehabilitación adecuada.

Así también (Calle & Sánchez, 2013) en su trabajo *“Planeación, organización, e implementación de un programa de mantenimiento preventivo de los equipos más críticos de la Clínica Universitaria Bolivariana”* Plantean un programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos de servicios generales de la Clínica Universitaria Bolivariana (CUB), basado en el Sistema Integrado de Gestión de

Activos Hospitalarios fundamentado en las especificaciones PAS 55. Al momento de identificar la infraestructura y los equipos generales, se hizo evidente el estado y entorno de operación de cada uno de ellos, brindando la oportunidad de plantear las medidas de intervención más ajustadas a los requerimientos funcionales de estos activos y ambientes. La evaluación de criticidad de los equipos, manifestó cierto grado de dificultad, debido a la falta de fichas técnicas y hojas de vida de los mismos, lo cual conlleva hacer un trabajo de campo más exhaustivo acompañado con el personal técnico del área de mantenimiento arrojando la obtención de información fiable y la creación de historiales de estos equipos en sus respectivas hojas de vida. Las herramientas informáticas son de vital importancia en cualquier industria moderna, el sector de la salud demanda mucha precisión, seguridad y calidad en todos los aspectos y ámbitos que lo rodean, en busca de proporcionar un servicio a los pacientes que aseguren las intervenciones y recuperación de estos, por tal razón es de vital importancia poseer todos los requerimientos tecnológicos necesarios para prestar un óptimo servicio.

Del mismo modo (Padilla, 2014) en su tesis “Metodología para el manejo seguro de equipos biomédicos en el hospital Francisco de Paula Santander, en Santander de Quilichao (Cauca)” desarrolló y ejecutó una metodología de capacitación que permitió llevar a cabo un manejo seguro por parte del personal encargado de los equipos biomédicos presentes en las áreas de urgencias y quirófanos. Para ello tuvo en cuenta el proceso de gestión de riesgos que se realizó en un proyecto anterior dentro de la institución hospitalaria, en el cual se seleccionaron los equipos generadores de mayor riesgo, se crearon barreras de control y se determinó que era indispensable continuar con el proceso y capacitar al personal médico y asistencial.

Finalmente, (Bueno & Rojas, 2014) en su trabajo de grado “Diseño de un plan de mejora de la gestión de mantenimiento para equipos críticos de fábrica basado en la filosofía TPM aplicando herramientas de simulación en un ingenio azucarero” se desarrolla un programa de mejora de la gestión de mantenimiento basado en la filosofía TPM para equipos críticos en un ingenio azucarero, considerando inicialmente diagnosticar el sistema de administración de mantenimiento actual de la fábrica aplicando la matriz de mantenimiento clase mundial, a través de encuestas, entrevistas dirigida a los responsables de planear y ejecutar el mantenimiento en la planta, complementando la información con datos documentales históricos de la organización con el propósito de encontrar los focos

claves de mejora. A partir de los resultados generados por el diagnóstico del mantenimiento en la empresa se eligen aspectos con mayor relevancia para mejorar en el modelo actual de gestión de mantenimiento. Llegando a la conclusión de que el diagnóstico desarrollado da como resultado en un nivel no satisfactorio según la matriz de mantenimiento clase mundial por lo cual se establece que la organización tiene falencias en planeación del mantenimiento preventivo y no planea a largo plazo, también se debe realizar una mejora de al menos el 20% de reducción del tiempo de reparación de fallas mecánicas en el conductor de tablillas para que el proyecto sea rentable para la empresa.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Herramientas para la Toma De Decisiones

4.2.1.1. Mantenimiento de Clase Mundial (WCM)

Se define como el mantenimiento sin desperdicio, donde este es la diferencia entre cómo se realizan las diferentes acciones en la actualidad y el deber ser óptimo de las mismas. Se basa en anticiparse a lo que suceda en el futuro, su función básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. Una organización de clase mundial no sólo se basa en el hacer, también en el pensar (Idhammar, 1997).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado) (Idhammar, 1997). Además de esto, se puede lograr una clasificación numérica, integrando estudios realizados propiamente a centros hospitalarios.

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, define esta filosofía como “el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con

visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas”.

La categoría Clase Mundial, exige la focalización de los siguientes aspectos:

- Excelencia en los procesos medulares.
- Calidad y rentabilidad de los productos.
- Motivación y satisfacción personal y de los clientes.
- Máxima confiabilidad.
- Logro de la producción requerida.
- Máxima seguridad personal.
- Máxima protección ambiental.

Las prácticas que sustentan el Mantenimiento Clase Mundial, se pueden resumir en las siguientes:

1. Organización centrada en equipos de trabajo: Análisis de procesos y resolución de problemas a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.

2. Contratistas orientados a la productividad: Se debe considerar al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos.

Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas utilizadas.

3. Integración con proveedores de materiales y servicios: Considera que los inventarios de materiales sean gestionados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales.

4. Apoyo y visión de la gerencia: Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.

5. Planificación y Programación Proactiva: La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional. El objetivo es maximizar efectividad / eficacia de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida. El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación.

6. Procesos orientados al mejoramiento continuo: Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias. Esta filosofía de trabajo es parte de la cultura de todos en la organización.

7. Gestión disciplinada de adquisición de materiales: Procedimiento de adquisición de materiales homologado y unificado en toda la corporación, que garantice el servicio de los mejores proveedores, balanceando costos y calidad, en función de convenios y tiempos de entrega oportunos y utilizando modernas tecnologías de suministro.

8. Integración de sistemas: Uso de sistemas estándares en la organización, alineados con los procesos a los que apoyan y que faciliten la captura y el registro de datos para análisis.

9. Gerencia disciplinada de paradas de plantas: Paradas de plantas con visión de gerencia de proyectos con una gestión rígida y disciplinada, liderada por profesionales. Se debe realizar adiestramiento intensivo en paradas tanto al personal propio como a los contratistas y proveedores, y la planificación de las paradas de planta bajo procedimientos y prácticas de trabajo documentadas y ensayadas.

10. Producción basada en confiabilidad: Grupos formales de mantenimiento predictivo / confiabilidad (ingeniería de mantenimiento) deben aplicar sistemáticamente las más avanzadas tecnologías y metodologías existentes del mantenimiento predictivo como: vibración, análisis de aceite, ultrasonido, alineación, balanceo y otras.

En la **Tabla 1** se presentan las categorías de gestión de mantenimiento con sus respectivos rangos según la matriz de mantenimiento clase mundial.

Tabla 1 Categorías de gestión de mantenimiento.

Mantenimiento inocente	(0%-55%)
Mantenimiento no satisfactorio	(55%-66%)
Mantenimiento consciente y conocedor	(66%-77%)
Mantenimiento mejor en su clase	(77%-89%)
Mantenimiento clase mundial	(89%-100%)

Fuente: Los autores.

4.2.1.2. Mantenimiento Hospitalario

Por mantenimiento hospitalario se entiende la actividad técnico-administrativa dirigida principalmente a prevenir averías para restablecer la infraestructura y la dotación hospitalaria a su estado normal de funcionamiento, así como las actividades tendientes a mejorar el funcionamiento de un equipo. (MINSALUD, 1994)

Para las diferentes actividades de Mantenimiento hay diferentes intensidades, depende de la edad del equipo y de los años de uso, que se puede describir en una característica de eficiencia. Para entender esta dependencia se puede analizar la curva siguiente: que representa un modelo para la dependencia de la frecuencia de falla en relación con el tiempo de aprovechamiento, esta curva se llama de vaso o de bañera. En esta curva hay tres fases:

La primera fase se caracteriza por fallas debido a defectos de fabricación e instalación, para un Hospital esta primera fase deberá ser cubierta con la garantía de la empresa proveedora o instaladora del bien.

La segunda fase es normalmente el periodo donde la maquina trabaja sin fallas, el caso de deficiencia es ocasional y por eso la frecuencia de falla es constante por razones de estadística.

La tercera fase se caracteriza por la edad del bien, y por eso las fallas típicas son causadas por desgaste de los componentes del bien, este porcentaje aumenta hasta cierto nivel, cuando todos los componentes del bien son reemplazados.

Clases de Mantenimiento.

Existen dos tipos de mantenimiento el predictivo y el correctivo, que a su vez como se puede observar en la **Ilustración 1** se subdividen en preventivo sistemático, preventivo predictivo, correctivo inmediato y correctivo diferido.

Ilustración 1 Tipos de mantenimiento



Fuente: Buscarons, 2016.

Mantenimiento Correctivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar después de que ocurre un fallo o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ningún fallo, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para en ese momento tomar medidas de corrección de errores.

Mantenimiento Preventivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado o sistemático”, tiene lugar antes de que ocurra una falla

o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema (Nahas et al., 2008).

Mantenimiento Predictivo: También llamado mantenimiento condicional, y según la norma UNE-EN13306, se podría introducir dentro de la definición de la acción preventiva, y basado en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar (Veldman et al., 2011)

Confiabilidad: Técnicas, herramientas y métodos que en conjunto ayudan a determinar que un componente, sistema o producto actúen con seguridad proporcionando la calidad adecuada.

Disponibilidad: Posibilidad de una cosa o persona de estar presente cuando se la necesita. La disponibilidad remite a esta presencia funcional que hace posible dar respuestas, resolver problemas, o meramente proporcionar una ayuda limitada.

Mantenibilidad de Equipos: es decir la probabilidad de que un equipo pueda ser restaurado a su estado operacional en un período de tiempo determinado. Depende de la fase de diseño de los equipos (Confiabilidad inherente de diseño), de la confiabilidad de los equipos de trabajo. Se puede medir a través del indicador TMR: Tiempo Medio Para Reparar.

5. DISEÑO DEL METODO DE INVESTIGACIÓN

Para desarrollo del proyecto, se abordará desde la perspectiva del método de ingeniería donde se deberán cumplir una serie de actividades que permitan lograr cada uno de los objetivos específicos estipulados, a continuación, se expondrán los pasos a seguir.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA: Se analizará el estado de disponibilidad que actualmente presentan los equipos, con la aplicación y desarrollo del plan de mantenimiento actual, para verificar su efectividad.

RECOPILACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA: Se procederá a obtener la información propia de los médicos que operan los equipos, del personal encargado de mantenimiento y de los históricos de índice de respuesta del plan actual.

BÚSQUEDA DE SOLUCIONES CREATIVAS: Investigar los métodos pertinentes para el desarrollo, implantación y mejora de planes de mantenimiento, seleccionar el que se adapte al hospital y elegir la mejor alternativa.

PASAR DE LA IDEA PRINCIPAL AL DISEÑO PRELIMINAR: Plantear un plan de mejora de gestión de mantenimiento, apoyados en la herramienta seleccionada, que permita aumentar la disponibilidad del servicio.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN: Realizar una simulación donde se analice el estado actual y se evalúe la propuesta planteada para evidenciar el impacto de la solución expuesta.

El enfoque utilizado en esta investigación ha sido un enfoque cualitativo, no experimental, de tipo descriptivo, a través de la cual se busca generar teorías en las que el análisis no necesariamente se ha traducido en términos matemáticos. Si bien en algunos puntos de la investigación se analizaron variables de tipo cuantitativo, el enfoque cualitativo ha sido el enfoque predominante en toda la investigación.

Se realizará una investigación bibliográfica sobre el tema a desarrollar, además un análisis de los procesos del Hospital como resultado obtenido de las visitas, entrevistas y encuestas a fin de obtener la información necesaria para caracterizar al Hospital y el servicio de mantenimiento.

Para realizar la investigación de campo se programaron visitas al hospital objeto de estudio, para recolectar información directamente de las fuentes; se recolectó y analizó información proveniente de las evaluaciones realizada en dicho hospital.

Se consultará información sobre el tema proveniente de organismos internacionales en materia de salud; se recolectó e investigó información relativa al tema, a fin de conocer y valorar las distintas opciones de desarrollo de un sistema de gestión del mantenimiento.

6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE GESTION DE MANTENIMIENTO ACTUAL

6.1. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

El HOSPITAL DEPARTAMENTAL SAN RAFAEL, es una entidad del orden Departamental perteneciente al subsector oficial del sistema nacional de salud, prestador de servicios en los procesos de promoción, fomento, prevención, diagnóstico, control, tratamiento y rehabilitación en el nivel 1 y 2 de atención y centro de referencia para los municipios del distrito N° 7. Cuenta con una estructura organizacional centralizada como se muestra en la **Ilustración 2** donde se puede analizar detalladamente cada una de las dependencias del centro hospitalario y sus respectivos inmediatos, para el caso de estudio, se centra en el área de mantenimiento que pertenece al área de logística, dependiente de la subdirección administrativa.

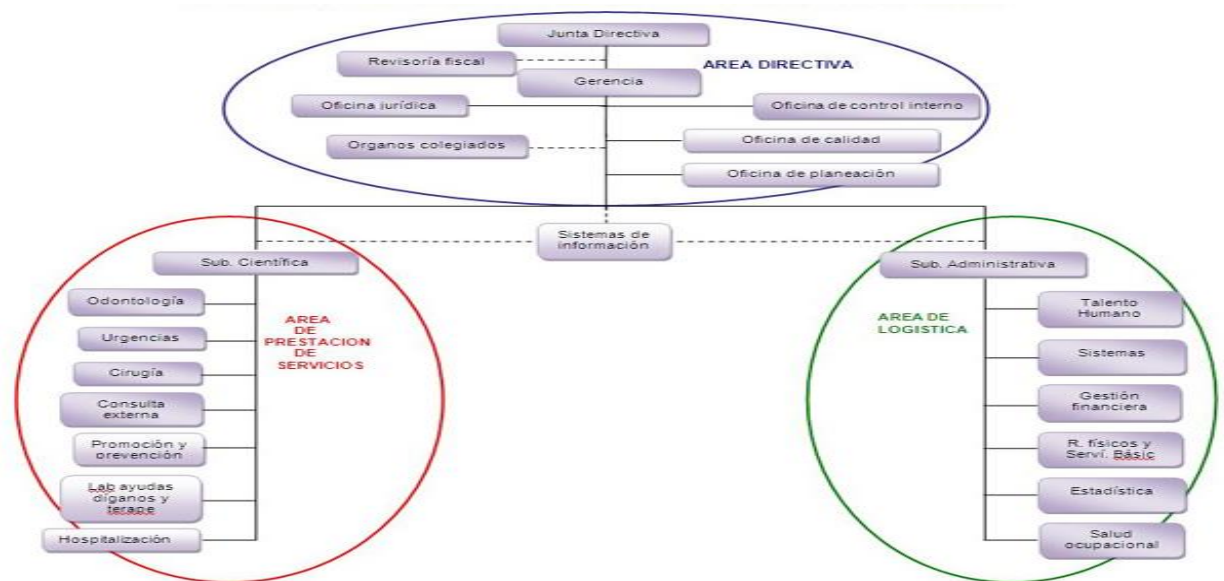
Misión:

Somos una Empresa Social del Estado que garantiza la prestación de servicios de salud y medicina de primer y segundo nivel de atención a la comunidad Zarzaleña, así como su área de influencia y municipios circunvecinos, la cual promueve la práctica de hábitos saludables y desarrolla procesos de recuperación de la salud, contribuyendo al bienestar y desarrollo de nuestra comunidad. Contamos con una infraestructura humana y tecnología adecuada para satisfacer las necesidades de nuestra población, con el compromiso de ser cada día más eficientes, eficaces y efectivos.

Visión:

Para el año 2016, gozaremos del liderazgo en el Departamento del Valle del Cauca, reconocidos por su excelencia en el servicio y la satisfacción de sus usuarios, competitiva y sostenible con adecuada infraestructura física, tecnológica, y sistemas de información.

Ilustración 2 Organigrama hospital objeto de estudio.

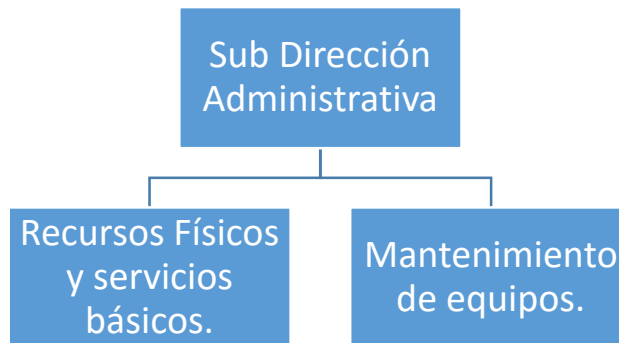


Fuente: Hospital Departamental San Rafael

El hospital objeto de estudio tiene una estructura organizacional jerárquica dividida en dos niveles, en el primer nivel se encuentra el área directiva encabezada por la junta directiva y en segunda instancia la gerencia y sus respectivas dependencias. En segundo nivel están las áreas de prestación de servicios encabezada por la subdirección científica y el área de logística encabezada por la subdirección administrativa, todas las tres áreas de comunican por medio de los sistemas de información.

La subdirección administrativa como lo presenta la **Ilustración 3** tiene bajo su dependencia las sub áreas asociadas con toda la organización necesaria para la óptima prestación de servicios como lo son los recursos humanos y físicos, allí se encuentra la dependencia llamada Recursos físicos y servicios básicos, esta se encarga del mantenimiento de todo el hospital y se divide en el mantenimiento de infraestructura y en el mantenimiento de equipos biomédicos, está compuesta por una planta de personal de dos personas para el mantenimiento de infraestructura y un ingeniero biomédico encargado del mantenimiento de equipos biomédicos. Dentro del hospital los dos tipos de mantenimiento comparten el mismo espacio, el cual también es utilizado como bodega de materiales.

Ilustración 3 Organigrama área de mantenimiento.



Fuente: Los autores

Las funciones primordiales por cada uno son las siguientes:

Mantenimiento de instalaciones e infraestructura: Encargado del buen estado de la planta física y eléctrica. El personal es contratado directamente por el hospital.

Mantenimiento de equipos biomédicos: Se encarga del buen funcionamiento de los equipos biomédicos presentes en el hospital, mediante la ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo. El servicio se encuentra a cargo de la empresa Sysmed S.A.S. quien está vinculada a la entidad mediante tercerización de servicios outsourcing. Además del mantenimiento, brinda alquiler, venta de equipos y comercialización de accesorios.

6.2. INVENTARIO DE QUIPOS

Actualmente el hospital cuenta con 211 equipos distribuidos en las sub áreas de prestación de servicios, los equipos con los que cuenta el hospital los cuales se pueden evidenciar en la **Tabla 2**

Tabla 2 Inventario de equipos biomédicos

EQUIPO	CANTIDAD
Agitador	1
Amalgamador	1
Aspirador	9
Autoclave	3
Balanza gramera	1
Balanza pediátrica	7
Balanza piso	8
Balanza tallimetro	7
Baño maría	1
Baño serológico	
Bicicleta elíptica	1
Bicicleta estática	1
Bascula digital	9
Bomba de infusión	1
Cama eléctrica	45
Cavitron	2
Centrifuga	2
Colposcopio	1
Compresor de aire	1
Cuna de calor radiante	2
Desfibrilador	4
Doppler	2
Doppler fetal	2
Electro bisturí	1
Electro cardiógrafo	3
Electrocauterio	1
Electro estimulador	1
Equipo de órganos	5
Hidrocolector	1
Incubadora	3
Lámpara auxiliar	4
Lámpara cielítica	2
Lámpara de fototerapia	2

Fuente: Los autores

Tabla 2 Inventario de equipos biomédicos (continuación)

Lámpara fotocurado	3
Lámpara infrarroja	1
Laringoscopio	5
Máquina de anestesia	2
Masajeado	3
Mesa quirúrgica	2
Microscopio	3
Microcentrifuga	1
Microscopio oftalmológico	1
Monitor fetal	2
Monitor Multiparámetros	11
Nebulizador	2
Pulsioxímetro	4
Tanque de parafina	1
Tens	3
Tensiómetro	26
Termómetro	1
Ultrasonido	1
Unidad odontológica.	4

Fuente: Los autores

Los equipos biomédicos tienen una clasificación de acuerdo al nivel de riesgo en el paciente. La clasificación de los dispositivos médicos realizada por el fabricante, se fundamenta en los riesgos potenciales relacionados con el uso y el posible fracaso de los dispositivos con base en la combinación de varios criterios tales como, duración del contacto con el cuerpo, grado de invasión y efecto local contra efecto sistémico, los equipos se clasifican así:

Clase I: Son aquellos dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión.

Clase IIA: Son los dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

Clase IIB: Son los dispositivos médicos de riesgo alto, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

Clase III: Son los dispositivos médicos de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión. (INVIMA, 2013).

En la **Tabla 3** se presenta la clasificación según el riesgo los equipos biomédicos del hospital objeto de estudio.

Tabla 3 Inventario de equipos según el riesgo

RIESGO	NUMERO DE EQUIPOS
I	149
Ila	33
Iib	24
III	5

Fuente: Los autores

6.3. PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El mantenimiento que se ejecuta actualmente en el hospital se basa en:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo

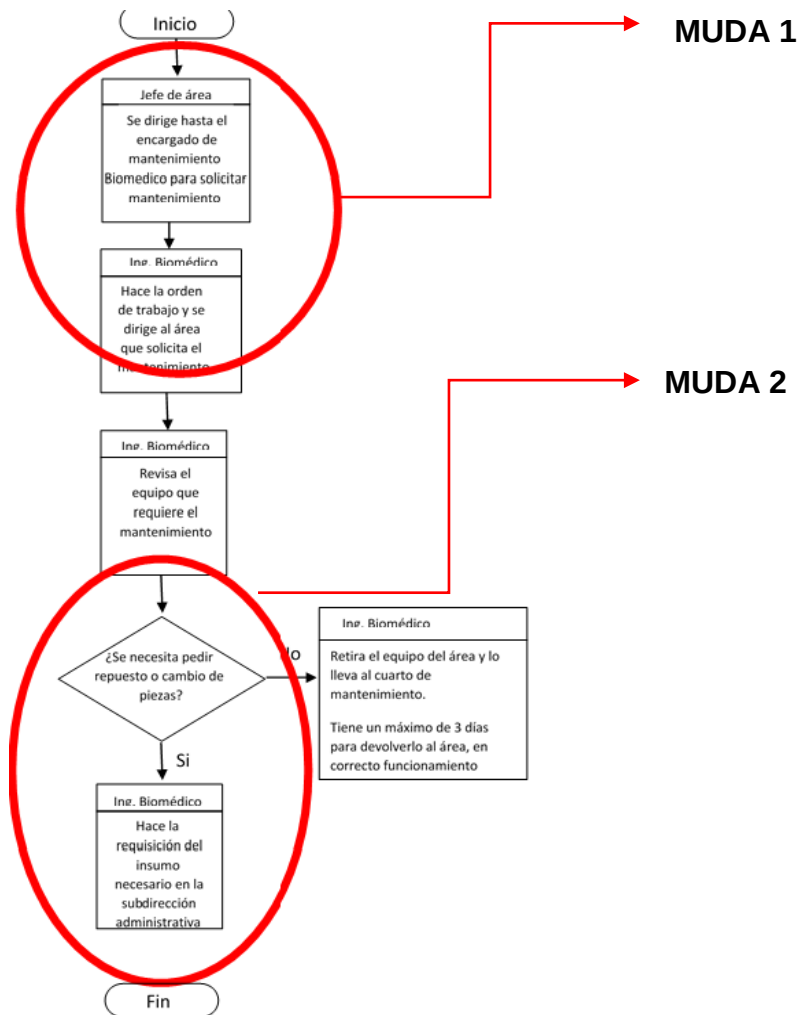
El hospital realiza el plan de mantenimiento basados en la matriz de mantenimiento de equipos biomédicos creada por el Instituto de Investigación de Atención de Emergencia, ECRI por sus siglas en inglés (Emergency Care Research Institute), realizan un cronograma anual con todos los equipos presentes en el hospital, de acuerdo a la matriz anteriormente mencionada, la cual muestra el tiempo de vida

útil de los equipos y cada cuanto deben ser intervenidos, la empresa SYSMED S.A.S, que es la encargada de ejecutar las acciones, envían un personal de planta, ingeniero biomédico, el cual da cumplimiento al cronograma establecido, así mismo el cambio o adquisición de un repuesto cuando es necesario, este informa a la subdivisión administrativa, quienes son los encargados de proveer los insumos necesarios para que la contratista ejecute su labor. Estos determinaran si adquieren el repuesto por su propia cuenta o contratan el servicio de venta de repuestos con la misma empresa. Además de esto, el ingeniero biomédico se encarga de realizar los mantenimientos correctivos que se vayan presentando, los cuales son informados por los responsables de cada área del hospital. Toda esta información se maneja mediante formatos que son depositados en la hoja de vida de cada equipo. La información se encuentra únicamente en medio físico y es de dominio exclusivo de la empresa contratista.

Mantenimiento correctivo

En la **Ilustración 4** se muestran las actividades que se realizan cuando se presenta una falla en el funcionamiento de los equipos, por ejemplo el medico que está operando el equipo, se dirige al área de mantenimiento a informar la falla, una vez informada, el ingeniero se dirige al área donde se encuentra el equipo y verifica lo sucedido, si el daño puede ser solucionado en el sitio, procede a efectuarlo, de lo contrario, retira el equipo del área, lo lleva a la oficina de mantenimiento y cuenta con tres días para dar solución a este, si dispone de tiempo en el momento, procede a realizar el diagnostico, si es un daño leve, lo repara y lo entrega de nuevo al área, si es un daño que necesita de un repuesto, procede a solicitar el repuesto en la gerencia, quedando el equipo inhabilitado hasta que el hospital provea el repuesto al área, cuando esto sucede, continua la reparación y el equipo es entregado al área.

Ilustración 4. Solicitud de mantenimiento correctivo del Ingeniero biomédico para solicitar dicho servicio.



Fuente: Los autores

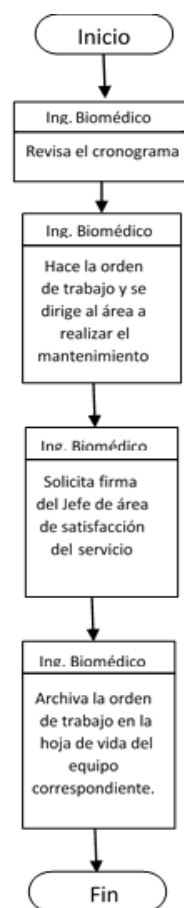
MUDA 1 INFORMACION: La solicitud de mantenimiento correctivo y/o revisión de un equipo por no funcionamiento se realiza de manera no formal, incluso el jefe de cada área debe dirigirse físicamente hasta el

MUDA 2 INVENTARIO DE MATERIALES: No cuentan con un inventario de los materiales o insumos para reparación, solo cuentan con herramientas de trabajo básico

Mantenimiento Preventivo

Para la ejecución del mantenimiento preventivo como se muestra en la **Ilustración 5**, el ingeniero biomédico realiza un cronograma anual, el cual procede a desarrollar en cada área según lo estipulado, realiza una orden de servicio, la cual contiene información sobre el estado del equipo y las actividades que desarrollo, al terminar solicita aprobación del jefe encargado del área, el cual firma en señal de conformidad y así da por finalizada su función.

Ilustración 5. Mantenimiento preventivo.



Fuente: Los autores

6.4. EVALUACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL

La evaluación de la gestión de mantenimiento se consolida a través de la recolección de información documental, observación directa, realización encuestas y entrevistas dirigidas al personal directamente involucrado con la programación, planeación y ejecución del mantenimiento de los equipos biomédicos, y la revisión documental de la información suministrada por el personal, para así conocer el estado de la unidad de gestión de mantenimiento en termino individual y global, identificando las fortalezas y puntos de mejora de acuerdo a la matriz de mantenimiento clase mundial, que permita después, implementar un plan de trabajo en la medida que apunte a su mejoramiento.

Las encuestas y entrevistas de la gestión de mantenimiento se realizaron teniendo en cuenta 10 criterios de evaluación, en los cuales se aglomeran los aspectos que comprenden la administración general de mantenimiento; estos criterios son:

a. Estrategia de mantenimiento: Este factor evalúa las políticas de mantenimiento y la alineación de la estrategia del sistema respecto a la estrategia corporativa, además examina la capacidad de identificar, definir, implementar y ejecutar acciones para mejorar continuamente a mediano y largo plazo.

b. Administración y Organización: Este aspecto evalúa la caracterización de la estructura organizacional teniendo en cuenta la gestión del talento humano, proveedores y relaciones entre eslabones de la empresa con el área de mantenimiento.

c. Planeación y Programación: Este componente evalúa el modo de direccionar los recursos humanos, financieros, tecnológicos y logísticos para realizar operaciones de mantenimiento teniendo en cuenta la planeación, programación, ejecución y mejoramiento de los procesos del área.

d. Tácticas de mantenimiento: Esta área evalúa las técnicas de mantenimiento usadas para realizar las operaciones de planeación, análisis, control y ejecución en los equipos de la empresa aplicando metodologías adaptadas a las condiciones especiales de cada organización como TPM, RCM, CBM, entre otros.

e. Medidas de desempeño: Este elemento evalúa la capacidad de reflejar los resultados del sistema de gestión de mantenimiento en indicadores establecidos, así como la confiabilidad del análisis de la información que se lleva en la actualidad.

f. Tecnología de información: En este aspecto se examina la capacidad del sistema computarizado de administración de mantenimiento (CMMS) para almacenar de forma ordenada la información recolectada durante las actividades de mantenimiento, su nivel de utilización respecto a lo que se está haciendo con el sistema frente a lo que puede hacer y su nivel de interacción con los subsistemas de la organización.

g. Participación del empleado: En este factor se analizan los mecanismos disponibles para garantizar la interacción entre los empleados y acciones emprendidas por los empleados para cumplir la misión del sistema de mantenimiento y así mismo su contribución a la estrategia corporativa.

h. Análisis de confiabilidad: Esta área evalúa la efectividad de las metodologías de análisis y modelamiento de confiabilidad que se utilizan en la organización para mejorar procesos de mantenimiento y así contribuir a tomar decisiones con un menor grado de riesgo.

i. Análisis de los procesos: Este aspecto revisa el nivel de documentación de los procedimientos para ejecutar las actividades de mantenimiento, así como los procesos de revisión y actualización de los mismos.

j. Infraestructura e instalaciones: Este elemento evalúa la calidad de la información de los equipos almacenadas en el sistema computarizado de mantenimiento teniendo en cuenta su estructuración y jerarquización.

6.4.1. Encuestas.

Uno de los métodos empleados para obtener los datos y la información necesarios para evaluar el estado actual de los equipos y del plan de mantenimiento actual del centro hospitalario fueron las encuestas, el modelo y tabulado final cual se puede observar detalladamente en el **Anexo 1**. En la **Tabla 4** se muestra el personal de cada área que está involucrado en el mantenimiento de los equipos y a los cuales se les realizó dicha encuesta.

Objetivo:

Realizar un diagnóstico en cada una del área del hospital, obteniendo información proporcionada por el jefe de cada una de estas analizando puntos claves como estrategias de mantenimiento, planeación y programación, técnicas de

mantenimiento, capacitación del personal entre otras, con el fin de evaluar la efectividad del plan de mantenimiento actualmente empleado.

Tabla 4 Personal relacionado con el mantenimiento

CARGO	CANTIDAD	AREA
Jefe de cirugía	1	CIRUGIA
Jefe Odontología	1	ODONTOLOGIA
Jefe de Urgencias	1	URGENCIAS
Jefe de consulta externa	1	CONSULTA EXTERNA
Jefe de pediatría	1	PEDIATRIA
Jefe de Laboratorio	1	LABORATORIOS
Jefe de Terapia Física	1	TERAPIA FISICA

Fuente: Los autores

La validación de la metodología utilizada para el tratamiento de los datos incluidos en los formularios, se ha basado principalmente en la uniformización de los datos obtenidos del trabajo de campo, y a la posibilidad de que dichos datos generen indicadores de Mantenimiento.

6.4.2. PARAMETROS COMPARATIVOS

El hecho de no contar con datos suficientes, debido al estado actual del Mantenimiento, para utilizar índices de Mantenimiento internacionalmente aceptados, hizo necesario definir parámetros comparativos de simple aplicación dentro del ámbito hospitalario actual, sin perder de vista que toda Gestión de Mantenimiento Hospitalario.

Los Parámetros comparativos utilizados en el presente Diagnóstico basados en lo establecido por el ministerio de salud son:

Niveles de Gestión del Mantenimiento en un hospital

Nivel A: Óptimo, cuando el resultado de gestión es más del 85 %

Nivel B: Bueno, cuando el resultado de gestión se encuentra entre el 60 y 85%.

Nivel C: Regular, cuando el resultado de gestión está entre el 40 y 60%.

Nivel D: Malo, cuando el resultado de gestión es menor a 40%.

Operatividad de Equipos

Entendida como la relación entre los equipos en óptimo y buen estado de funcionamiento con respecto a la totalidad del equipamiento instalado.

- Eficiente Más del 90 %
- Admisible 70 a 90 %
- Deficiente Menos del 70 %

Mantenimiento de Equipos

Significa el porcentaje de aplicación del tipo de Mantenimiento, que se efectúa.

Mantenimiento Preventivo:

- Deficiente: < 20 %
- Admisible: Entre 20 y 40 %
- Eficiente: > 40 %

Mantenimiento Correctivo:

- Deficiente: > 80%
- Admisible: Entre 80 y 60 %
- Eficiente: < 60 %

Desarrollo de la encuesta

La encuesta se elaboró tomando criterios de la matriz de mantenimiento de clase mundial, donde se exponen los criterios anteriormente mencionados, la encuesta

cuenta con 57 preguntas adaptadas a un centro hospitalario, la encuesta fue realizada a cada uno de los jefes de las áreas de este y sus criterios de la gestión que se desarrolla actualmente.

Resultado de la encuesta

Después de desarrollar la encuesta con cada uno de los jefes del área, se obtuvieron los resultados que se muestran en la **Tabla 5**

Tabla 5 Consolidado resultado de encuestas

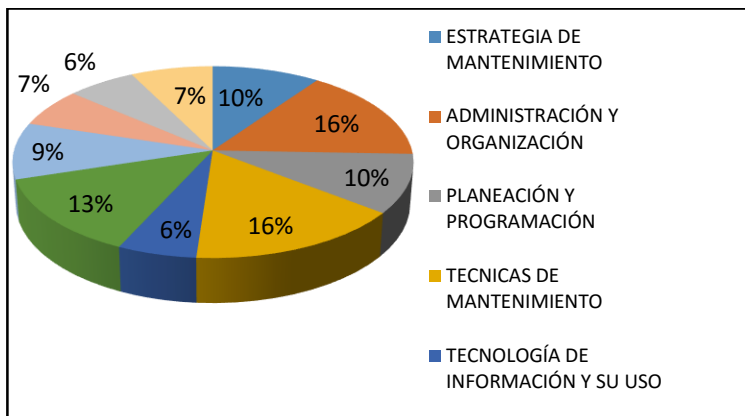
ITEM	Puntaje total	Nivel de satisfacción	Calificación
Estrategia de mantenimiento	72	29%	D
Administración y organización	116	47%	C
Planeación y programación	73	30%	D
Técnicas de mantenimiento	115	47%	C
Tecnología de información y su uso	42	17%	D
Medidas de desempeño	98	40%	C
Involucramiento del empleado	70	29%	D
Análisis de confiabilidad	48	20%	D
Análisis de procesos	46	19%	D
Información sobre infraestructura e instalaciones	55	22%	D
MAXIMO PUNTAJE	245		

Fuente: Los autores

Nivel de satisfacción.

Con la evaluación del sistema actual, se puede observar que el nivel de satisfacción del servicio prestado actualmente, no cumple con los estándares deseados como se muestra en la **Ilustración 6** la información permite analizar que los problemas radican desde los aspectos administrativos con un 6% de aprobación. Además de evidenciar las grandes fallas en la implementación de la tecnología con tan solo un 6% de satisfacción en el hospital

Ilustración 6 Porcentajes Nivel de satisfacción.



Fuente: Los autores

Fallas comunes en los equipos

Actualmente en el hospital, no se lleva un adecuado registro de las fallas o mantenimientos correctivos que se han presentado en los equipos, pero mediante la investigación y realización de entrevistas con el encargo del mantenimiento de los equipos, se establecieron las principales fallas que pueden ocurrir en cada equipo, en la **Tabla 6** se puede observar las fallas más repetitivas que se presentan a lo largo del año en cada uno de los equipos presentes en el hospital objeto de estudio.

Tabla 6. Fallas frecuentes en los equipos biomédicos.

EQUIPO	FALLA COMUN
Agitador	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Amalgamador	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Aspirador	Cambio de filtro y limpieza externa
Autoclave	Limpieza de tubería, verificación válvulas y sensores.
Balanza gramera	Lubricación de partes móviles y limpieza externa

Fuente: Los autores.

Tabla 6. Fallas comunes en los equipos (continuación)

Balanza pediátrica	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Balanza piso	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Balanza tallimetro	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Baño mari	Limpieza de recamara y verificación de temperatura
Baño serológico	Limpieza de recamara y verificación de temperatura
Bicicleta elíptica	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Bicicleta estatica	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Bascula digital	Limpieza externa y verificación de funcionamiento
Bomba de infusión	Limpieza clamp, circuito y verificación de funcionamiento.
Cama eléctrica	Revisión panel de control, eje sin fin, limpieza eléctrica.
Cavitron	Limpieza válvula, y circuito eléctrico.
Centrifuga	Revisión escobilla, lubricación partes móviles y limpieza externa.
Colposcopio	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Compresor de aire	cambio de filtro y limpieza externa
Cuna de calor radiante	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Desfibrilador	Test técnico/usuario limpieza externa

Fuente: Los autores

Tabla 6. Fallas comunes en los equipos (continuación).

Doppler	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Doppler fetal	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Electro bisturí	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Electro cardiógrafo	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Electrocauterio	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Electro estimulador	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Equipo de órganos	Limpieza de lente
Hidrocolector	Limpieza de recamara y verificación de temperatura
Incubadora	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Lámpara auxiliar	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Lámpara Cielítica	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Lámpara de fototerapia	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Lámpara fotocurado	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Lámpara infrarroja	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Laringoscopio	Limpieza externa prueba de funcionamiento.

Fuente: Los autores.

Tabla 6. Fallas comunes en los equipos (continuación).

Máquina de anestesia	Verificación sistema respiratorio, pruebas de fuego, verificación de vaporizadores, mezclas anestésicas, mezclas hipoxias. Pruebas de ventilación, cambio de filtros.
Mesa quirúrgica	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Micro centrifuga	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Monitor fetal	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Monitor Multiparámetros	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Nebulizador	Lubricación de partes móviles y limpieza externa
Pulsioxímetro	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Tanque de parafina	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Tens	limpieza circuito y pruebas de funcionamiento
Tensiómetro	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Termómetro	Limpieza externa prueba de funcionamiento.
Ultrasonido	Pruebas de funcionamiento panel control. Limpieza externa
Unidad odontológica.	lubricación de partes móviles y limpieza externa

Fuente: Los autores.

Fallas registradas en los equipos

En el año 2016, se registraron en medio físico, mediante el diligenciamiento del formato de novedades las fallas presentadas en la **Tabla 7**, donde también se evidencia la cantidad de ocurrencias y los meses donde se presentaron.

Tabla 7. Fallas registradas y documentadas por cada equipo.

Equipo	Marca	Modelo	Falla	Fecha	Cantidad de fallas
Electro cardiógrafo	Edan	se-3	Pinza partida	Marzo / Julio	5
Monitor multiparámetro	Edan	m8	Bateria Mala / Modulo NIDP	Agosto, Diciembre / Septiembre	7
Pulsoxímetro	Biolight	m800	Monitor / Sensor	Mayo / Diciembre	4
Monitor multiparámetro	Edan	m50e	Cable	Agosto - Marzo	4
Monitor multiparámetro	Mindray	imec10	Sensor	Agosto - Diciembre	5
Equipo de órganos	welch allyn	727	Ajuste escala numérica	Marzo - Abril	4
Desfibrilador	Mindray	bene hearth d3	Batería	Mayo - Septiembre	5
Aspirador	Clinilab	stx-sa	Cambio de bomba de inyección	Diciembre	3
Pulsoxímetro	Nellcor	n560	Sensor	Julio	3
Centrifuga	Clinilab	clb-d	Escobillas	Marzo / Diciembre	3
Centrifuga	Quantum	qm100	Temporizador	Diciembre	3

Fuente: Los autores.

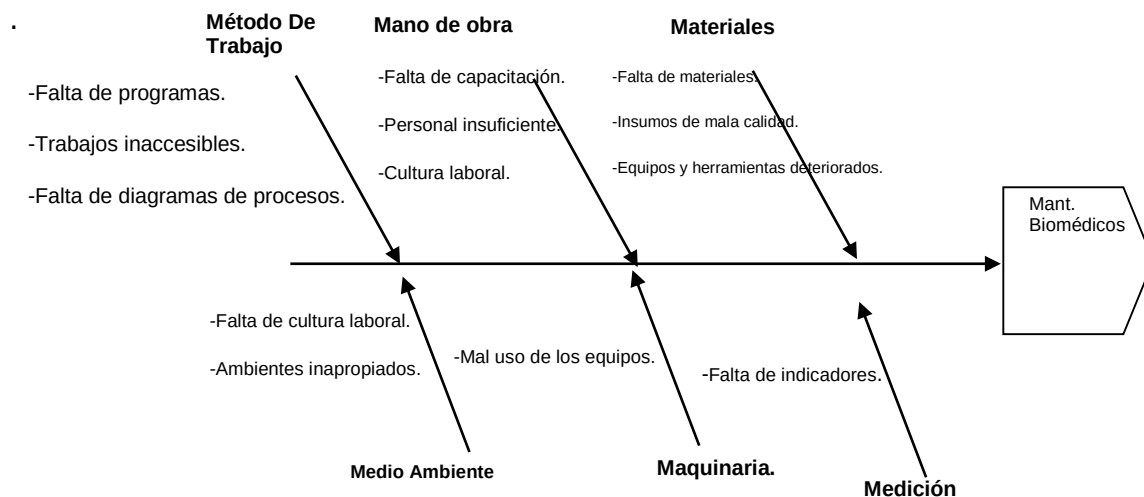
6.5. HERRAMIENTA INDICES DE EFICIENCIA

6.5.1. Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la Gestión de la Calidad ampliamente utilizada dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente.

La estructura del Diagrama de Ishikawa es intuitiva: identifica un problema o efecto y luego enumera un conjunto de causas que potencialmente explican dicho comportamiento. Adicionalmente cada causa se puede desagregar con grado mayor de detalle en sub causas. Esto último resulta útil al momento de tomar acciones correctivas dado que se deberá actuar con precisión sobre el fenómeno que explica el comportamiento no deseado.

Ilustración 7. Diagrama causa y efecto del área de Mantenimiento de equipos biomédicos



Fuente: Los autores

Analizando el diagrama de Ishikawa presentado en la **Ilustración 7** se encuentra:

Método De Trabajo

Trabajos fuera del conocimiento del profesional: El daño presentado en el equipo, muchas veces no está al alcance del profesional designado para mantenimiento, pues requiere de un diagnóstico e intervención de personal especializado.

Programas o sistemas informáticos: El área no cuenta con ningún sistema que le permita llevar la base de datos de sus reparaciones o detalles de sus equipos, en el momento no cuenta con computadores, ni ninguna herramienta de este tipo.

Trabajos inaccesibles: El hospital no le proporciona oportunamente al personal de mantenimiento los repuestos necesarios para finalizar.

Diagrama de procesos: El hospital no posee diagramas definidos de ninguno de sus procesos de operación de los equipos biomédicos, provocando un mal uso y un mal mantenimiento del mismo.

Falta de capacitación: El personal que opera los equipos no cuenta con el conocimiento técnico del tratamiento de estos para prologar su vida útil, además de que en ocasiones los equipos se ven intervenidos por personal no capacitado para dicha acción.

Personal insuficiente: Solo se cuenta con un ingeniero biomédico que no tiene apoyo de ningún otro profesional especializado, tal como eléctricos, mecánicos, que le puedan servir de apoyo a la hora de presentarse un daño de mayor complejidad.

Materiales

Falta de insumos: No existen un control del stock del almacén para proveer de refacciones y material a los técnicos, en forma oportuna provocando que se tenga retrasos en la reparación de los equipos.

Insumos de deficiente calidad: Los proveedores y quienes se encargan de hacer las compras no se cercioran en la selección de insumos, y adquieren unos de mala calidad.

Equipos y herramientas deterioradas: el mal uso y extravió de herramientas muchas veces hace que se realicen trabajos de mala calidad, y se ocasionen retrasos, provoquen accidentes y desperfectos a otros componentes.

Medio Ambiente

Estructura Organizacional: el organigrama del hospital, representa un problema para una buena toma de decisiones, ya que se necesita el acuerdo y la firma de varias personas para aprobar algún proyecto, la falta de comunicación entre las áreas del hospital origina retrasos, pues quienes operan los equipos no reportan las fallas a tiempo.

Locaciones inadecuadas: El personal trabaja en espacios inadecuados para desempeñar una óptima labor, el sitio asignado pone en riesgo la integridad física de estas personas.

6.5.2. Análisis DOFA

Tabla 8. DOFA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
• Planta física: Comparte el espacio con la bodega de materiales y mantenimiento general. • Falta de inventario de repuestos. • Falta de presupuesto propio del área. • Alta rotación de ingenieros biomédicos. • Desorganización de archivo y papelería. • Falta de formatos de seguimiento. • Falta de sistemas de información.	• Aplicación de Trabajos de investigación de los estudiantes de las universidades de la Región. • Capacitaciones a los Jefe de Área sobre el cuidado y conservación de los equipos biomédicos.
FORTALEZAS	AMENAZAS
• Personal capacitado para realizar mantenimiento de equipos biomédicos. • Disposición del personal.	• Crisis en el sistema de salud. • Falta de proveedores de insumos o repuestos en el Municipio o municipios vecinos. • Nivel del hospital.

Fuente: Los autores

6.6. SIMULACION DEL ESTADO ACTUAL

En el trabajo de simulación se tuvo en cuenta las siguientes denominaciones para no tener ningún error de interpretación a la hora de analizar los estados simulados.

El lenguaje siman se determinó así para lo pertinente al hospital y como se expone en la **Tabla 9**:

- Entidades: Número de veces que el equipo o máquina de cada área va a ser utilizado.
- Recursos: Equipos o maquinas a utilizar.
- En cada modelo simulado existe un área de mantenimiento a la cual llega cada equipo o máquina del hospital que no completa su funcionamiento, la cantidad de equipos en esta área es dependiendo de la disponibilidad de ellos.

En la elaboración de la simulación se separó las áreas del hospital debido a la capacidad del programa utilizado, se elaboraron cuatro modelos en los cuales se encuentran los equipos que pertenecen a cada área. Se muestra la distribución en los siguientes cuadros.

Tabla 9. Entidades y recursos simulación.

Modelo	Recursos	Equipo	Entidades
1	U1	DOPPLER FETAL	900
	U2	MONITOR MULTI PARAMETROS	441
	U3	PULSIOXIMETRO	6986
	U4	DEFIBRILADOR	361
	U5	ASPIRADOR	95
	U6	ELECTRO CARDIOGRAFO	4554
	CE1	DOPPLER	10621
	CE2	ELECTRO CARDIOGRAFO	10606
	CE3	PULSIOXIMETRO	10652
		MANTENIMIENTO	1993

Fuente: Los autores

Tabla 9. Entidades y recursos simulación (continuación).

2	C1	ASPIRADOR	25
	C2	ELECTRO BISTURY	238
	C3	DEFIBRILADOR	36
	C4	MAQUINA DE ANESTESIA	241
	C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	240
	C6	LARINGOSCOPIO	121
	C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	72
	O1	CAVITRON	9605
	O2	AMALGAMADOR	9587
	TF1	TENS	5753
	TF2	ELECTRO ESTIMULADOR	5768
		MANTENIMIENTO	1977
3	SP1	ASPIRADOR	24
	SP2	DOPPLER FETAL	143
	SP3	INCUBADORA	71
	SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	145
	SP5	MONITOR FETAL	145
	SP6	LARINGOSCOPIO	24
	SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	144
	SP8	BOMBA DE INFUSION	145
		MANTENIMIENTO	299

Fuente: Los autores

Tabla 9. Entidades y recursos simulación (continuación).

4	H1	ASPIRADOR	169
	H2	DEFIBRILADOR	49
	H3	MONITOR MULTI PARAMETROS	24
	H4	ELECTRO CARDIOGRAFO	242
	P1	INCUBADORA	157
	P2	ASPIRADOR	70
	P3	PULSIOXIMETRO	385
	P4	LARINGOSCOPIO	36
	P5	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	381
	CE	AUTOCLAVE	1900
		MANTENIMIENTO	374

Fuente: Los autores

La simulación se realizó en un lapso de tiempo de un año, en la cual se involucró toda la información referente a la cantidad de pacientes que requerían del servicio de cada equipo del hospital, la probabilidad de falla del equipo, el tiempo que el cliente utiliza el equipo y el tiempo que demora el mantenimiento de cada equipo. La simulación del sistema de mantenimiento del hospital se realizará en cuatro modelos repartiendo las áreas del hospital debido a la capacidad de la versión del simulador ARENA SIMULATOR. Los modelos están compuestos por:

Modelo 1: Urgencias y Consulta Externa.

Modelo 2: Cirugía, Odontología y Terapia Física.

Modelo 3: Sala de Partos.

Modelo 4: Hospitalización, Pediatría y Central de Esterilización.

De estos modelos de simulación sale la cantidad de veces que cada equipo requiere ser utilizado, las veces que el equipo es utilizado y las veces que falla.

6.6.1 Simulación área de urgencias y consulta externa.

Se realiza una simulación con los equipos pertenecientes al área de urgencias y consulta externa, de los equipos con riesgo nivel II y III, después de corrida la simulación del estado actual, se obtienen los resultados mostrados en la **Tabla 10**.

Tabla 10 Datos áreas Urgencias y Consulta Externa

			Actual			
	Maquinas	Requerimientos	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
U1	DOPPLER FETAL	900	857	43	95%	9,950
U2	MONITOR MULTI PARAMETROS	441	355	86	80%	1235,837
U3	PULSIOXIMETRO	6986	6638	348	95%	0,058
U4	DEFIBRILADOR	361	348	13	96%	14,789
U5	ASPIRADOR	95	57	38	60%	0,115
U6	ELECTRO CARDIOGRAFO	4554	4177	377	92%	21,730
CE1	DOPPLER	10621	10494	127	99%	11,174
CE2	ELECTRO CARDIOGRAFO	10606	9737	869	92%	25,186
CE3	PULSIOXIMETRO	10652	10560	92	99%	0,058

Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta que para el efecto de la simulación se tomó un lapso de tiempo de 1 año en el cual se evidencia el alto nivel de frecuencia de la llegada de las personas a requerir el equipo/maquina, de las áreas tratadas.

Como podemos ver la disponibilidad es de gran valor en casi todos los equipos, exceptuando el equipo “ASPIRADOR” del área de urgencias mostrando una disponibilidad del 60%, es decir de 95 veces que se necesita hacer uso del equipo solo funciona en 57 ocasiones.

6.6.2 Simulación área de cirugía, odontología y terapia física.

Se realiza otra simulación con los equipos pertenecientes al área de cirugía, odontología t terapia física, de los equipos con riesgo nivel II y III, después de corrida la simulación del estado actual, se obtienen los resultados arrojados en la **Tabla 11**.

Tabla 11 Datos áreas Cirugía, Odontología y Terapia Física

			Actual			
	Maquinas	Requerimientos	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
C1	ASPIRADOR	25	13	12	52%	0,107
C2	ELECTRO BISTURY	238	182	56	76%	1,642
C3	DESFIBRILADOR	36	25	11	69%	15,264
C4	MAQUINA DE ANESTESIA	241	197	44	82%	16,589
C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	240	171	69	71%	695,016
C6	LARINGOSCOPIO	121	84	37	69%	15,163
C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	72	45	27	63%	390,398
O1	CAVITRON	9605	9229	376	96%	28,498
O2	AMALGAMADOR	9587	9223	364	96%	12,384
TF1	TENS	5753	5221	532	91%	26,669
TF2	ELECTRO ESTIMULADOR	5768	5319	449	92%	24,998

Fuente: Los autores.

En estas áreas del hospital se evidencia que la frecuencia del área de cirugía es mucho menor en comparación a la anterior debido a la complejidad del proceso, sin embargo, se nota que algunos equipos no supera el 70% de disponibilidad; convirtiendo el proceso de cirugía en algo poco confiable.

6.6.3 Simulación área de sala de partos.

Se realiza una simulación más, con los equipos pertenecientes al área de sala de partos, de los equipos con riesgo nivel II y III, después de corrida la simulación del estado actual, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 12 Datos área Sala de Partos.

			Actual			
	Maquinas	Requerimiento	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
SP1	ASPIRADOR	24	17	7	71%	0,107
SP2	DOPPLER FETAL	143	125	18	87%	9,734
SP3	INCUBADORA	71	62	9	87%	1616,112
SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	145	72	73	50%	704,318
SP5	MONITOR FETAL	145	110	35	76%	137,678
SP6	LARINGOSCOPIO	24	10	14	42%	14,256
SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	144	96	48	67%	389,678
SP8	BOMBA DE INFUSION	145	50	95	34%	1606,176

Fuente: Los autores.

En el área de Sala de Partos se puede evidenciar que un 62,5% de los equipos presentes en este lugar como se evidencia en la **Tabla 12** poseen una disponibilidad menor al 70%, es decir de cada 100 personas pueden existir complicaciones en 30 o más procesos de esta área.

De igual manera se presenta un equipo que puede llamar la atención debido a su bajo nivel de disponibilidad siendo un 34% poco efectivo y colocando en riesgo la salud del 66% de usuarios restantes.

6.6.4 SIMULACIÓN DEL ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN, PEDIATRÍA Y CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN.

Se realiza la simulación con los equipos pertenecientes a las áreas de hospitalización, pediatría y central de esterilización, de los equipos con riesgo nivel II y III, después de corrida la simulación del estado actual, se obtienen los resultados arrojados en la **Tabla 13** mostrada a continuación.

Tabla 13 Datos áreas Hospitalización, Pediatría y Centro de Estandarización.

			Actual			
Maquinas		Requerimiento	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
H1	ASPIRADOR	169	127	42	75%	0,109
H2	DESFIBRILADOR	49	21	28	43%	15,682
H3	MONITOR MULTI PARAMETROS	24	24	0	100%	782,222
H4	ELECTRO CARDIOGRAFO	242	229	13	95%	21,499
P1	INCUBADORA	157	89	68	57%	1577,376
P2	ASPIRADOR	70	40	30	57%	0,103
P3	PULSIOXIMETRO	385	285	100	74%	0,058
P4	LARINGOSCOPIO	36	24	12	67%	14,486
P5	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	381	349	32	92%	8613,504
CE	AUTOCLAVE	1900	1851	49	97%	378,576

Fuente: Los autores

En estas áreas restantes se observa que más de la mitad de equipos presentes en este modelo denotan un nivel medio de disponibilidad afectando el servicio de las áreas involucradas. Adicionalmente se observa en la **Tabla 13** que el equipo llamado ASPIRADOR ha presentado un nivel menor al 75% de disponibilidad en todas las áreas que está presente.

6.7. CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO

Luego de realizar la investigación y estudio tanto a los procesos del área de mantenimiento como a los empleados que se desempeñan en esta dependencia se encuentran los siguientes problemas:

Con los datos recolectados durante la etapa de diagnóstico del plan de mantenimiento actual se encontraron los siguientes puntos críticos.

Aspectos administrativos:

- No se tienen definidos procesos de contratación de proveedores de mantenimiento.
- Se encuentran falencias en el cumplimiento de las cláusulas pactadas en los contratos por parte de la entidad hospitalaria.
- El mantenimiento de los equipos biomédicos no está contemplado dentro de la estructura organizativa de la entidad.
- El proceso de mantenimiento está centralizado en una entidad externa que posee dominio exclusivo de toda la información y detalle de los equipos propiedad del hospital.

Aspectos logísticos:

- inadecuada distribución y asignación de espacios al personal de mantenimiento de equipos biomédicos.
- Inoportuna consecución de repuestos y partes necesarias para la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos.
- Incumplimiento de cronogramas pactados por imprevistos personales del profesional de mantenimiento.
- Fallas en el control de calidad de los equipos recibidos en comodato o alquiler.

Aspectos Operativos:

- Inadecuada planeación del cronograma de mantenimiento con base en indicadores externos al desgaste propio de los equipos biomédicos pertinentes al hospital.
- Fallas en la disponibilidad de herramientas, espacio y repuestos a la hora de ejecutar el mantenimiento.
- Evidentes riesgos físicos, locativos, químicos, entre otros, para el personal que ejecuta la labor de mantenimiento tanto de equipos biomédicos como de servicios generales.

- Inadecuada administración y almacenamiento de la información, todos los documentos se encuentran de forma física, no se posee registros digitales.
- El área de mantenimiento no cuenta con ningún software que le permita llevar registro actualizado de sus labores, no cuentan ni con un ordenador o cualquier otra herramienta tecnológica.
- No se manejan indicadores de satisfacción a las áreas, no se tienen establecidos índices de fallas ni de disponibilidad de los equipos biomédicos y del servicio prestado.

Los cronogramas no se cumplen según lo estipulado, por razones adversas o ajenas a la entidad estos cronogramas se ven interrumpidos, sin priorizar la urgencia del buen funcionamiento de los equipos.

7. PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMÉDICOS

El objetivo proponer un plan de gestión de mantenimiento Productivo Total basado en Mejoramiento Continuo aplicado al Hospital objeto de estudio, para administrar servicios con calidad que garanticen la disponibilidad y confiabilidad con criterios propios del área de Mantenimiento del hospital.

Actualmente es necesario contar con una alta velocidad de respuesta a los requerimientos cambiantes de los clientes, es necesario ser ágiles y flexibles, con autocontrol en todas las áreas del Hospital.

La aplicación de la herramienta (TPM) en el Hospital objeto de estudio, contribuye con dicho propósito. En el desarrollo diario de las actividades se suelen presentar emergencias que disminuyen la calidad del servicio ofrecido, hasta el punto de poner en riesgo la salud de los pacientes, por ejemplo, al presentarse la falla de un equipo fundamental:

- No se puede atender un paciente.
- Se generan colas y retrasos.
- Se pueden brindar servicios que atentan contra su salud.
- Se deben trasladar los pacientes a otras entidades hospitalarias, lo que puede poner en riesgo su salud e incluso causar la muerte
- No se tiene una satisfactoria calidad en los servicios prestados a la comunidad.
- Se generan pérdidas en las horas de servicio contratadas a los especialistas.

Razones suficientes para considerar que el área de mantenimiento del Hospital es de vital importancia para cumplimiento de un conjunto de actividades a fin de preservar en estado óptimo de operación de los equipos quirúrgicos utilizados y que se soporten a un buen servicio de calidad.

El TPM se auxilia de varias herramientas, aplicadas por equipos de trabajo para tender hacia el Concepto Cero:

- Cero Desperdicios tiempo.
- Cero Desperdicios de materiales.
- Cero Defectos de Calidad.
- Cero paros en los procesos y actividades.
- Cero accidentes.

El TPM presenta las siguientes ventajas:

Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.

Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.

Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo benefician a la organización en función a la disponibilidad del tiempo, sino también reduce la incertidumbre de la planeación.

Aprovechamiento del capital humano.

Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.

7.1 PLANEACION ESTRATEGICA DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO DEL HOSPITAL

Basadas en el análisis de la situación actual del centro hospitalario, se decide desarrollar y proponer 3 de los pilares fundamentales del TPM; estos son: mejoras enfocadas (kobetsu kaizen), mantenimiento autónomo (jishu hozen), mantenimiento planificado (keikaku hozen), debido a que en ellos se identifican las principales falencias en el área de mantenimiento del hospital.

7.1.1. Filosofía TPM

TPM es una estrategia de mantenimiento cuyo objetivo es mejorar la eficiencia de los equipos para que estos estén en disposición para trabajar con toda su capacidad y disponibilidad proporcionando la calidad esperada, sin paradas no programadas.

Lineamientos estratégicos TPM

Misión:

Obtener una disponibilidad máxima, con un rendimiento y calidad aceptable enfocada en la mejora continua, que le proporcione confiabilidad permanente tanto a las personas que operan el equipo, como a los pacientes que son intervenidos con ellos, Todo esto con la participación activa de todos los miembros de la entidad hospitalaria.

Visión:

En el 2018 consolidar la implementación, aplicación y correcto funcionamiento del mantenimiento de los equipos biomédicos del hospital, mejorando el rendimiento de estos y colaborando en la preservación de su vida útil.

Objetivos:

- Optimizar el funcionamiento de los equipos biomédicos presentes en el hospital, con la intervención no solo del personal especializado en mantenimientos, si no de los profesionales que los operan.
- Proporcionar espacios idóneos, con herramientas apropiadas para la ejecución apropiada de la labor de mantenimiento, para así obtener resultados satisfactorios y brindar calidad en el desarrollo del trabajo.
- Aumentar la disponibilidad de los equipos biomédicos, mejorando el tiempo de respuesta del servicio de mantenimiento, tratando de eliminar las fallas correctivas que se pueden evitar y proporcionar personal capacitado especializado para el área de mantenimiento.
- Aplicar y analizar indicadores que permitan conocer el rendimiento de los equipos y el nivel de satisfacción de las áreas del hospital con la de

mantenimiento, para buscar así una mejora continua en los procesos establecidos.

- Proporcionar confiabilidad a los pacientes a la hora de ser intervenidos con los equipos, pues obtendrán resultados verídicos.
- Capacitar al personal para que contribuyan con el buen manejo de los equipos y así mantener un buen nivel de productividad de los equipos.

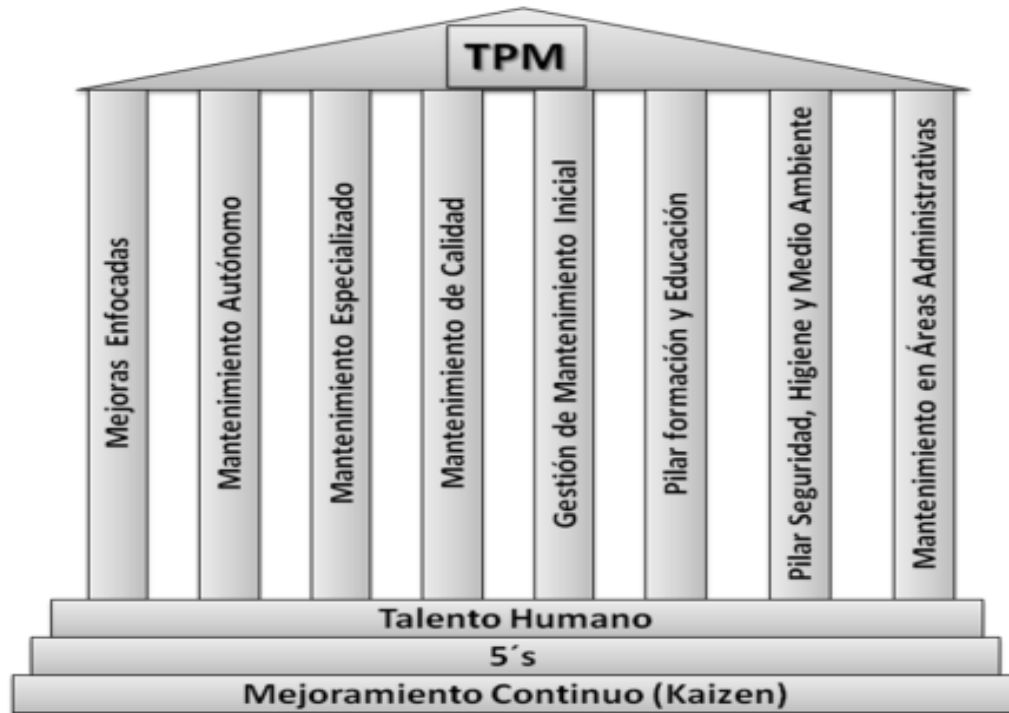
Impacto de la mejora

- **Disponibilidad:** Al eliminar daños por malos manejos, tiempos muertos por falta de material y tiempo de respuesta por mala planeación, no solo aumenta la disponibilidad, sino también la capacidad de atención del hospital.
- **Calidad:** los equipos y el personal contribuyen activamente a garantizar la satisfacción de los pacientes al recibir servicios confiables, obteniendo así los resultados esperados por parte de la entidad.
- **Capacitación y desarrollo:** Con la implementación del TPM, se brinda capacitación y entrenamiento a todo el personal que interviene dentro de la entidad hospitalaria, proporcionando la capacidad para tomar decisiones acertadas o advertir de situaciones adversas que pueden afectar los equipos.

7.1.1.1 Pilares del tpm

El TPM permite diferenciar una organización debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Ilustración 8 Pilares del TPM



Fuente: Bs grupo.

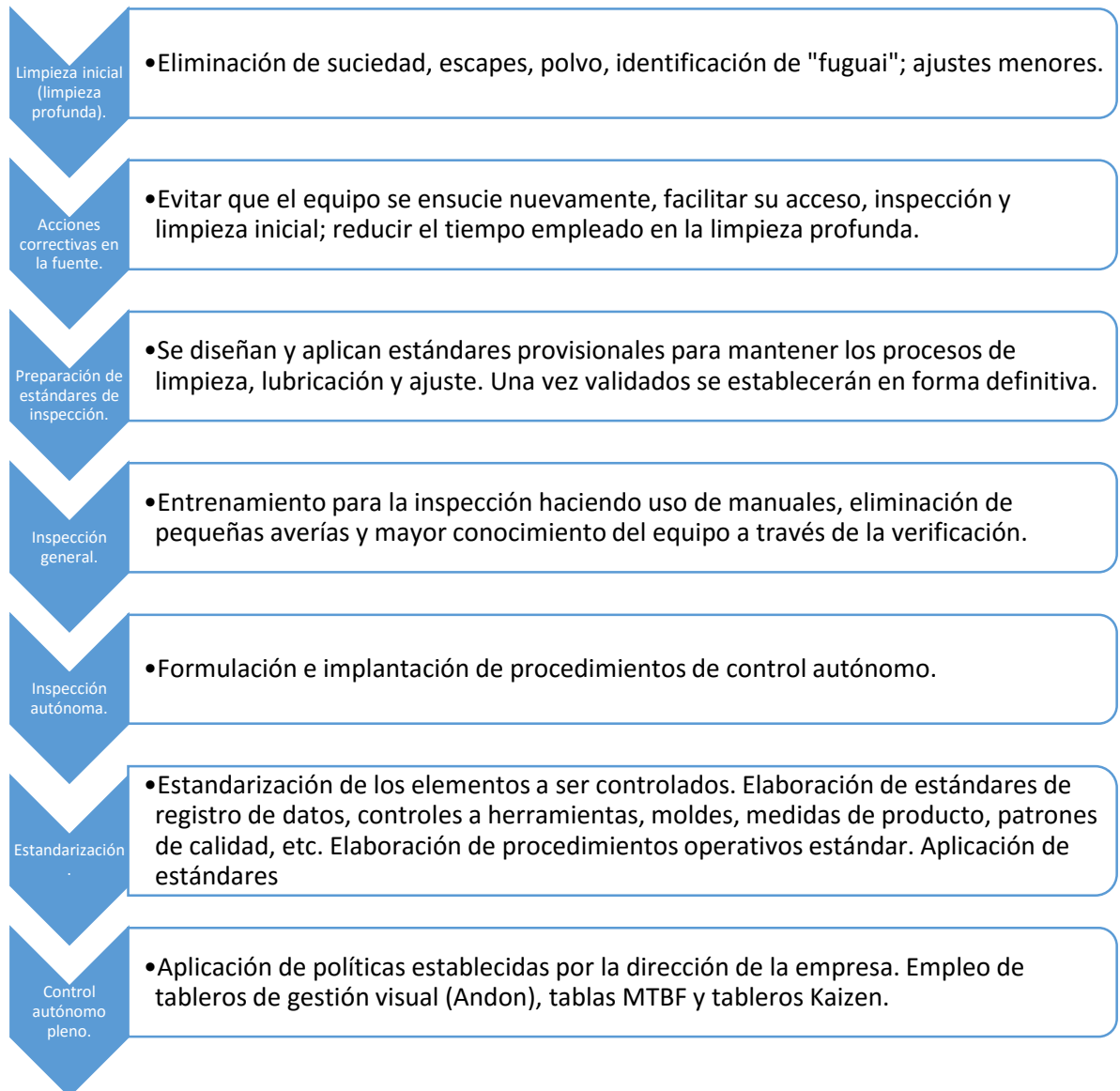
Mantenimiento autónomo que es uno de los pilares del TPM como se observa en la **Ilustración 8** (JISHU HOZEN): Es aquel que se lleva a cabo con la colaboración de los operarios del proceso. Consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones, de tal manera que debe contar con total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno (Lopez, 2016).

Objetivos:

- Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo.
- Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas. Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.

- Mejorar las funciones del equipo.
- Mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia (productividad y energía) del equipo.

Ilustración 9 Flujo de proceso



Fuente: Los autores.

Mantenimiento planificado (KEIKAKU HOZEN): También conocido con el nombre de mantenimiento programado o preventivo, es el tercer pilar del TPM, y corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de "cero averías".

Objetivos:

- Cero averías.
- Cero tiempos muertos.
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos.
- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos al estado de los equipos.

Implementación del mantenimiento autónomo.

El desarrollo del pilar de Mantenimiento autónomo se hará bajo los pasos descritos en la metodología del TPM. La implementación total de este pilar es un proceso que puede tardar entre 3 y 5 años dependiendo de las condiciones iniciales en las que se encuentre la empresa.

Los objetivos generales del mantenimiento autónomo son (Japan Institut of Plant Maintenance, 1995):

- Desarrollar habilidades en el personal para la identificación y corrección de defectos.
- Retornar la máquina a condiciones básicas de operación. Para alcanzar estos objetivos se deben realizar unas actividades particulares las cuales están dirigidas a las máquinas y a las personas.

En cuanto a las máquinas se tienen:

- Exponer los defectos escondidos por medio de la eliminación de toda acumulación de polvo y contaminantes, a través de la limpieza inicial, manteniendo un nivel de limpieza constante.

- Identificar de manera clara todas las áreas que son difíciles de operar y mantenerlas en condiciones básicas de limpieza (Fuentes de contaminación, Áreas de difícil acceso, Ajustes de máquina).

En cuanto a las actividades específicas que competen a las personas se busca:

- Desarrollar trabajo en equipo en donde todos los miembros quienes se dedican a la actividad de limpiar para inspeccionar.
- Definir roles y responsabilidades claras para la ejecución del pilar.
- Entender profundamente la máquina, su funcionamiento y su terminología para identificar cuando una condición es normal y cuando es un defecto.
- Desarrollar conciencia para comprender el impacto que tienen los defectos en el desempeño de la máquina

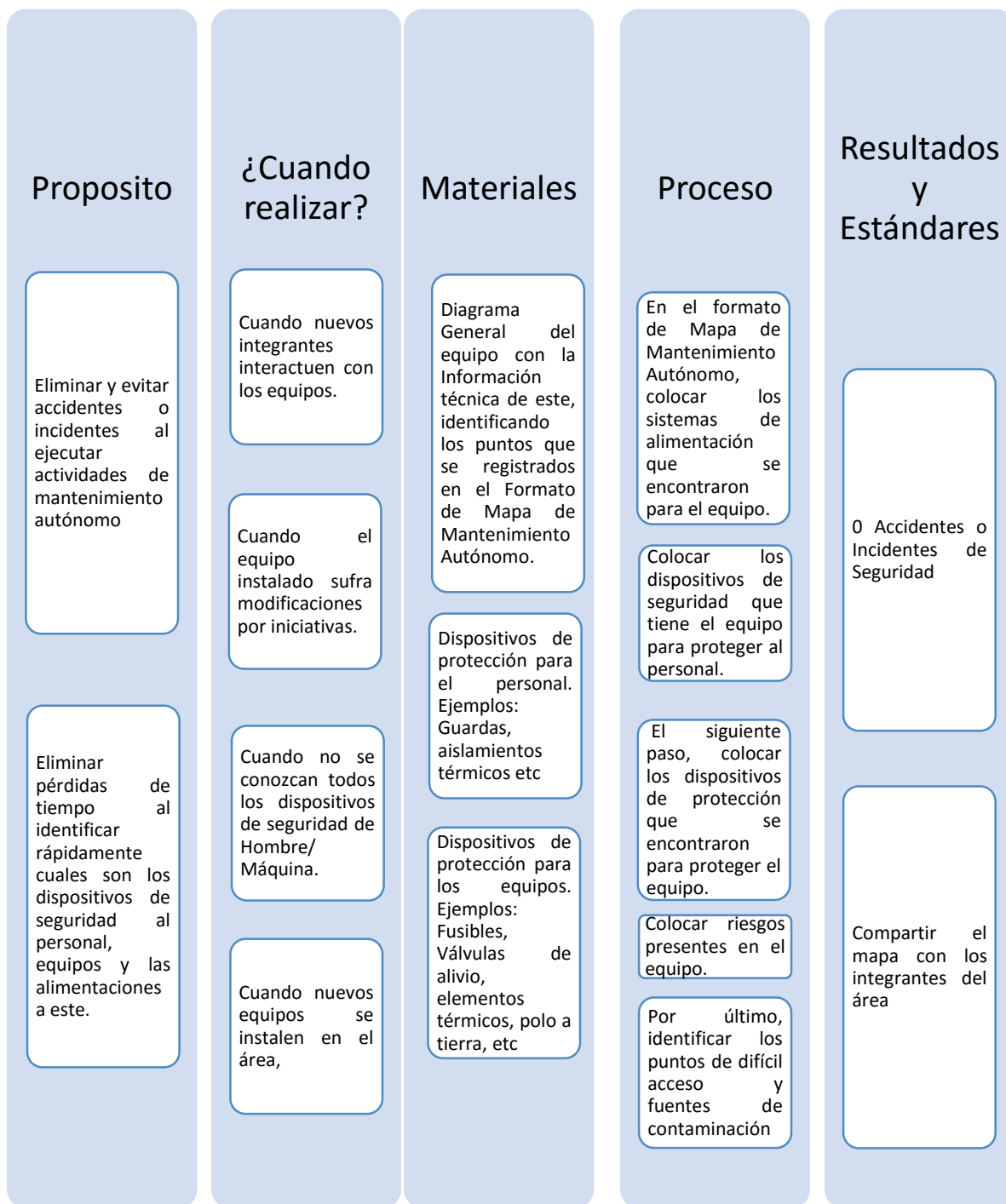
ETAPA 1: Limpieza inicial.

El primer paso que consiste en limpiar todo el polvo y basura de los equipos, basados en la implementación de la filosofía de las 5S que se propone para el hospital. Es por esta razón que se debe dar inicio a la metodología de orden y aseo antes de desarrollar el modelo TPM. De esta forma se tienen los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de uso, y así dar paso a la segunda etapa.

ETAPA 2: Acciones correctivas en la fuente.

Para prevenir las causas del polvo, basura, desajustes y hacer más accesibles las partes difíciles de limpiar y lubricar identificadas en el paso anterior, se propone diseñar formatos por cada equipo biomédico, en los que se relacionen las fuentes de averías de cada uno, para establecer los planes de acción para la eliminación de la falla. El mapa de Mantenimiento Autónomo del equipo es un diagrama en el cual se describen y señalan claramente los componentes del equipo que tienen un riesgo potencial en seguridad para el equipo y las personas. Este mapa servirá para dar información de las fuentes de suciedad, los elementos de seguridad de los equipos para las personas y los dispositivos de seguridad para el mismo equipo de una forma muy visible.

Ilustración 10 Actividades y Resultados



Fuente: Los autores

Cuando se diseñen los Mapas de Mantenimiento Autónomo de los equipos biomédicos, quedan en evidencia las fuentes de contaminación y los puntos inaccesibles para ser tratados posteriormente. En cuanto a la eliminación de los puntos inaccesibles o de difícil acceso, los mapas deben presentar la información suficiente para adaptar las condiciones de los equipos con base en esto.

ETAPA 3: Preparación de estándares de inspección.

Se propone documentar los estándares de limpieza para cada equipo, las Normas de Limpieza (NL), pueden ser desarrolladas no solo por el ingeniero biomédico, si no por los encargados de mantenimiento general. Estos estándares deben cumplir con los siguientes parámetros:

- Describir el procedimiento paso a paso para limpiar y ajustar el equipo y cada una de sus partes.
- Registrar el tiempo que toma realizar cada procedimiento de limpieza e inspección en el equipo.
- Identificar las herramientas y utensilios necesarios para realizar las actividades de limpieza y ajuste.
- El tiempo de limpieza e inspección deberá reducirse a medida que los operadores incrementan su nivel de habilidad.

La norma de Limpieza tiene como objetivo:

- Estandarizar el procedimiento de limpieza e inspección de los equipos biomédicos.
- Definir el tiempo que requiere un equipo para ser inspeccionado en su totalidad.
- Capacitar a todos los miembros del área en las actividades de limpieza que se deben ejecutar.
- Asegurar que ningún componente del equipo quede sin limpiar o inspeccionar.

ETAPA 4: Inspección general.

En este paso se requiere de una inspección global de los equipos para reparar y detectar los defectos. Para esto se deberá crear un concepto de inspecciones regulares en donde los responsables de cada área, con ayuda de las normas de limpieza previamente establecidas, realizaran una verificación general de su entorno.

Adicionalmente, todas las anomalías que se puedan llegar a detectar en las sesiones deberán ser registradas en un formato de reporte de defectos, esto con el objetivo de tener una trazabilidad de los equipos y los defectos de las mismas y poder realizar una gestión de equipos más asertiva sobre cuáles son los puntos más críticos, incluyendo principalmente las fuentes de suciedad.

ETAPA 5: Inspección autónoma.

Se debe comunicar tanto a los técnicos de mantenimiento general, como a los profesionales encargados de operar el equipo que el quinto paso del proceso de implementación del pilar de mantenimiento autónomo es la inspección autónoma; es decir, tener un criterio para poder medir el rendimiento propio. En las sesiones de información del mantenimiento autónomo, antes de la revisión del ingeniero biomédico, se realiza una inspección general antes de terminar la jornada y el propio operario es el que juzga su trabajo antes de presentarlo a sus compañeros.

Siguiendo el objetivo de este paso de administrar hojas de verificación, se hace uso nuevamente de las normas de limpieza que funcionan como una lista de chequeo donde además de revisar que ningún componente haya quedado sin inspeccionar, se registra el tiempo en el que se llevó a cabo la norma para compararlo con el estimado inicialmente. Adicional de la verificación autónoma de la limpieza, es más importante aún la verificación autónoma en las operaciones productivas. Lo esperado en este paso es lograr que los responsables de cada proceso tengan el conocimiento suficiente de lo que están haciendo para determinar si los equipos cumplen con los estándares de calidad definidos por el hospital. Para esto es de vital importancia el entrenamiento que reciben para conocer los procesos en los que están involucrados; este conocimiento generalmente es empírico resultado de la experiencia.

ETAPA 6: Estandarización.

La filosofía del TPM ha desarrollado un concepto para documentar conocimientos de una forma clara y sencilla, este se llama Lección de un Punto (LUP). Esta herramienta es un método rápido de transmisión de conocimiento y cultura a través del auto-aprendizaje en el sitio de trabajo. Sirve para transmitir conocimientos básicos sobre los equipos, sistemas de trabajo, etc.; reduciendo las pérdidas por falta de habilidad. Dentro de los objetivos de esta herramienta está promover la autoevaluación y el compromiso del operario con el equipo, reducir los tiempos de entrenamiento, profundizar el conocimiento de las personas, entre otros.

¿Cómo nace una LUP?

Cualquier miembro del grupo toma la iniciativa de crear una LUP, estudia y prepara una idea que se expresará con originalidad. El creador se la explica a sus compañeros de grupo, el grupo discute para mejorarla para finalmente obtener una LUP clara y confiable. (López, 2009)

¿Cómo se hace una LUP?

El objetivo de estos formatos es fomentar la participación de los operarios en la documentación de los procesos y equipos. Es importante que la documentación elaborada sea compartida entre todos los profesionales que intervienen con los equipos, para de esta manera generar una cultura de entrenamiento entre estos y que eventualmente aumente la polivalencia de ellos con respecto a los procesos de la entidad; es decir, todos los operarios sepan operar la mayoría de los equipos.

ETAPA 7: Control autónomo pleno.

El modelo TPM se fundamenta en la idea de mejorar de forma continua la manera como se realizan los procesos de mantenimiento, para llevar a cabo este objetivo es de suma importancia el involucramiento del personal, pues a diferencia de otros proyectos de optimización de procesos productivos, es necesario contar con la participación activa de las personas en el desarrollo de tareas y responsabilidades relacionadas con el proyecto y no realizar una imposición de funciones, que a corto plazo desemboca en resistencia al cambio. Estructurar una organización donde el empleado se comprometa, requiere de una correcta gestión humana (Álvarez Laverde, 2008 pág. 1). Según Edward Lawler en su libro Management como ventaja competitiva, se puede lograr la implicación del personal a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Implicación} = \text{Información} + \text{Delegación del poder} + \text{Reconocimiento}$$

Dónde:

Información: Se comunica a través de las reuniones realizadas.

Conocimiento: Por medio de las capacitaciones teóricas, así como las capacitaciones compartidas dentro del mismo grupo de trabajo.

Delegación de poder: Convertir al operario en responsable de su proceso por medio del mantenimiento autónomo de sus equipos y la delegación de funciones que de otra manera se realizarían con un tercero o un cargo adicional.

Reconocimiento: Sistema de motivación que genere la cultura de participar y proponer ideas que mejoren las condiciones actuales de operación.

Al aplicar correctamente la fórmula anterior dentro de la organización, se reflejará inmediatamente el desarrollo y el compromiso por parte de todos con ésta, generando los resultados esperados de integración y de sentido de pertenecía hacia la empresa.

MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Los objetivos de este pilar apuntan a aumentar la disponibilidad y vida útil del equipo siendo efectivo y eficiente en costo.

En línea con este procedimiento, se debe iniciar con la evaluación del estado inicial de los quipos. Actualmente, el hospital no cuenta con los registros ordenados, específicos y discriminados del mantenimiento realizado a los equipos, algunas de las causas de las fallas se encuentran documentadas de forma poco específica, por lo cual no se cuenta con una trazabilidad exacta de los equipos del hospital.

De este modo, si se conocen los tiempos entre fallos, y se obtiene la probabilidad de falla del componente analizado, se podrá determinar el mantenimiento más eficiente y efectivo en costo, teniendo en cuenta tanto el mantenimiento preventivo, como posibles fallas que se deban reparar con mantenimiento correctivo. Esto se logra definir realizando un modelo de optimización que pretenda definir el menor costo de mantenimiento, en donde se determina la cantidad de días entre cada mantenimiento preventivo con un costo asociado a ello, y la cantidad de ocurrencia de fallas que se espera, con un costo relacionado por mantenimiento correctivo.

De este modo, es importante destacar que, al no tener una mayor disponibilidad de los equipos en el hospital generada a partir de la gestión de un mantenimiento preventivo, es evidente que el proceso de atención al paciente se puede detener, generando riesgos en la vida del paciente, tiempos muertos en la atención de estos, traducidos en aumentos de costos y quejas en los usuarios. El hospital tiene un tiempo estimado de tres días laborales completos para la reparación de los equipos por el proveedor.

Estos problemas derivados de las fallas de los equipos, concluyen en insatisfacción del paciente, ya sea porque el servicio es defectuoso, o debido al incumplimiento en los tiempos de atención, el cual puede generarse por negligencia, falta de repuestos entre otros factores. Así como es importante determinar la frecuencia en la cual se hará en mantenimiento preventivo, es decir, la planeación de este, también lo es documentar la manera en la que esto se debe realizar. La documentación del mantenimiento preventivo se basa en la instrucción de cómo ejecutar las tareas propias de mantenimiento a fin de garantizar un nivel de fallas menor a las presentadas.

Al igual que se plantea el desarrollo del mantenimiento autónomo, se plantea la realización de sesiones de divulgación y concientización acerca de la importancia del mantenimiento planificado, con el fin de tener definidas las metas que se quieren alcanzar por medio de este.

ETAPA 1: Evaluar el estado inicial de los equipos.

La selección de los equipos para mantenimiento planificado es la misma realizada en la Tabla 3. Adicional a esto se propone la realización de un instructivo para cada equipo, que consigne el procedimiento correcto para realizar el mantenimiento de cada uno, con el fin de prevenir posibles fallas y por lo tanto prolongar el tiempo de vida útil del equipo.

Por lo tanto, el hospital necesita:

Mejorar las fichas técnicas. En la actualidad las fichas técnicas llevadas por la empresa son unas hojas que introducen dentro de la carpeta de los equipos, las cuales tienen la información técnica, el nombre del equipo, su código y su activo fijo. Este método es inseguro ya que las hojas no están en el lugar adecuado y muchas veces se pierden o se rompen, así como también no se lleva un control de los cambios que se realizan en los equipos, por lo tanto, la información no es

completamente verídica. Las fichas técnicas u hojas de vida de los equipos se deben actualizar y completar. Es necesario incluir la clasificación del equipo, partes o repuestos sugeridos, actualizaciones y una referencia sobre el tipo de información técnica disponible en la empresa en manuales.

Es recomendable contar para los equipos críticos un procedimiento de inspección de mantenimiento preventivo, condiciones normales de funcionamiento y puntos claves de observación para evitar fallos potenciales. En la actualidad el modelo de mantenimiento utilizado no incluye acciones establecidas de rutina para inspeccionar los equipos.

Implementar un sistema de documentación y recolección de la siguiente información de mantenimiento: frecuencia de fallos, causas, intervenciones. Este tipo de información es muy importante para realizar acciones de mejora en los equipos

Recolectar la información crítica para iniciar un proceso de mejora del modelo de mantenimiento del hospital basado en la siguiente información:

Tiempo medio para reparar un equipo.

Capacidad de servicio del equipo.

Tiempos totales de pérdida en el equipo.

ETAPA 2: Eliminar el deterioro y mejorar el estado de los equipos.

Para la determinación de los componentes que más fallan en cada una de los equipos, se realizó el levantamiento de la información, proporcionada por el ingeniero biomédico, estas fallas actualmente son consignadas de forma poco concisa en un formato llamado retroalimentación, se recomienda definir un nuevo formato que permita que permita consignar toda la información pertinente de estas fallas.

En la **Tabla 7** se muestra las fallas presentadas y documentadas por cada equipo:

Teniendo en cuenta que a la hora de recolectar la información se encontraron falencias en el reporte de las fallas y mantenimientos correctivos, se recomienda al área de mantenimiento:

- Hallar la frecuencia de los fallos o averías de equipos.

- Preparar una tabla tiempos promedio de reparación, para priorizar los fallos que se deben atacar por orden de importancia. Con esta información se identifican los temas de estudio o mejora.
- Aplicar la técnica “5W” para analizar las causas del problema crítico. Como producto final de esta técnica se encontrarán las acciones de mejora para evitar la repetición de los fallos estudiados.
- Establecer un plan para evitar la repetición del problema en el equipo y en otros similares.
- Valorar cuantitativamente la mejora alcanzada y su sostenimiento a través del tiempo.

ETAPA 3: Mejorar la información del sistema de mantenimiento.

- Crear un sistema de flujo de información sobre averías y fallos en los equipos, ya sean de muy corto tiempo (menores a diez minutos) como paradas largas. Esta información se debe registrar en el punto donde se genera el problema o sea cerca del equipo. Los registros pueden ser actualizados por el profesional que opera el equipo con la respectiva formación, como parte de las acciones de autónomo. Se debe emplear uno de los formatos sugeridos donde se registre el tiempo total de la parada, tiempo de intervención y tiempos de espera si existe. Esta información debe ser analizada periódicamente por mantenimiento para diseñar acciones de mantenimiento preventivo y de mejora de equipos.
- La gestión de repuestos se debe mejorar. El primer paso debe ser el de ordenar el almacén de repuestos, mantener un stock adecuado de los repuestos más necesitados y mejorar su control visual de ubicación, gestión económica y operativo. Consideramos que es una importante asignatura pendiente en el sistema de mantenimiento del hospital.

ETAPA 4: Mejorar el sistema de mantenimiento preventivo

Estandarización de trabajos de mantenimiento. Preparar estándares de trabajo para el personal de mantenimiento. Enfatizando que estos estándares sean preparados con los detalles necesarios para que sirvan para realizar el trabajo en forma segura y con calidad. Estos documentos se deben entregar a los técnicos e ingenieros con el correspondiente entrenamiento.

Programa de mantenimiento preventivo. Preparar los diagramas de flujo del sistema de mantenimiento periódico, tanto el basado en el tiempo, como el centrado en la condición. El programa de mantenimiento preventivo debe ser revisado para asegurar que los tiempos asignados son coherentes, competitivos en costo y necesarios. El programa actual de mantenimiento preventivo se debe optimizar y validar los tiempos asignados. Para esto es necesario contrastar los tiempos del programa con la información disponible en los catálogos de los equipos y los cálculos del índice de fallas a partir de los datos históricos disponibles. Es en este punto donde consideramos la necesidad urgente de contar con datos sobre averías mayores y pequeñas paradas. Esta información ayudará a mejorar los costes de mantenimiento, ya que es posible que se esté realizando un sobre mantenimiento en ciertos equipos y otros no tengan el servicio necesario. Con estos ajustes en los tiempos se debe preparar un nuevo programa de mantenimiento preventivo con su correspondiente calendario.

Seguridad en el trabajo. Como parte del trabajo de mantenimiento es necesario en forma progresiva ir incorporando a los estándares de trabajo, aquellos relacionados con la seguridad en las tareas de mantenimiento. Se sugiere emplear la matriz de riesgo correspondiente a la labor que normalmente se aplican en las tareas de mantenimiento autónomo. Estas se deben preparar específicamente para las actividades de intervención de equipos. Las recomendaciones deben ser concretas y detalladas para cada parte del equipo.

Sistematización de la información. Rediseñar los procesos de mantenimiento. Los sistemas actuales establecidos de mantenimiento, se considera que no son los mejores y se debe evitar su automatización tal cual como están. Es necesario implantar las recomendaciones de este estudio para mejorarlos y una vez se avance en esta dirección, se puede proceder a sistematizarlos. Sin embargo, creemos que el almacén de repuestos requiere un tratamiento especial de mejora y exige su automatización. En forma paralela a la mejora del sistema de mantenimiento, se puede trabajar en la mejora del orden físico del almacén, codificación manual de

repuestos, marcación y ubicación de elementos. Con este trabajo realizado, se puede proceder a informatizar la gestión de repuestos y su valoración económica por órdenes de mantenimiento.

ETAPA 5: Desarrollar el sistema de mantenimiento preventivo

En el caso del Hospital que cuenta con mecanismo de outsourcing para el desarrollo del mantenimiento de equipos biomédicos, como estrategia para no elevar los costos. Se pretende que dicho programa planteado por la empresa contratada se implemente adecuadamente, pero en la actualidad se evidencian fallas de ambas partes, siendo este el motivo principal de la investigación.

7.2 IMPLEMENTACION DE FILOSOFIA KAIZEN.

Entre una serie de metodologías administrativas vinculadas a la excelencia y a la mejora continua en materia de calidad, niveles de satisfacción, productividad y costos, se encuentra el Kaizen.

La metodología Kaizen enfatiza el reconocimiento del problema y proporciona pistas para su identificación y procedimientos para su resolución. El mejoramiento alcanza nuevas alturas con cada problema que se resuelve.

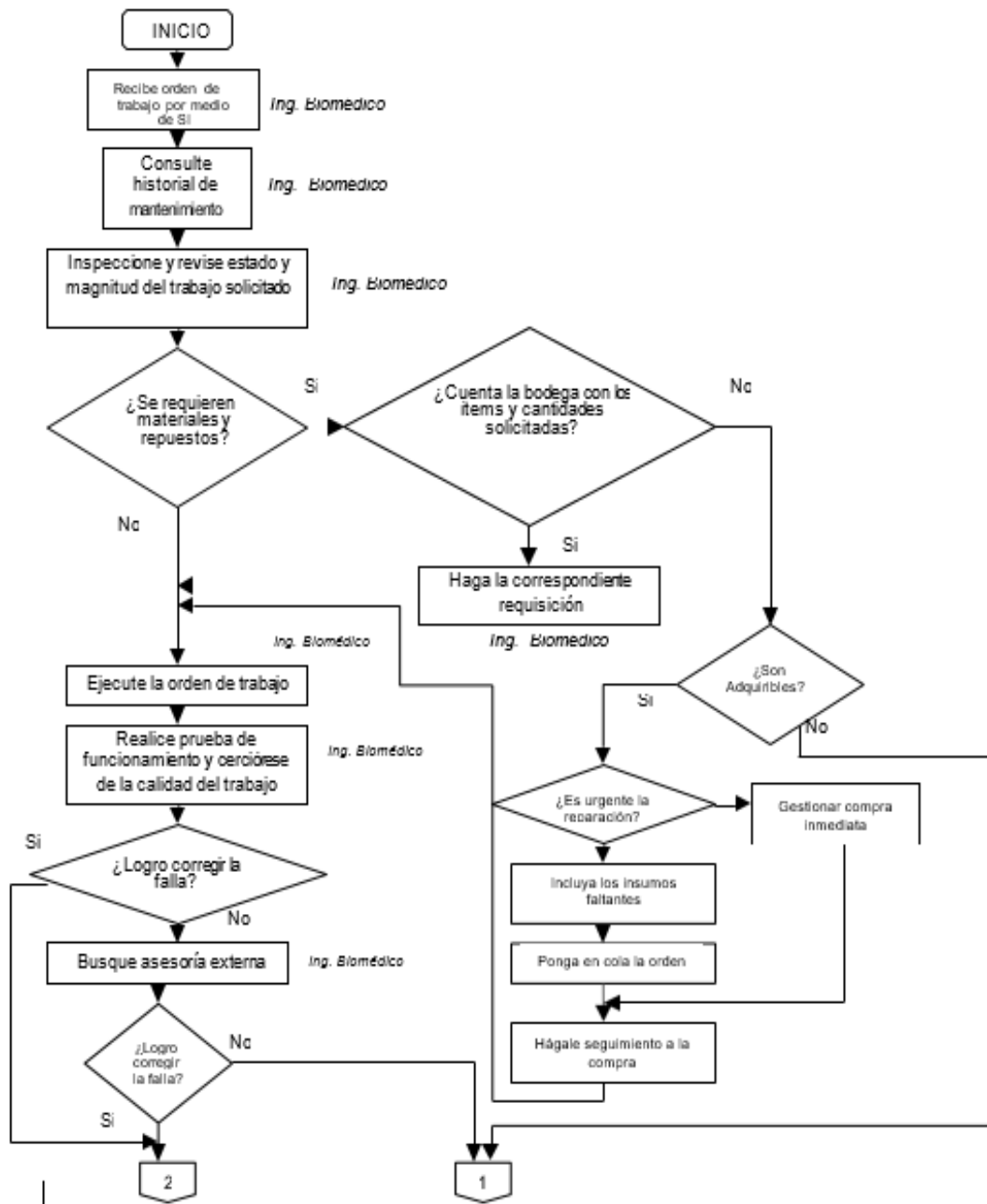
Teniendo como base el diagnóstico del capítulo anterior, se propone implementar la filosofía Kaizen del proceso que hace hincapié en el proceso en sí mismo, en el control y en la mejora continua del mismo. Esto tiene lugar mediante el continuo proceso de Planificación – Ejecución – Revisión y Acción, con dicha implementación se está trabajando hacia el Mejoramiento Continuo del sistema hospitalario a través del área de mantenimiento.

7.2.1. REDISEÑO DE PROCEDIMIENTOS.

Al proponer un rediseño para lograr la creación del valor dentro del proceso, es importante entender la problemática que se quiere mejorar; además se debe saber que el objetivo del nuevo diseño es hacer que se eliminen al máximo los diferentes tipos de Muda identificadas. El nuevo diseño consta de los siguientes procesos que se plantean a continuación y se pueden ver diagramado en la **Ilustración 11**.

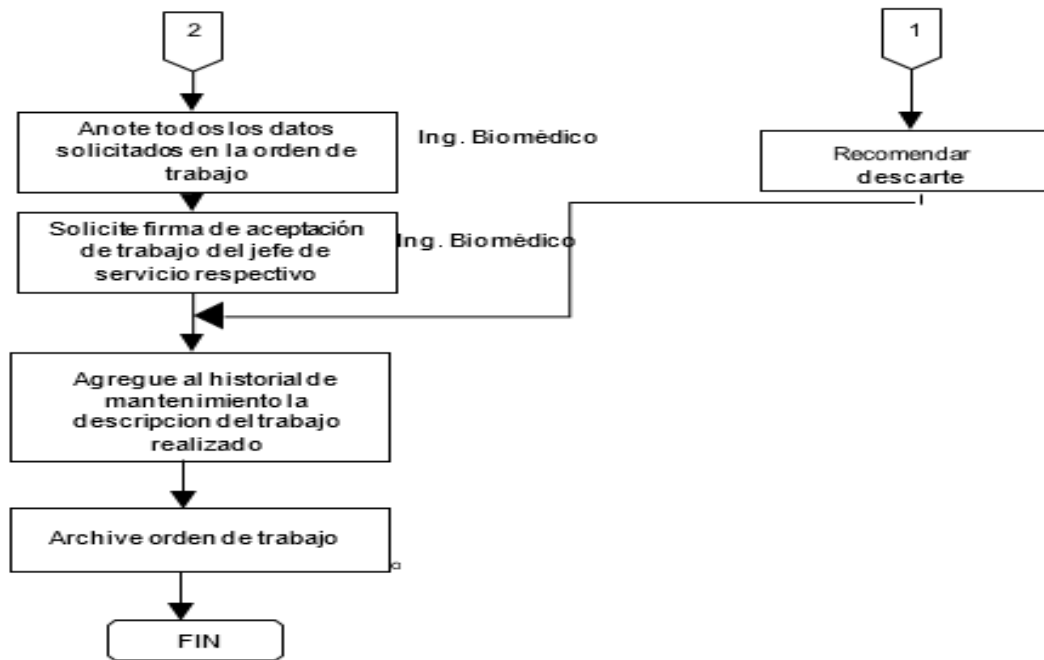
1. **Solicitud de orden de trabajo:** En esta fase las diferentes áreas realizan las solicitudes de reparación, mantenimiento o informe de fallas, mediante el sistema o correo electrónico hasta que se realice de manera formal mediante formato la solicitud al departamento de mantenimiento.
2. **Solicitud del material:** Al recibir la orden trabajo el encargado del mantenimiento, realiza una constatación física del problema a resolver y de acuerdo a su conocimiento determina la cantidad de material a utilizar; el encargado de compras, debe revisar muy detalladamente el pedido para evitar contradicciones en las cantidades que se utilizan, además se recomienda tener un stock de material con mayor incidencia de la demanda.
3. **Solicitud de materiales al almacén:** Con la aprobación de la solicitud por parte del jefe del área de mantenimiento, el encargado del mantenimiento procede a recoger las firmas respectivas, lo lleva a almacén, donde la secretaria de suministros proceda a revisar en el sistema la existencia del material requerido; comunica al jefe de suministros de la existencia del material o su vez la falta de material para su requerimiento externo. La verificación del material se debe realizar por lo menos en el mismo día que llega el pedido al repositorio para tener conocimiento de su existencia o falta.
4. **Realización del trabajo:** Una vez que el encargado del mantenimiento tiene el material procede a realizar su trabajo asignado el cual debe registrar en la ficha respectiva la fecha y tiempo de demora y el área donde se ejecutó. Se debe hacer firmar la entrega de la labor por parte del jefe del área.
5. **Inspección y revisión de obra:** El encargado de mantenimiento procede a revisar la obra que esté terminada y correctamente realizada, teniendo en cuenta el uso del material que se requirió y la calidad de entrega de la misma. Luego de esto se procede a registrar su entrega en el correspondiente formato para el informe final que debe ser entregado al jefe del área de mantenimiento.

Ilustración 11 Nuevo flujograma de Mantenimiento correctivo.



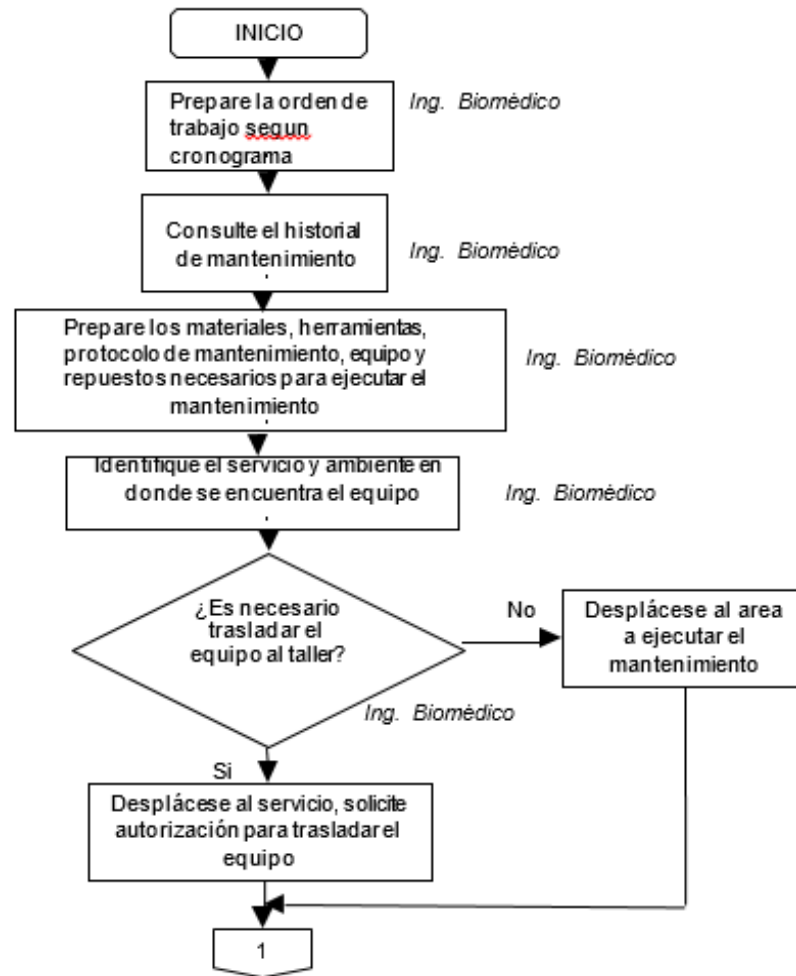
Fuente: Los autores.

Ilustración 11 Nuevo flujograma de Mantenimiento correctivo (Continuación)



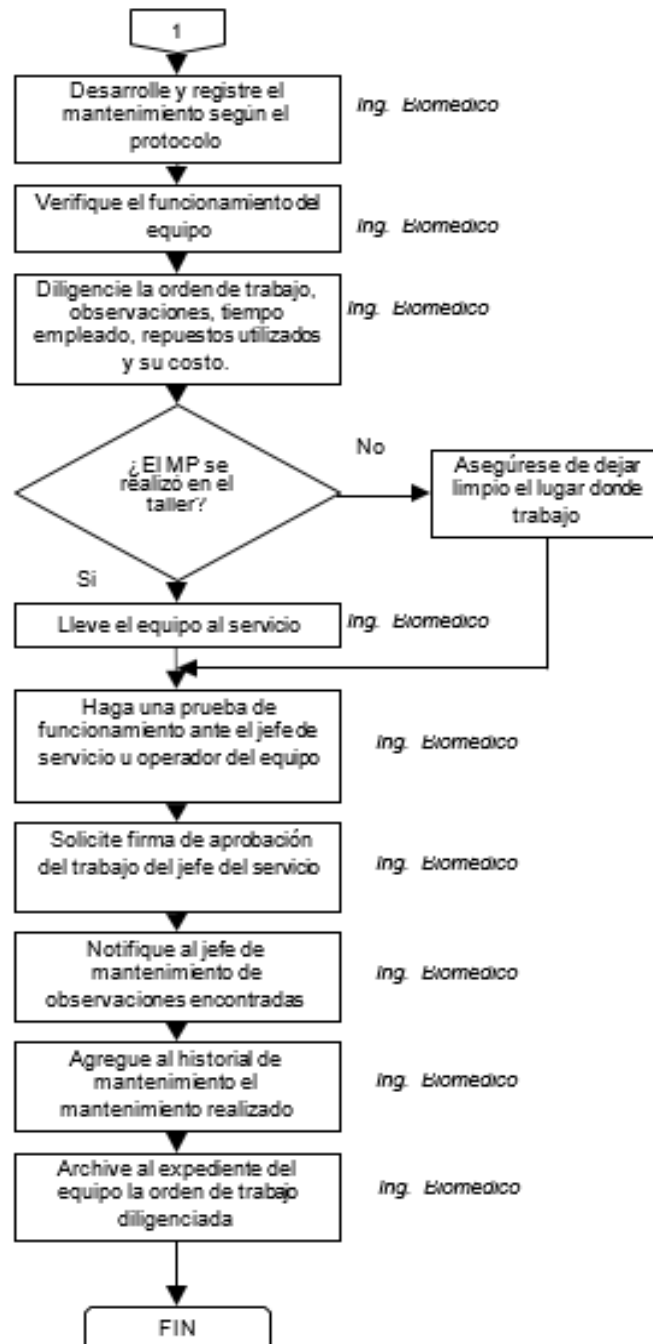
Fuente: Los autores.

Ilustración 12 Nuevo flujograma mantenimiento preventivo.



Fuente: Los autores.

Ilustración 12 Nuevo flujoograma mantenimiento preventivo (continuación)



Fuente: Los autores.

7.2.2. CICLO PHVA.

A través del ciclo PHVA el área de mantenimiento planea, estableciendo objetivos, definiendo los métodos para alcanzar los objetivos y definiendo los indicadores para verificar que, en efecto, éstos fueron logrados. Luego, implementa y realiza todas sus actividades según los procedimientos y conforme a los requisitos de los clientes y a las normas técnicas establecidas, comprobando, monitoreando y controlando la calidad de los productos y el desempeño de todos los procesos clave. Luego, se mantiene esta estrategia de acuerdo a los resultados obtenidos, haciendo girar de nuevo el ciclo PHVA mediante la realización de una nueva planificación que permita adecuar la Política y los objetivos de la Calidad, así como ajustar los procesos a las nuevas circunstancias del mercado.

PLANEAR.

En esta etapa se establecen los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados, de conformidad con los requisitos del cliente (áreas del hospital) y las políticas de la organización.

Para realizar el cronograma de mantenimiento preventivo se propone hacerlo basándose en un indicador llamado de nivel de prioridad y en el IPM (Índice de mantenimiento preventivo)

Nivel de prioridad:

$$Pi = E + A + M$$

E= Función del equipo.

A= Aplicación clínica.

M= Requerimiento del equipo.

Tabla 14 Asignación de peso por criterio.

Por la función del equipo.	E
Equipos de apoyo a la vida	9
Equipos e instrumentos para la Cirugía y los Cuidados Intensivos	9
Equipos para el tratamiento y la fisioterapia	8
Otros equipos para el monitoreo de variables fisiológicas y el diagnóstico.	6
Análisis de Laboratorio	5
Accesorios del Laboratorio	4
Computadoras y Equipos asociados	3
Otros equipos relacionados con el paciente	2
Aplicación Clínica	A
Puede producir la muerte al paciente	5
Puede producir daño al paciente u operador	4
Terapia inapropiada o falso diagnóstico	3
Riesgo mínimo	2
Sin riesgo significativo	1
Requerimientos de Mantenimiento	M
Extensivo	5
Promedio	3
Mínimo	1
Historia de fallas	F
Adicionar un punto por cada correctivo en el último año	1 por cada correctivo

Fuente: (Nueva legislación, 2014)

- Todo equipo con un puntaje de 11 o más alto se incluirá en el Inventario de Mantenimiento Preventivo de Equipos Médicos, como de alta prioridad.
- Equipos con un puntaje entre 10 y 5 podrán incluirse en el Inventario de Mantenimiento Preventivo de Equipos Médicos, como de prioridad media.
- Equipos con un puntaje menor o igual de 4 se incluirán en el Inventario de Mantenimiento Preventivo de Equipos Médicos, como de baja prioridad.

Calculo de pi para los equipos del hospital objeto de estudio.

Aplicando la formula anteriormente mencionada, se procede a calcular el nivel de prioridad de los equipos con los que actualmente cuenta el hospital información registrada en la **Tabla 15** y que será de vital importancia a la hora de planear y ejecutar el plan de mantenimiento.

Tabla 15. Nivel de prioridad de los equipos biomédicos.

EQUIPO	E	A	M	Pi	Prioridad
Agitador	4	1	1	6	Prioridad media
Aspirador	6	2	3	11	Alta prioridad
Bascula Piso	6	1	1	8	Prioridad media
Balanza	2	2	3	7	Prioridad media
Balanza digital	2	2	3	7	Prioridad media
Balanza pediátrica	2	2	3	7	Prioridad media
Balanza tallimetro	2	2	3	7	Prioridad media
Baño maria	4	3	1	8	Prioridad media
Bascula bebe	2	2	3	7	Prioridad media
Bascula pediátrica Digital	2	2	3	7	Prioridad media
Cama eléctrica	2	2	3	7	Prioridad media
Capnografo	9	5	3	17	Alta prioridad
Centrifuga	5	3	1	9	Prioridad media
Colposcopio	6	3	3	12	Alta prioridad
Compresor de aire	2	1	3	6	Prioridad media
Cuna calor radiante	9	5	3	17	Alta prioridad
Desfibrilador	9	5	3	17	Alta prioridad
Doppler	6	3	3	12	Alta prioridad
Electrocardiógrafo	6	3	5	14	Alta prioridad

Fuente: Los autores.

Tabla 15 Nivel de prioridad de los equipos biomédicos (continuación)

Electrobistury	9	4	3	16	Alta prioridad
Electrocauterio	6	3	3	12	Alta prioridad
Equipo de órganos	6	2	1	9	Prioridad media
Fronto Luz	6	3	3	12	Alta prioridad
Hidrocolector	2	1	1	4	Baja prioridad
Incubadora	9	5	3	17	Alta prioridad
Insuflador	9	5	3	17	Alta prioridad
Lámpara auxiliar	2	1	1	4	Baja prioridad
Lámpara Cielítica	2	1	1	4	Baja prioridad
Lámpara Infrarroja	2	1	3	6	Prioridad media
Máquina de anestesia	9	5	3	17	Alta prioridad
Masajeador	8	2	3	13	Alta prioridad
Mesa de cirugía	2	1	1	4	Baja prioridad
Microscopio	5	3	3	11	Alta prioridad
Microcentrifuga	4	3	1	8	Prioridad media
Monitor fetal	6	3	5	14	Alta prioridad
Monitor Multiparametro	9	5	5	19	Alta prioridad
Nebulizador	8	3	3	14	Alta prioridad
Procesadora de video	2	1	1	4	Baja prioridad
Pulsoxímetro	6	3	3	12	Alta prioridad
Tanque parafina	8	2	3	13	Alta prioridad
Tensiómetro	6	3	3	12	Alta prioridad
Unidad Odontológica	2	2	1	5	Prioridad media

Fuente: Los autores.

Mantenimiento Preventivo e Inspecciones (IPM): Facilita el trabajo de sistemas para el Mantenimiento Orientado a Riesgo en Equipos Médicos, puede definirse básicamente un Índice de Mantenimiento Preventivo como:

$$IPM_{(pt)} = Pi \times \frac{t}{T}$$

Pi= Nivel de prioridad.

t= Es el tiempo transcurrido desde el último mantenimiento.

T= Es el tiempo entre mantenimientos preventivos, el cual es dado por el fabricante, puede emplearse la recomendada por ECRI o utilizar el tiempo obtenido por la experiencia del personal de mantenimiento de la IPS.

HACER.

En esta etapa se realiza el mantenimiento preventivo teniendo como base el cronograma realizado en la etapa anterior.

Se debe dejar registro de las intervenciones hechas a cada equipo y las observaciones al jefe del área en la que se encuentra el equipo.

VERIFICAR.

Es la etapa en la que se debe realizar seguimiento y medir los procesos y los productos en relación con las políticas, los objetivos y los requisitos, reportando los resultados alcanzados.

Para la verificación se plantea la utilización de indicadores de disponibilidad, cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, tiempo medio de reparación, costos.

Disponibilidad: Probabilidad de que el equipo biomédico durante la prestación de servicios de salud, se encuentre apto o listo para operar en el momento requerido.

$$\%Disponibilidad = \frac{\sum HROP}{\sum (HROP + HTMN)} \times 100$$

HROP= Tiempo total operación (horas)

HTMN= Tiempo total de mantenimiento (horas)

Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo: Se refiere al cumplimiento de lo planificado, se calcula con respecto a los eventos de mantenimiento realizados y los planificados.

$$\text{Cumplimiento en eventos\%} = \frac{\text{Mantenimiento realizados}}{\text{Mantenimientos planificados}} \times 100$$

Tiempo medio de reparación: Permite calcular la duración promedio de todas las actividades de reparación de los equipos biomedicos en un periodo de tiempo.

$$\text{Tiempo medio de reparación} = \frac{\sum \text{Tiempo total de intervenciones correctivas}}{\text{Numero total de fallas detectadas}}$$

Costos: Compara los costos de mantenimiento contra los costos de adquisición del equipo.

$$\text{Costo del mantenimiento} = \frac{\text{Gastos totales}}{\text{Costos de equipamiento}} \times 100$$

ACTUAR.

Es realizar acciones para promover la mejora del desempeño del (los) proceso, se toma como base los resultados de los indicadores de la etapa anterior, se debe documentar las no conformidades del proceso para tenerlas de base para empezar a trabajar en ellas iniciando un nuevo ciclo PHVA.

7.2. IMPLEMENTACION ESTRATEGIA 5'S

Se denominan como las "5S", por estar basadas en la aplicación de cinco (5) conceptos o principios de acción, cuyos términos originales en el idioma japonés comienzan con la letra S. Estos principios, una vez aplicados al ambiente de trabajo, generan transformaciones físicas que impactan positivamente la productividad de las operaciones que se ejecutan el mismo.

Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar. (Seiri)
- Ordenar. (Seiton)
- Limpiar. (Seiso)
- Estandarizar. (Seiketsu)
- Disciplina. (Shitsuke)

Esta estrategia es importante aplicarla no solo por ser pilar del TPM si no porque el hospital objeto de estudio presenta una necesidad latente en cuanto al tema de organización, orden y limpieza en el área de mantenimiento como se puede observar en las imágenes.

Para llevar el conocimiento de la estrategia al hospital, se creó un manual teórico y de implementación de 5'S el cual se encuentra completo como **Anexo 2**, y fue socializado primero con los encargados del mantenimiento tanto biomédico como general.

7.3. IMPLEMENTACION DE MEJORA

Dentro de la propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo se propone la elaboración e implementación de un procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo con el cual se permite conocer el funcionamiento y descripción de tareas, ubicación, requerimientos y responsables de su ejecución.

7.3.1. Procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo

Objetivo

Establecer las actividades para realizar mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas y equipos involucrados en los procesos relacionados con las áreas del hospital.

Alcance

Este procedimiento aplica para todos los mantenimientos correctivos y preventivos de todos los equipos y maquinas involucrados en los procesos del hospital.

Definiciones

Mantenimiento preventivo: Es el conjunto de actividades de manera programada destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento.

Mantenimiento correctivo: aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Ficha técnica: Documento que establece las características técnicas de las máquinas y equipos y las actividades de mantenimiento.

Responsabilidades

Personal de área

Llama a la oficina de mantenimiento para reportar algún desperfecto y solicitar su reparación.

Verifica junto con el jefe de mantenimiento que el equipo funciona correctamente, de ser así firma de conformidad la “orden de servicio”, en caso contrario informa al jefe de mantenimiento las anomalías detectadas.

Verifica junto con el personal de mantenimiento que el equipo funciona correctamente, de ser así firma de conformidad la “orden de servicio”, en caso contrario informa al personal de mantenimiento las anomalías detectadas.

Verifica junto con el personal de mantenimiento que el equipo funciona correctamente, de ser así firma de conformidad la “orden de servicio”, en caso contrario informa al personal de mantenimiento las anomalías detectadas.

Secretaria

Recibe solicitud, elabora “orden de servicio”, entrégala al personal de mantenimiento responsable del área en la que se encuentra el equipo a reparar.

Elabora “dictamen de baja”, en original y 2 copias recaba firma del Jefe de Mantenimiento y entrega original al encargado de inventarios, recaba firma de recibido en la copia, entrega una copia al servicio y archiva la otra copia; espera a que el personal de inventarios recoja el equipo dado de baja.

Llena “orden de salida” con los datos del equipo, marca, modelo, serie, número de inventario y área asignada, en tres tantos recaba firma del proveedor y jefe de mantenimiento y entrega dos copias al proveedor y archiva original.

Recibe orden de servicio y registra en la “bitácora del equipo” correspondiente y archiva.

Realiza “pedido de material” al departamento de compras y entrégalo en administración para autorización.

Recibe pedido no autorizado, informa al jefe de mantenimiento y archiva pedido cancelado en la carpeta correspondiente.

Elabora solicitud de la reparación del equipo, recaba firma de autorización del administrador y entrégala al área de compras para su trámite.

Recibe orden de servicio y registra en la “bitácora del equipo” correspondiente y archiva.

Personal de mantenimiento

Recibe orden de servicio, colócate equipo de seguridad (bata), acude al área asignada.

Revisa programación mensual de rutinas (ve manual de rutinas de mantenimiento y reglamento interno de mantenimiento), colócate equipo de seguridad (bata), acude al área asignada.

Notifica al jefe de mantenimiento el desperfecto que presenta el equipo y lo incosteable de su reparación.

Notifica al Jefe de Mantenimiento del equipo a reparar.

Realiza reparación del equipo y llena “orden de servicio” y solicita firma al encargado o personal del área.

Acude a la bodega de mantenimiento, llena “vale”, solicita al encargado el material o refacción que necesitas.

Jefe de mantenimiento

Realiza el “programa anual de mantenimiento preventivo”, en original y copia, fírmalo, recaba firma del director y del administrador, envía original al departamento de obras, conservación y mantenimiento de oficina central y archiva copia.

Elabora “rutinas mensuales de mantenimiento”, en original y 14 copias, entrega un tanto al personal de mantenimiento del turno matutino y archiva original.

Informa a la secretaria para que elabore dictamen de baja.

Verifica lista de equipos para saber que proveedor tiene asignado dicho equipo, llama al proveedor y solicítale la reparación del equipo, espera a que el proveedor se presente.

Acompaña al proveedor al área donde se encuentra el equipo dañado.

Pon a prueba el equipo y verifica con el proveedor que el equipo ya quedó reparado y funcionando en condiciones requeridas, recibe orden de servicio, verifica con el encargado o personal del área que el equipo está funcionando adecuadamente, solicítale firme de conformidad en la orden.

Recibe orden de servicio debidamente firmada y entrégala a la secretaria.

Llama al proveedor para que acuda y haga efectiva la garantía del equipo y espera a que éste se presente.

Recibe orden de servicio debidamente firmada, regístrala en la “bitácora de mantenimiento” y entrega orden de servicio a la secretaria.

Recibe listado Informa a la secretaria para que ella realice un pedido a compras.

Acude al área y realiza la reparación del equipo, una vez terminado el servicio llena “orden de servicio”, regístrala en la “bitácora de mantenimiento”, solicita firma del encargado o personal del área.

Recibe orden de servicio debidamente firmada, regístrala en la “bitácora de mantenimiento” y entrega orden de servicio a la secretaria.

Proveedor.

Recibe orden de salida, acude al área y recoge el equipo que se llevará para su reparación y a la salida entrega copia de la orden de salida al vigilante para que permita la salida de los bienes del hospital.

Acude al área donde se encuentra el equipo realiza la reparación del equipo, llena “orden de servicio” y notifica al Jefe de Mantenimiento que el equipo ya quedó reparado y entrega orden de servicio.

Vigilante.

Recoge orden de salida, verifica que esté autorizada y que los bienes que el proveedor saca del hospital corresponden a lo que dice la orden de salida, de ser así permite la salida de los bienes.

Encargado de bodega.

Registra salida de material en el “kardex”, entrega el material al personal de mantenimiento, recoge vale de salida firmado y archívalo.

Recibe material y regístralo en “kardex” e informa al técnico de la llegada del material.

Desarrollo.

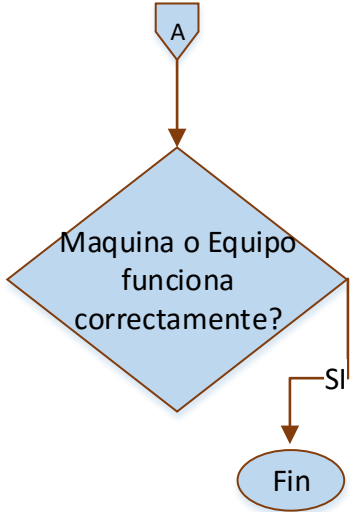
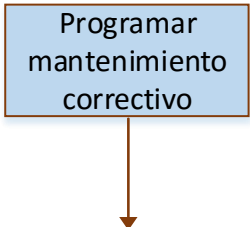
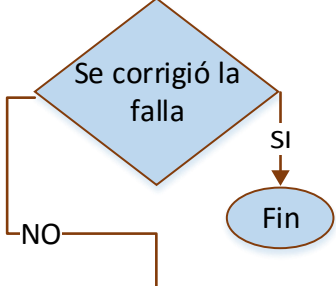
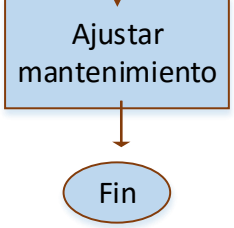
En la **Tabla 16**, se muestra mediante flujo de procesos como será el desarrollo del procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 16 Desarrollo del procedimiento propuesto

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	RESPONSABLE	REGISTRO
<pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> A[Realizar inventario de maquinas] A --> B[Realizar actividad de mantenimiento] B --> C{Mantenimiento correctivo?} C -- SI --> B C -- NO --> 1((1)) 1 --> D[Realizar revisiones periodicas] D --> E[/A/] </pre>			
Realizar inventario de maquinas	Realizar el inventario de los equipos/maquinas existentes en la empresa	Jefe de mantenimiento	Listado de equipos/maquinas del hospital
Realizar actividad de mantenimiento		Jefe de mantenimiento	Listado de equipos/maquinas del hospital
Mantenimiento correctivo? SI NO 1		Personal del área	Formato tarjeta de fallas
Realizar revisiones periodicas A	Se programan revisiones semanales	Personal de área	Formato tarjeta de fallas

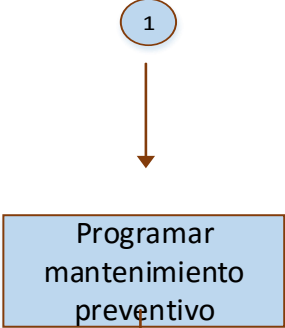
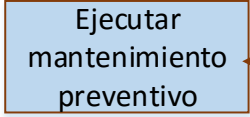
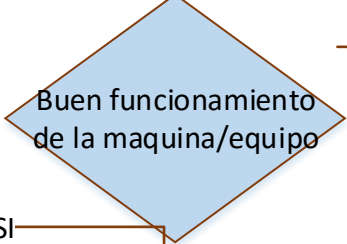
Fuente: Los autores.

Tabla 16 Desarrollo del procedimiento propuesto (continuación)

 <pre> graph TD A[A] --> D{Maquina o Equipo funciona correctamente?} D -- SI --> F1([Fin]) </pre>	Si en la operación normal de la máquina o en las revisiones periódicas se encuentran las máquinas o equipos que no están funcionando correctamente se procederá a diligenciar formato de solicitud de mantenimiento y entregarlo al jefe de mantenimiento para la programación de la actividad correspondiente	Personal del área	
 <pre> graph TD B[Programar mantenimiento correctivo] --> C{Se corrigió la falla} </pre>	Realizar mantenimiento correctivo de acuerdo a la falla encontrada en las revisiones periódicas.	Proveedor externo	Informe de mantenimiento (proveedor externo) y hoja vida de la máquina
 <pre> graph TD C{Se corrigió la falla} -- SI --> F2([Fin]) C -- NO --> D[Ajustar mantenimiento] </pre>	Si en la ejecución del mantenimiento correctivo no se logra corregir la falla se debe ajustar el mantenimiento y realizar nuevamente.	Personal del área	Formato tarjeta de fallas
 <pre> graph TD D[Ajustar mantenimiento] --> F3([Fin]) </pre>	Verificar si el mantenimiento se puede realizar interno o si es necesario la intervención de un externo.		

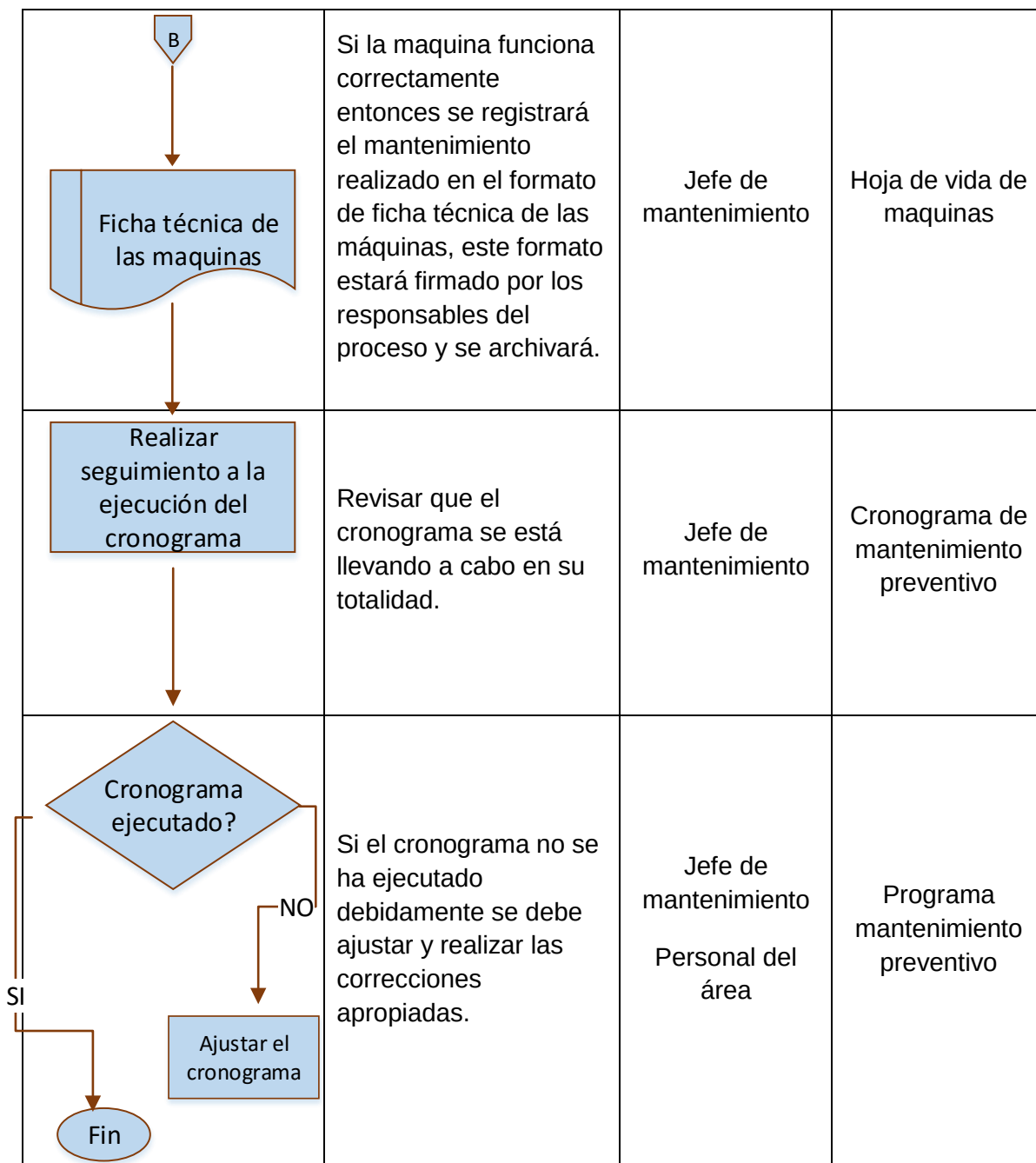
Fuente: Los autores.

Tabla 16 Desarrollo del procedimiento propuesto (continuación)

 <pre> graph TD 1((1)) --> A[Programar mantenimiento preventivo] </pre>	Realizar el cronograma del cómo se debe desarrollar los mantenimientos preventivos de las máquinas/equipos.	Jefe de mantenimiento	Cronograma de mantenimiento preventivo
 <pre> graph TD A[Programar mantenimiento preventivo] --> B[Ejecutar mantenimiento preventivo] </pre>	Realizar mantenimiento preventivo de acuerdo al cronograma establecido con anterioridad.	Jefe de mantenimiento Personal del área	Cronograma de mantenimiento preventivo Hoja de vida de maquinas
 <pre> graph TD B[Ejecutar mantenimiento preventivo] --> C{Buen funcionamiento de la maquina/equipo} C -- SI --> D[/B/] C -- NO --> B </pre>	Después de realizado el mantenimiento se comprobará su correcto funcionamiento. Si la maquina no funciona bien entonces se deberá revisar el fallo y ejecutar de nuevo el mantenimiento.	Jefe de mantenimiento Personal del área	Formato mantenimiento preventivo

Fuente: Los autores.

Tabla 16 Desarrollo del procedimiento propuesto (continuación)



Fuente: Los autores.

Para gestionar el mantenimiento del hospital, se decide caracterizar el estado actual del sistema de equipos que opera en las áreas de Urgencias, Cirugía, Sala de partos, Pediatría, Hospitalización, terapia Física, Odontología, Centro de Esterilización y Consulta Externa. Por efectos de selección se realizó el diagnóstico solo de los equipos de riesgo IIA, IIB y III, con el fin de estudiar, analizar y así mitigar la probabilidad de falla de estos equipos.

De igual manera, pensando en los puntos (maquinas) que deben ser atacadas de manera inmediata para garantizar un aumento en el nivel de servicio del hospital, se decidió empezar a trabajar el mantenimiento preventivo de **10** máquinas que en algunos casos hay una unidad en cada una de las áreas y su promedio de disponibilidad no supera el **75%**, es decir de 100 pacientes que requieran hacer uso de esta máquina/equipo 35 personas o más estarán en riesgo de no poder realizar su ejecución debido a algún daño, con la ejecución de la mejora planteada se puede obtener un aumento de un **10%** en la disponibilidad de estos equipos. Entre los equipos están:

Aspirador de secreciones

➤ Disponibilidad:

- Urgencias: 60%
- Cirugía: 50%
- Sala de Partos: 58%
- Pediatría: 53%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Desmontaje integral del equipo
- Cambio de filtro, verificación de manómetro, regulador y tapa de frasco
- Mantenimiento al cabezal, diafragma, cámara, pistón, válvulas de admisión y escape
- Mantenimiento y ajuste al sistema eléctrico y motor
- Armado del equipo, pruebas de seguridad eléctrica y funcionamiento

Electro bisturí

❖ Disponibilidad:

- Cirugía: 75%

❖ **Actividades de Mantenimiento:**

- Desmontaje y limpieza general interna y externa
- Ajuste eléctrico interno
- Limpieza de accesorios
- Verificación de chasis
- Limpieza general externa
- Verificación de red y enchufe
- Verificación interruptora/Control/tecla/fusible
- Verificación de potencia de salida en corte y coagulación
- Test de funcionamiento/alarma

Desfibrilador

❖ **Disponibilidad:**

- Cirugía: 67%
- Hospitalización: 50%

❖ **Actividades de Mantenimiento:**

- Desmontaje de la unidad y sistema de impresión
- Mantenimiento de la tarjeta Electrónica de control y procesamiento
- Verificación del sistema de carga y cable de paciente.
- Pruebas de descarga interna, mantenimiento de las paletas de descarga.
- Armado del equipo, pruebas de seguridad eléctrica y funcionamiento

Monitor Multiparámetro

❖ **Disponibilidad:**

- Cirugía: 65%
- Sala de partos: 42%

❖ **Actividades de Mantenimiento:**

- Desmontaje integral del equipo, inspección mecánica del equipo
- Verificación del cable de paciente, sensor de SPO2, NIBP, TEMP
- Mantenimiento de la tarjeta electrónica de procesamiento y control.
- Mantenimiento de la fuente de alimentación y conexiones.
- Montaje de la unidad, pruebas de operatividad, entrega al servicio

Laringoscopio

❖ Disponibilidad:

- Cirugía: 70%
- Sala de partos: 51%
- Pediatría: 69%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Limpieza de contactos sulfatados
- Verificación de voltaje de baterías
- Reemplazo del foco y ajuste de contactos
- Pruebas de operatividad

Cuna de calor radiante (cirugía/sala de partos) 50-67

❖ Disponibilidad:

- Cirugía: 50%
- Sala de partos: 67%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Limpiar lámpara
- Limpiar gabinete
- Verificar con un espectro radiómetro el nivel de la intensidad
- Verificar con un espectro radiómetro la longitud de onda de la luz que se está suministrando al paciente.

Monitor fetal

❖ Disponibilidad:

- Sala de partos: 75%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Desmontaje Integral e inspección mecánica del equipo
- Verificación y mantenimiento de las tarjetas electrónicas
- Pruebas de operatividad y mantenimiento de los transductores
- Pruebas de operatividad al sistema de impresión, mantenimiento de celda térmica
- Armado del equipo, pruebas de seguridad eléctrica y funcionamiento

Bomba de infusión

❖ Disponibilidad:

- Sala de partos: 33%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Desmontaje de la unidad, inspección mecánica (Tarjetas, motor, interfaces, seguros)
- Verificación de las tarjetas fuente, procesamiento y control
- Resoldado de los puntos críticos y ajuste de las conexiones
- Armado de la unidad, calibración del número de gotas, flujo y tiempo
- Prueba de seguridad eléctrica y funcionamiento y entrega al servicio.

Incubadora

❖ Disponibilidad:

- Pediatría: 61%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Desmontaje de la unidad principal, inspección mecánica de cúpula y partes.
- Mantenimiento de la tarjeta electrónica de control (resoldado de los puntos)
- Cambio del filtro de aire, verificación de sensores (Hora, Temperatura, peso)
- Mantenimiento del difusor, motor y rodajes internos, mediciones de nivel de ruido
- Armado del equipo, pruebas de seguridad eléctrica y funcionamiento

Pulsioxímetro

❖ Disponibilidad:

- Pediatría: 75%

❖ Actividades de Mantenimiento:

- Desmontaje de la unidad.
- Mantenimiento interno de la tarjeta electrónica y conexiones
- Verificación del estado de la batería y sistema indicador de Spo2 y FC
- Pruebas y verificación del sensor de Spo2.
- Pruebas de operatividad y entrega al servicio.

Con la implementación de este cambio en el plan de mantenimiento se observa que el nivel de atención a los usuarios de cada máquina aumenta, en un tiempo de toma de información de este plan de mantenimiento se evidencia de que en los equipos escogidos hay un cambio en la cantidad de ocasiones que utilizan con éxito esta máquina/equipo, teniendo las herramientas para calcular el nuevo valor de disponibilidad que posee las unidades mejoradas.

En la **Tabla 17** se exponen los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado para observar el cambio en la disponibilidad en el cual se anotaba las veces que el equipo/máquina era requerido y la cantidad de eventos que él estaba en correcto funcionamiento, este trabajo de campo tuvo una duración de 10 días, datos que se muestran a continuación.

Tabla 17 Datos tomados en campo

Código	Maquina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
U5	ASPIRADOR	70	64	64	69	66	63	66	67	66	70	66
C1	ASPIRADOR	15	15	12	13	16	13	13	13	13	15	15
C3	DEFIBRILADOR	26	25	27	30	28	28	30	28	27	31	28
C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	194	193	194	193	191	192	197	193	199	199	194
C6	LARINGOSCOPIO	93	96	93	95	94	95	94	95	94	96	95
C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	51	51	50	51	50	52	53	52	51	53	52
SP1	ASPIRADOR	21	17	18	22	21	22	19	20	15	16	19
SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	89	88	85	88	90	89	88	87	89	88	87
SP6	LARINGOSCOPIO	13	11	12	12	13	11	11	12	14	13	12
SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	113	110	110	111	112	110	111	110	110	108	110
SP8	BOMBA DE INFUSION	59	59	59	63	64	63	59	63	64	65	63
H1	ASPIRADOR	141	145	146	140	140	140	141	144	145	141	143
H2	DEFIBRILADOR	28	27	25	27	27	25	28	22	28	22	25
P1	INCUBADORA	102	104	105	108	105	105	107	103	105	101	105
P2	ASPIRADOR	43	48	43	48	50	48	48	41	50	48	46
P3	PULSIOXIMETRO	323	322	325	325	322	323	321	325	325	323	323
P4	LARINGOSCOPIO	27	29	25	26	30	26	29	26	26	26	27

Fuente: Los autores.

Tabla 18 Calculo de disponibilidad.

Código	Maquina	Requerimiento	Terminados	Disponibilidad
U5	ASPIRADOR	95	66	69,47%
C1	ASPIRADOR	25	15	60,00%
C3	DEFIBRILADOR	36	28	77,78%
C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	240	194	80,83%
C6	LARINGOSCOPIO	121	95	78,51%
C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	72	52	72,22%
SP1	ASPIRADOR	24	19	79,17%
SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	145	87	60,00%
SP6	LARINGOSCOPIO	24	12	50,00%
SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	144	110	76,39%
SP8	BOMBA DE INFUSION	145	63	43,45%
H1	ASPIRADOR	169	143	84,62%
H2	DEFIBRILADOR	49	25	51,02%
P1	INCUBADORA	157	105	66,88%
P2	ASPIRADOR	70	46	65,71%
P3	PULSIOXIMETRO	385	323	83,90%
P4	LARINGOSCOPIO	36	27	75,00%

Fuente: Los autores.

8. VALIDACION DE LA PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE SIMULACION

Objetivo de la simulación

El hospital departamental, se encarga de atender los pacientes del municipio de zarzal y municipios circunvecinos, garantizando un servicio confiable y con calidad, para así contribuir en el bienestar y salud de los pacientes. Por tal motivo, debe mantener sus equipos en óptimas condiciones de manera que se encuentren siempre disponibles a la hora de ser solicitados. Para garantizar dicha disponibilidad, se hace necesario analizar el mantenimiento que estos equipos reciben y establecer qué tan efectivo es dentro del sistema productivo.

De esta forma se define simular el área de mantenimiento de equipos biomédicos, con el objetivo de evaluar el plan actual y validar la propuesta planteada, para así comparar su efectividad y resultados, midiendo variables como disponibilidad, calidad y efectividad actual y la que se podría llegar a obtener con la implementación de dicha mejora.

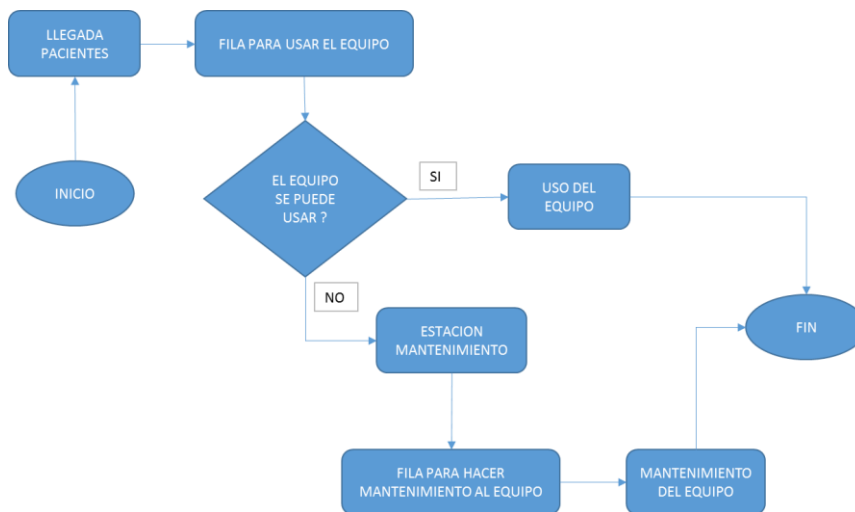
Para su desarrollo se establecen analizar los equipos IIa, IIb, III, según su nivel de riesgo establecido por el INVIMA, como los equipos más críticos dentro del sistema de salud, se requiere calcular la cantidad, cantidad de pacientes que llegan al sistema, tiempo de utilización promedio de cada equipo, numero de fallas que se han presentado en el tiempo, tiempo promedio de ejecución del mantenimiento, entre otras, para así establecer las mejoras que garanticen una mayor disponibilidad y una mejor calidad de respuesta del área.

Por último, se deben establecer mediante un modelo de simulación, el sistema mejorado del área de mantenimiento, midiendo el impacto en la cantidad de equipos reparados, disponibles y el tiempo que permanecen en reparación.

Caracterización del proceso de mantenimiento

El proceso inicia desde la llegada de los pacientes al centro hospitalario, estos se dirigen al área que fueron asignados previamente en la ventanilla de atención al usuario, luego son llamados al área por el medico encargado, quien les realizara el procedimiento empleando los equipos necesarios para la prestación del servicio, en esta etapa se define si el equipo a utilizar esta en óptimas condiciones para arrojar un resultado confiable, si es así se procede a realizar el dictamen, se atiende al paciente y finalmente este sale del sistema, de lo contrario el equipo es reportado por el medico como defectuoso en el área de mantenimiento, el profesional encargado de desarrollar dicha labor, se dirige al área donde pertenece el equipo y procede a realizar un diagnóstico preliminar de la gravedad de la falla, si se puede reparar en el sitio procede a hacerlo, de lo contrario, lleva el equipo a la oficina de mantenimiento y este cuenta con tres días hábiles para ser reparado, si no necesita un repuesto, lo repara dentro del tiempo estipulado, de lo contrario procede a solicitar el repuesto y esperar que se suministre el repuesto al área, para así dar por concluido el mantenimiento y el equipo retorne al área a la cual pertenece.

Ilustración 13. Flujo



Fuente: Los autores

En el hospital se tienen programados cronogramas para desarrollar actividades de reparaciones definidas en el plan de mantenimiento de los equipos, durante este tiempo los equipos de las áreas detienen sus actividades, de igual forma se

presentan tiempos perdidos cuando ocurren mantenimientos correctivos, retrasando los cronogramas establecidos.

Se desarrolla un modelo de simulación en una fase, donde se incluye análisis de disponibilidad a cada uno de los equipos definidos entre los que se encuentran los de riesgo IIA, IIB y III. Durante esta fase inicial se recolectan datos del comportamiento de los equipos, el número de pacientes, la cantidad promedio de utilización y proporción de trabajos en las que han sido intervenidos.

Con este fin se caracterizó el sistema, con base en los equipos presentes en cada área, asignándole una codificación y una homologación numérica del riesgo para llevarlo al lenguaje del programa de simulación. En la **Tabla 19** se pueden observar dichas designaciones para cada equipo

Tabla 19. Codificación de equipos para simular

Area	Codigo	Equipo	Cantidad	Nivel de riesgo	Nivel de riesgo
URGENCIAS	U1	DOPPLER FETAL	1	IIA	2
URGENCIAS	U2	MONITOR MULTI PARAMETROS	4	IIB	3
URGENCIAS	U3	PULSIOXIMETRO	1	IIA	2
URGENCIAS	U4	DEFIBRILADOR	2	III	4
URGENCIAS	U5	ASPIRADOR	1	IIA	2
URGENCIAS	U6	ELECTRO CARDIOGRAFO	1	IIB	3
CONSULTA EXTERNA	CE1	DOPPLER	1	IIA	2
CONSULTA EXTERNA	CE2	ELECTRO CARDIOGRAFO	1	IIB	3
CONSULTA EXTERNA	CE3	PULSIOXIMETRO	1	IIA	2
CIRUGIA	C1	ASPIRADOR	4	IIA	2
CIRUGIA	C2	ELECTRO BISTURY	1	IIB	3
CIRUGIA	C3	DEFIBRILADOR	1	III	4
CIRUGIA	C4	MAQUINA DE ANESTESIA	2	III	4
CIRUGIA	C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	5	IIB	3
CIRUGIA	C6	LARINGOSCOPIO	1	IIB	3
CIRUGIA	C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	1	IIB	3
SALA DE PARTOS	SP1	ASPIRADOR	1	IIA	2
SALA DE PARTOS	SP2	DOPPLER FETAL	1	IIA	2
SALA DE PARTOS	SP3	INCUBADORA	1	IIB	3
SALA DE PARTOS	SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	1	IIB	3
SALA DE PARTOS	SP5	MONITOR FETAL	2	IIA	2
SALA DE PARTOS	SP6	LARINGOSCOPIO	2	IIB	3
SALA DE PARTOS	SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	1	IIB	3
SALA DE PARTOS	SP8	BOMBA DE INFUSION	1	IIA	2
HOSPITALIZACION	H1	ASPIRADOR	2	IIA	2
HOSPITALIZACION	H2	DEFIBRILADOR	1	III	4
HOSPITALIZACION	H3	MONITOR MULTI PARAMETROS	1	IIB	3
HOSPITALIZACION	H4	ELECTRO CARDIOGRAFO	1	IIB	3
PEDIATRIA	P1	INCUBADORA	1	IIB	3
PEDIATRIA	P2	ASPIRADOR	1	IIA	2
PEDIATRIA	P3	PULSIOXIMETRO	2	IIA	2
PEDIATRIA	P4	LARINGOSCOPIO	2	IIB	3
PEDIATRIA	P5	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	2	IIB	3
ODONTOLOGIA	O1	CAVITRON	2	IIA	2
ODONTOLOGIA	O2	AMALGAMADOR	1	IIA	2
CENTRAL DE ESTERILIZACION	CE	AUTOCLAVE	1	IIA	2
TERAPIA FISICA	TF1	TENS	3	IIA	2
TERAPIA FISICA	TF2	ELECTRO ESTIMULADOR	1	IIA	2

Fuente: Los autores.

De este modo es pertinente considerar que se tomó una distribución triangular como se puede observar en la tabla 16 para la reparación de cada equipo, la distribución triangular tiene un tiempo mínimo uno promedio y un máximo, esta información fue recolectada mediante la realización de entrevistas, pues el hospital no cuenta con un histórico de datos registrado.

Tabla 20. Distribución triangular

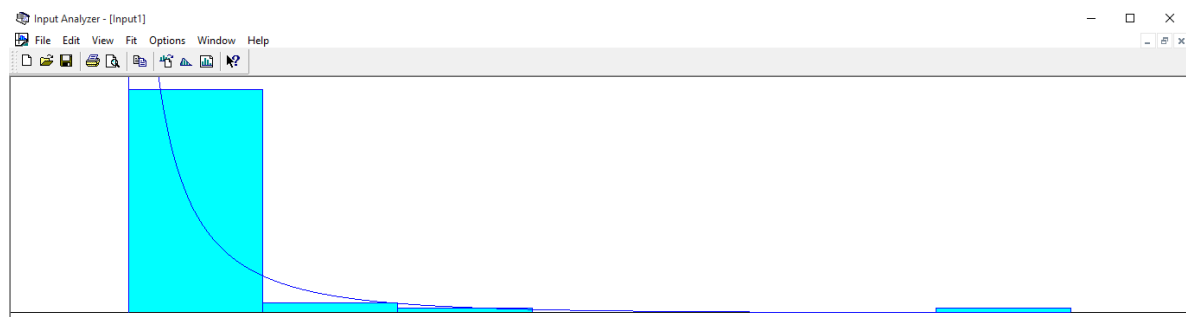
EQUIPO	FALLA MAS COMUN	Tiempo mtto (min)		
		mínimo	promedio	máximo
Agitador	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Amalgamador	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Aspirador	cambio de filtro y limpieza externa	13	20	27
Autoclave	limpieza de tuberia, verificacion valvulas y sensores.	113	120	127
Balanza gramera	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Balanza pediátrica	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Balanza piso	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Balanza tallimeetro	lubricacion de aprtes moviles y limpieza externa	13	20	27
Baño mari	limpieza de recamara y verificacion de temperatura	13	20	27

Fuente: Los autores

Por efectos de tiempo no resultaba viable realizar un departamento de mantenimiento con una demora para cada equipo, por tal motivo, se planteó una demora general para todos los equipos, se toma una distribución triangular donde en el valor mínimo es el resultado arrojado del input analyzer de todos los valores mínimos de los equipos, mostrado en la **Ilustración 16**, de la misma forma para el valor promedio y máximo con todos los tiempos respectivos como se expone en la

Tabla 20.

Ilustración 14. Input analyzer tiempos Mínimos.

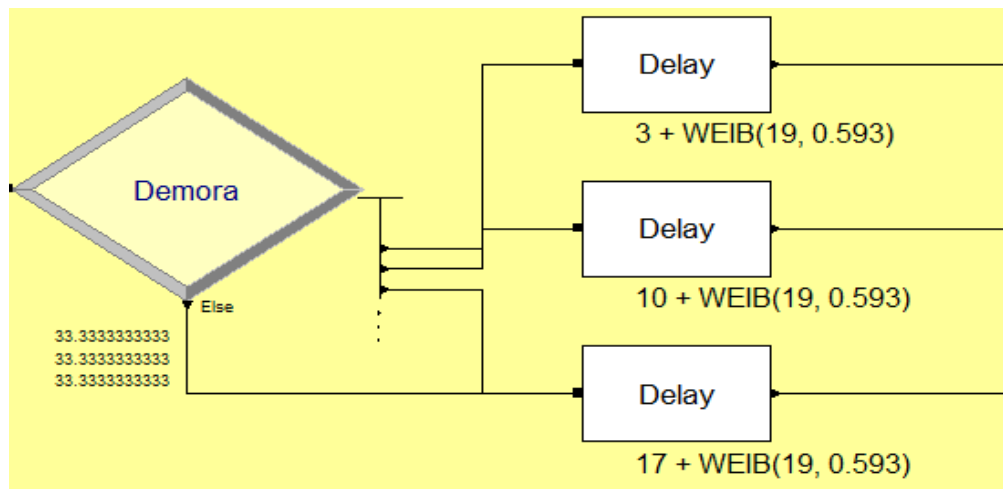


Fuente: Los autores

Planteamiento en el lenguaje de simulación

En la simulación la demora de mantenimiento se definió de la siguiente manera:

Ilustración 15. Demora de tiempos de mantenimiento.

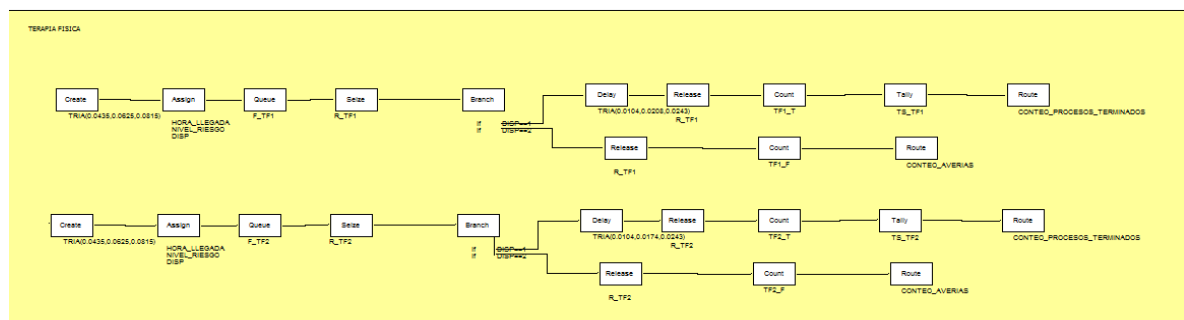


Fuente: Los autores.

Una probabilidad de 33,3333333333% de tomar la demora mínima, la promedio y la máxima respectivamente.

Posteriormente se definió un modelo para la simulación de cada una de las aéreas del hospital, como se puede observar en la ilustración #, definiendo todos los aspectos que intervienen en el sistema con sus respectivos datos

Ilustración 16. Modelo simulación por área.



Fuente: Los autores.

8.1. SIMULACIÓN ÁREA DE URGENCIAS Y CONSULTA EXTERNA.

Tabla 21 Datos áreas Urgencias y Consulta Externa

			Mejora			
	Maquinas	Requerimientos	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
U1	DOPPLER FETAL	900	857	43	95%	9,950
U2	MONITOR MULTI PARAMETROS	441	355	86	80%	1234,210
U3	PULSIOXIMETRO	6986	6638	348	95%	0,057
U4	DESFIBRILADOR	361	348	13	96%	14,760
U5	ASPIRADOR	95	66	29	70%	0,107
U6	ELECTRO CARDIOGRAFO	4554	4177	377	92%	21,686
CE1	DOPPLER	10621	10494	127	99%	11,146
CE2	ELECTRO CARDIOGRAFO	10606	9737	869	92%	24,998
CE3	PULSIOXIMETRO	10652	10560	92	99%	0,058

Fuente: Los autores

Bajo los parámetros de la mejora que se planteó anteriormente se utiliza el modelo donde se involucran las áreas de Urgencias y Consulta Externa y se cambia el dato de disponibilidad para el equipo U5-Aspirador del área de urgencias y se observa como resultado una mejora en la cantidad de procesos/ejecuciones efectivas con un aumento de 9 veces más culminadas.

8.2 SIMULACIÓN ÁREA DE CIRUGÍA, ODONTOLOGÍA Y TERAPIA FÍSICA.

Tabla 22 Datos áreas Cirugía, Odontología y Terapia Física.

		Mejora				
	Maquinas	Requerimientos	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
C1	ASPIRADOR	25	15	10	62%	0,104
C2	ELECTRO BISTURY	238	182	56	76%	1,685
C3	DESFIBRILADOR	36	28	8	79%	15,192
C4	MAQUINA DE ANESTESIA	241	197	44	82%	16,862
C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	240	194	46	81%	691,344
C6	LARINGOSCOPIO	121	95	26	79%	15,278
C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	72	52	20	73%	391,104
O1	CAVITRON	9605	9229	376	96%	28,426
O2	AMALGAMADOR	9587	9223	364	96%	12,341
TF1	TENS	5753	5221	532	91%	26,698
TF2	ELECTRO ESTIMULADOR	5768	5319	449	92%	25,056

Fuente: Los autores.

De igual manera que en el modelo anterior, se toman los equipos que presentan una disponibilidad menor al 75% y se observa un aumento en la cantidad de proceso terminados.

8.3. SIMULACIÓN ÁREA DE SALA DE PARTOS.

Tabla 23 Datos área Sala de Partos.

			Mejora			
	Maquinas	Requerimiento	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
SP1	ASPIRADOR	24	19	5	81%	0,098
SP2	DOPPLER FETAL	143	125	18	87%	131,126
SP3	INCUBADORA	71	62	9	87%	1547,712
SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	145	87	58	60%	667,757
SP5	MONITOR FETAL	145	110	35	76%	131,890
SP6	LARINGOSCOPIO	24	12	12	52%	14,846
SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	144	110	34	77%	392,818
SP8	BOMBA DE INFUSION	145	63	82	44%	1606,896

Fuente: Los autores.

En cuestión de las áreas de Cirugía, Odontología y Terapia Física se evidencia un mejoramiento en el nivel de disponibilidad, generando un aumento en los procesos ejecutados correctamente.

Además del aumento en los requerimientos con proceso exitoso que muestra cada equipo en cada área del hospital, también se evidencia una disminución en el tiempo de demora de utilización de estos equipos debido a su disponibilidad.

8.4. SIMULACIÓN DEL ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN, PEDIATRÍA Y CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN.

Tabla 24 Datos áreas Hospitalización, Pediatría y Centro de Estandarización.

			Mejora			
	Maquinas	Requerimiento	Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
H1	ASPIRADOR	169	143	26	85%	0,104
H2	DESFIBRILADOR	49	25	24	53%	14,760
H3	MONITOR MULTI PARAMETROS	24	24	0	100%	689,083
H4	ELECTRO CARDIOGRAFO	242	229	13	95%	21,715
P1	INCUBADORA	157	105	52	67%	1511,712
P2	ASPIRADOR	70	46	24	67%	0,116
P3	PULSIOXIMETRO	385	323	62	84%	0,058
P4	LARINGOSCOPIO	36	27	9	77%	15,437
P5	LAMPARA DE FOTOTERAPIA	381	349	32	92%	9647,424
CE	AUTOCLAVE	1900	1851	49	97%	375,322

Fuente: Los autores

De forma igual, en este modelo, se toman los equipos que presentan una disponibilidad menor al 75% y se observa un aumento en la cantidad de proceso ejecutados correctamente.

COMPARACION DE ESTADO ACTUAL Y MEJORA

Como se menciona anteriormente, en la propuesta de mejora se actuo sobre 10 maquinas pensando en su porcentaje de disponibilidad con el objetivo de aumentar el nivel de servicio de cada area del hospital.

Tabla 25 Datos comparados

Maquinas		Terminados	Fallas	Disponibilidad	Demora
U5	ASPIRADOR	13	12	0,008	0,008
C1	ASPIRADOR	1	2	0,003	0,003
C3	DEFIBRILADOR	5	4	0,072	0,072
C5	MONITOR MULTI PARAMETROS	21	20	3,672	3,672
C6	LARINGOSCOPIO	14	16	-0,115	-0,115
C7	CUNA DE CALOR RADIANTE	10	9	-0,706	-0,706
SP1	ASPIRADOR	0	0	0,008	0,008
SP4	MONITOR MULTI PARAMETROS	19	20	36,562	36,562
SP6	LARINGOSCOPIO	6	5	-0,590	-0,590
SP7	CUNA DE CALOR RADIANTE	12	11	-3,139	-3,139
SP8	BOMBA DE INFUSION	22	23	-0,720	-0,720
H1	ASPIRADOR	17	17	0,005	0,005
H2	DEFIBRILADOR	-1	0	0,922	0,922
P1	INCUBADORA	13	14	65,664	65,664
P2	ASPIRADOR	6	2	-0,013	-0,013
P3	PULSIOXIMETRO	36	38	0,000	0,000
P4	LARINGOSCOPIO	5	5	-0,950	-0,950
TOTAL		199	198	171%	100,681776

Fuente: Los autores

Como se puede observar, se evidencia que la implementación de la mejora toma ventajas contra la situación del estado real o actual del sistema de mantenimiento del hospital. Si se suman todos los aumentos de cada equipo de cada área se obtiene que en total se van a encontrar 199 usuarios de estos equipos saldrán del hospital con una conformidad en relación a su necesidad y se estaría aumentando el nivel de servicio de esta entidad, apoyando de una manera directa el objetivo principal de ella.

8. ANALISIS COSTO BENEFICIO

8.1. COSTOS

Los costos asociados al plan de mantenimiento se definirán dependiendo de los aspectos negativos encontrados en el diagnóstico del estado actual que se deseen mejorar a través del plan de mantenimiento propuesto, entre estos están:

- La adquisición de todos los elementos físicos necesarios para la correcta y adecuada distribución del área de mantenimiento del hospital con el fin de mitigar este hallazgo (inadecuada distribución y asignación de espacios al personal de mantenimiento de equipos biomédicos.)
- Contar con un inventario mínimo de repuestos y partes necesarias para apoyar el tiempo del mantenimiento preventivo con el fin de disminuirlo y garantizar su ejecución, inventario que se puede manejar de acuerdo al pronóstico del cronograma de mantenimiento y así evitar el error, (Inoportuna consecución de repuestos y partes necesarias para la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos.)
- Estar respaldado por un auxiliar de mantenimiento que pueda respaldar el incumplimiento de las actividades del cronograma debido a la falta de profesional encargado con el fin de no caer en el (Incumplimiento de cronogramas pactados por imprevistos personales del profesional de mantenimiento.)

Aspectos Operativos:

- Poseer en el hospital al igual que los repuestos y partes necesarias un inventario de herramientas para la oportuna ejecución de las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo y no permitir (Fallas en la disponibilidad de herramientas, espacio y repuestos a la hora de ejecutar el mantenimiento.)
- Implementar una adecuada utilización del **EPP** para para todo el personal del hospital que posea algún contacto con las áreas de mantenimiento. (Evidentes riesgos físicos, locativos, químicos, entre otros, para el personal

que ejecuta la labor de mantenimiento tanto de equipos biomédicos como de servicios generales.)

- Adquisición de un equipo de cómputo para el almacenamiento de toda información referente al sistema de operación de los equipos presentes en el hospital tales como cronograma de mantenimiento, hoja de vida de máquinas, reporte de fallas para su estudio posterior y así poseer datos necesarios para realizar análisis relacionados al mantenimiento del de dichos equipos. (El área de mantenimiento no cuenta con ningún software que le permita llevar registro actualizado de sus labores, no cuentan ni con un ordenador o cualquier otra herramienta tecnológica.)

Tabla 26 Costos de Inversión

Descripción	Cantidad	Costo (Unidad)	Total
Mesa	2	\$ 420.400	\$ 840.800
Lámpara	2	\$ 184.400	\$ 368.800
sillas	3	\$ 142.500	\$ 427.500
Computador	1	\$ 2.799.000	\$ 2.799.000
Kit de herramientas	2	\$ 74.900	\$ 149.800
Batería Desfibrilador	2	\$ 450.000	\$ 900.000
Aspirador	2	\$ 224.900	\$ 449.800
Laringoscopio	2	\$ 269.900	\$ 539.800
Aceite Lubricador	3	\$ 146.300	\$ 438.900
Guantes	8	\$ 7.200	\$ 57.600
Secretaria	1	\$ 820.800	\$ 820.800
Persona Mantenimiento	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Resma de papel	3	\$ 9.900	\$ 29.700
Total			\$ 8.822.500

Fuente: Los autores.

Tabla 27 Costos Mensuales

Descripción	Costo
Guantes	\$ 57.600
Secretaria	\$ 820.800
Persona Mantenimiento	\$ 1.000.000
Resma de papel	\$ 9.900
TOTAL	\$ 1.888.300

Fuente: Los autores.

8.2. BENEFICIOS

El mayor beneficio de la implementación de la propuesta de mejora para el plan de mantenimiento es el aumento en el nivel de servicio de esta entidad, acción que está ligada al objetivo principal de esta organización y puede garantizar su funcionamiento contando por el apoyo gubernamental con el que opera.

A continuación, se muestra los beneficios que se obtuvieron en los primeros meses de implementación de la mejora al plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 28 Beneficio mes de febrero.

Equipo	Cantidad	Área	Valor de Utilización (unidad)	Total
ASPIRADOR	1	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 2.900
DEFIBRILADOR	2	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 5.800
MONITOR MULTI PARAMETROS	6	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 17.400
LARINGOSCOPIO	3	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 8.700
CUNA DE CALOR RADIANTE	2	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 5.800
MONITOR MULTI PARAMETROS	5	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 1.250.000
LARINGOSCOPIO	1	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 250.000

Fuente: Los autores.

Tabla 29 Beneficio mes de febrero (continuación).

CUNA DE CALOR RADIANTE	4	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 1.000.000
BOMBA DE INFUSION	7	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 1.750.000
ASPIRADOR	5	Hospitalización	\$ 180.000	\$ 900.000
INCUBADORA	3	Pediatría	\$ 180.000	\$ 540.000
ASPIRADOR	2	Pediatría	\$ 180.000	\$ 360.000
PULSIOXIMETRO	6	Pediatría	\$ 180.000	\$ 1.080.000
LARINGOSCOPIO	1	Pediatría	\$ 180.000	\$ 180.000
TOTAL				\$ 7.350.600

Fuente: Los autores.

Como se puede observar en la **Tabla 28** hay un avance significativo en el aumento en la cantidad de ocasiones que el equipo o maquina es utilizado con éxito.

Tabla 30 Beneficio mes de marzo.

Equipo	Cantidad	Área	Valor de Utilización (unidad)	Total
ASPIRADOR	1	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 2.900
DESFIBRILADOR	4	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 11.600
MONITOR MULTI PARAMETROS	11	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 31.900
LARINGOSCOPIO	7	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 20.300
CUNA DE CALOR RADIANTE	5	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 14.500
MONITOR MULTI PARAMETROS	8	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 2.000.000
LARINGOSCOPIO	3	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 750.000
CUNA DE CALOR RADIANTE	9	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 2.250.000
BOMBA DE INFUSION	15	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 3.750.000
ASPIRADOR	8	Hospitalización	\$ 180.000	\$ 1.440.000
INCUBADORA	7	Pediatría	\$ 180.000	\$ 1.260.000
ASPIRADOR	4	Pediatría	\$ 180.000	\$ 720.000
PULSIOXIMETRO	13	Pediatría	\$ 180.000	\$ 2.340.000
LARINGOSCOPIO	3	Pediatría	\$ 180.000	\$ 540.000
TOTAL				\$ 15.131.200

Fuente: Los autores.

Tabla 31 Beneficio mes de abril.

Equipo	Cantidad	Área	Valor de Utilización (unidad)	Total
ASPIRADOR	1	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 2.900
DESFIBRILADOR	5	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 14.500
MONITOR MULTI PARAMETROS	15	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 43.500
LARINGOSCOPIO	12	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 34.800
CUNA DE CALOR RADIANTE	9	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 26.100
MONITOR MULTI PARAMETROS	15	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 3.750.000
LARINGOSCOPIO	4	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 1.000.000
CUNA DE CALOR RADIANTE	11	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 2.750.000
BOMBA DE INFUSION	19	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 4.750.000
ASPIRADOR	14	Hospitalización	\$ 180.000	\$ 2.520.000
INCUBADORA	11	Pediatría	\$ 180.000	\$ 1.980.000
ASPIRADOR	6	Pediatría	\$ 180.000	\$ 1.080.000
PULSIOXIMETRO	24	Pediatría	\$ 180.000	\$ 4.320.000
LARINGOSCOPIO	5	Pediatría	\$ 180.000	\$ 900.000
TOTAL				\$ 23.171.800

Fuente: Los autores.

Se presentan una tabla con la cantidad mayor de equipos que se lograron mejorar con la propuesta planteada y se realiza un seguimiento al proceso de mantenimiento para garantizar su correcto y constante funcionamiento.

Tabla 32 Beneficio promedio en los meses siguiente.

Equipo	Cantidad	Área	Valor de Utilización (unidad)	Total
ASPIRADOR	1	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 2.900
DESFIBRILADOR	5	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 14.500
MONITOR MULTI PARAMETROS	21	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 60.900
LARINGOSCOPIO	14	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 40.600
CUNA DE CALOR RADIANTE	10	Consulta Externa	\$ 2.900	\$ 29.000
MONITOR MULTI PARAMETROS	19	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 4.750.000
LARINGOSCOPIO	6	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 1.500.000
CUNA DE CALOR RADIANTE	12	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 3.000.000
BOMBA DE INFUSION	22	Sala de Partos	\$ 250.000	\$ 5.500.000
ASPIRADOR	17	Hospitalización	\$ 180.000	\$ 3.060.000
INCUBADORA	13	Pediatría	\$ 180.000	\$ 2.340.000
ASPIRADOR	6	Pediatría	\$ 180.000	\$ 1.080.000
PULSIOXIMETRO	36	Pediatría	\$ 180.000	\$ 6.480.000
LARINGOSCOPIO	5	Pediatría	\$ 180.000	\$ 900.000
TOTAL				\$ 28.757.900

Fuente: Los autores.

8.3. COMPARACION

Elaborando una comparación entre los dos escenarios, observamos que el beneficio de la implementación de la propuesta en el plan de mantenimiento involucra el completo personal del hospital debido a su reestructuración del lugar de mantenimiento y brinda las condiciones laborales necesarias para sus empleados, logrando aumentar la eficiencia en sus trabajos, la fatiga, el estrés, y otras cosas más debido a un adecuado ambiente laboral; por otra parte, teniendo en cuenta que la organización hace parte de un sistema sin ánimo de lucro, su mayor ganancia se ve reflejado en el nivel de servicio que pueda ofrecer a sus usuarios (clientes). De

esta manera se convertirá en una “empresa” con mayor estructura organizacional, con personal más competente y con un mejor portafolio de servicios para sus usuarios.

Tabla 33 Comparación Costo/Beneficio

Mes	Costo	Beneficio	Utilidad
Enero	\$ 8.786.500		\$ (8.786.500)
Febrero	\$ 1.888.300	\$ 7.350.600	\$ 5.462.300
Marzo	\$ 1.888.300	\$ 15.131.200	\$ 13.242.900
Abril	\$ 1.888.300	\$ 23.171.800	\$ 21.283.500
Mayo	\$ 1.888.300	\$ 28.757.900	\$ 26.869.600
Junio	\$ 1.888.300	\$ 28.757.900	\$ 26.869.600
Julio	\$ 1.888.300	\$ 28.757.900	\$ 26.869.600

Fuente: Los autores.

Observando la comparación realizada se llega a la conclusión de que el plan de mejoramiento es ampliamente beneficioso debido al poco tiempo que se demora la inversión en retornar al hospital y a los grandes ingresos mensuales que puede llegar a tener en los meses que siguen.

9. CONCLUSIONES

El mantenimiento de los equipos biomédicos de los hospitales con Colombia, no está contemplado como prioridad dentro del sistema y no representa una estrategia de mejoramiento de procesos que permita aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los pacientes en el sector. En búsqueda de aumentar la disponibilidad de los equipos del hospital como fin común en todas ellas, es necesario implementar filosofías de mejoramiento continuo exitosas y eficientes en términos financieros. La filosofía analizada en el presente trabajo, Total Productive Maintenance y posteriormente una simulación en ARENA, permitió establecer objetivos de mejora involucrando a todo el personal que de una u otra forma interviene en la labor.

Como se puede observar en los diagramas de procesos de mantenimiento la mejora sistemática de estos, permite aumentar la disponibilidad del hospital, logrando una mayor satisfacción del paciente y el personal médico, sin necesidad de incurrir en inversiones económicas elevadas, creando una cultura de implementación y mejora de la calidad de los procesos.

En cuanto al Mantenimiento Autónomo, se plantea condiciones de limpieza y orden dentro del centro hospitalario, proponiendo la implementación de la filosofía de 5'S, estableciendo también los criterios de evaluación de esta metodología para su continuidad, filosofías de mejoramiento continuo como el Kaizen y la documentación de conocimiento bajo la figura de LUP, con la participación activa de los responsables de los procesos. En adición a esto, se documentaron los mapas de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, claves para la identificación de fuentes de mudas y mejoras en los procesos.

En el pilar de Mantenimiento Planificado, se lograron establecer y documentar la cantidad y frecuencia de fallas de los equipos biomédicos, esto a fin de establecer la planificación del mantenimiento eficientemente en disponibilidad y aumento de la productividad, calculado bajo un modelo de simulación en arena. Adicionalmente dentro de este pilar se establecieron indicadores de gestión con los cuales no se contaban, Sin embargo, para garantizar un éxito de la planificación, fue necesario establecer la documentación de los estándares de mantenimiento preventivo. Con

estas herramientas se pudo establecer una disminución teórica de las fallas, lo que concluye en una mayor disponibilidad de los equipos biomédicos, alcanzando así el objetivo principal de este pilar.

En este trabajo se puede observar que en algunas entidades falta una correcta planificación de las actividades que se planean elaborar, ya que en toda organización debe de estar todos los procesos correctamente planteados, desde el área de aseo hasta su área de producción (Urgencias, sala de partos, hospitalización, terapia física, pediatría, consulta externa, odontología, etc.)

Para la facilitar el análisis de toda actividad que se realice en cualquier escenario sea público o privado, se debe de poseer un sistema de almacenamiento de información ya sea físico o digital con el fin de tener el soporte necesario para la correcta utilización de las herramientas adecuadas para este proceso.

Es necesario tener en cuenta todos los métodos existentes para el mejoramiento de algún proceso, en este caso se encontró que uno de los más adecuados es el **TPM** basados en sus pilares utilizados de soporte para tomar un correcto direccionamiento y paso a paso de su implementación y permitiendo el efectivo cumplimiento de sus objetivos.

Se evidencia que el mejoramiento que hubo en el nivel de servicio de este hospital se obtiene de una pequeña fuente involucrando solo diez equipos de su inventario, permitiendo pensar que un adecuado aumento de este plan de mantenimiento hacía más de sus equipos llevaría a un aumento más satisfactorio de su nivel de servicio y una disminución del tiempo de cada usuario en el sistema del hospital.

En la implementación de la propuesta de mejora se observa un aumento en el 88.23% de los equipos abarcados por el planteamiento propuesto teniendo en cuenta de que los únicos dos equipos que no obtuvieron unos datos de ganancia en su nivel de servicio pertenecen a las áreas de Sala de Partos y Hospitalización respectivamente.

El nivel de servicio obtenido después de la implantación de la propuesta de mejora da un mejoramiento promedio de un 10.03% aproximadamente lo que representaría un aumento significativo en los ingresos del hospital, superando los \$ 20.000.000 mensuales teniendo en cuenta que se abarco solo 17 equipos de los 64 existentes en el hospital, es decir, un 26.56% del inventario biomédico de la organización.

De igual forma se evidencia un impacto en el tiempo de demora de un usuario al interior del hospital, mostrando una disminución promedio de 5.02 minutos aproximadamente en cada equipo/máquina disponible para su funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

Calle, A.F., Sánchez, M.S (2013). Planteamiento del programa de mantenimiento para la infraestructura y equipos generales de la Clínica Universitaria Bolivariana. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín.

Copete, A.D., Lobo, L (2012 Enero-Junio). Sistema integrado de logística del mantenimiento de equipos biomédicos para la Clínica el Bosque. Rev. Tecnol. Journal of Technology. (9): 31-39.

Decreto 1769 de 1994. Diario Oficial No. 41.477, del 5 de agosto de 1994, Santafé de Bogotá, D.C. a 3 de agosto de 1994.

Dotación tecnología y gestión del riesgo. Recuperado de http://virtual.ces.edu.co/pluginfile.php?file=%2F107694%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FMODULO%20DOTACION%202014.pdf&forcedownload=1.

Estrada, J.S., Cifuentes, P.N (2011). Gestión de mantenimiento de equipos médicos en la Fundación Clínica Infantil Club Noel: Modulo Ingeniería Biomédica. Universidad Autónoma de Occidente. Cali.

Fernández, O.M (2013). Gestión de riesgo relacionado a equipos biomédicos usados en procedimiento clínicos críticos del centro médico Imbanaco. Universidad Autónoma de Occidente. Cali.

Gerencia en la administración del mantenimiento hospitalario. Recuperado de <http://sme.uni.edu.pe/MHospitalario.htm>

INVIMA. (2012). Informe estadístico del programa nacional de tecnovigilancia - Histórico 2005 – 2012

INVIMA. (2013). ABC de los dispositivos médicos.

MINSALUD. (1994). Artículo 7o, decreto 1769.

Organización Mundial de la Salud. (2012). Introducción al programa de mantenimiento de equipos médicos.

Orozco, W., Cortés F (2013). Caracterización de la gestión del mantenimiento de equipo biomédico en servicios de urgencia de clínicas y hospitales de Medellín en el período 2008-2009. Rev Cienc. Salud 2013; 11 (1): 35-44.

Padilla, K.R (2014). Metodología para el manejo seguro de equipos biomédicos en el Hospital Francisco de paula Santander, en Santander de Quilichao (Cauca). Universidad Autónoma de Occidente. Cali.

Parra, L.F., Sarmiento, J.A (2004). Propuesta de gestión de mantenimiento para un centro integral de oftalmología. Universidad Industrial del Santander. Bucaramanga.

Perú. Red de Salud Tacna. Plan de mantenimiento y reparación de los equipos biomédicos, transporte, comunicaciones y de cómputo.

Argentina. Hospital Los Andes. Plan de mantenimiento de equipos médicos críticos.

Rodríguez, E., Miguel, A., Sánchez, M.C (2001). Gestión de mantenimiento para equipos médicos. En 3^{er} Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica. La Habana, Cuba.

Velásquez, P.A., Rodríguez, A.K., Jaen, J.S (2011 Julio-Diciembre). Metodologías cuantitativas para la optimización del servicio de urgencias. Rev. Gerencia Política y salud. 10 (21): 196-218.

Washington, DC. Organización panamericana de la Salud. Programación desarrollo y mantenimiento de establecimientos de salud.

