

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DE LAS AMÉRICAS**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Plan de mantenimiento preventivo de sistemas electromecánicos
edificio CISOP Hospital México**

LUIS FERNÁNDEZ PICADO

SAN JOSÉ, FEBRERO, 2023

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
Índice de Figuras.....	3
Índice de tablas	3
Dedicatoria.	5
Agradecimiento.	5
Resumen.	6
CAPITULO I. INTRODUCCION.	7
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos.	7
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.	7
Justificación.	8
Proyecciones.	9
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.	10
Limitaciones.	10
Antecedentes.	10
Internacionales.....	10
Nacionales.	18
CAPITULO III: MARCO TEORICO.	23
3.1 Generalidades.....	23
Indicadores Financieros.	43
CAPITULO IV: MARCO METODOLÓGICO.	49
Enfoque de la investigación.	49
Fuentes de información.	50
Instrumentos.	50
Proceso para la recolección y análisis de datos.	50
Diagnostico.	¡Error! Marcador no definido.
Método de investigación.....	51
CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	52
Estado Actual:	52
Inventario de equipos:	54

Análisis de Criticidad-----	70
Cronograma de inspecciones preventivas.-----	76
Rutinas de Mantenimiento Preventivo.-----	98
Análisis financiero-----	120
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-----	126
Conclusiones-----	126
Recomendaciones-----	127
BIBLIOGRAFIA.-----	128
ANEXOS.-----	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Figuras

<i>Figura 3.1:</i> Evolución de las técnicas de mantenimiento.....	24
<i>Figura 3.2:</i> Sistemas y subsistemas de mantenimientos.....	25
<i>Figura 3.3:</i> Tipos de mantenimientos.	26
<i>Figura 3.4:</i> Diagrama para análisis de criticidad	37

Índice de tablas

Tabla 3. 1: Descomposición de los equipos en subgrupos.	28
Tabla 3. 2: Interpretación del VAN.	44
Tabla 3. 3: Interpretación del TIR.	46
Tabla 4. 1: Matriz de conceptualización: Investigación con enfoque cuantitativo.	49
Tabla 5. 1: Lista de edificios.	56
Tabla 5. 2: Lista de Equipos.....	59
Tabla 5. 3: Análisis de criticidad de cada equipo.	71
Tabla 5. 4: Desglose de equipos por piso.....	76
Tabla 5. 5: Relación criticidad y frecuencia de mantenimientos.	77
Tabla 5. 6: Sistemas y frecuencia de mantenimientos.	77
Tabla 5. 7: Sistemas y frecuencia de mantenimientos según normas.	78
Tabla 5. 8: Cronograma de actividades.....	80
Tabla 5. 9: Lista de sistemas.....	120
Tabla 5. 10: Costos de mano de obra.	121
Tabla 5. 11: Costo de mano de obra con cargas sociales.	121
Tabla 5. 12: Costo de mantenimientos por mano de obra de técnicos.	122

Tabla 5. 13: Costo de mantenimiento subcontratado.....	123
Tabla 5. 14: Costo inicial de sistemas electromecánicos.....	124
Tabla 5. 15: Tabla de análisis de CAUE con mano de obra del hospital.....	124
Tabla 5. 16: Tabla de análisis CAUE con subcontratos de mantenimientos.....	125

Dedicatoria

Hoy que logro culminar este trabajo, dedico y doy gracias a Dios, principalmente, por haber alcanzado la meta propuesta y por haberme guiado siempre por el camino correcto. A mis padres, quienes con su acompañamiento en el momento de mi existencia me impulsaron a seguir adelante en este proyecto y que con sus esfuerzos me brindaron la oportunidad de cumplir con mis objetivos y deseos. A mis docentes, por brindarme los conocimientos necesarios para hacer de mí un profesional de alto nivel. Asimismo, una vez coronada esta meta, me propongo ser un profesional con ética y brindar a esta sociedad y a este país, lo mejor de mis conocimientos siempre con eficiencia y seguridad.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios, dador de toda sabiduría, por darme la fortaleza que me permitió concluir este trabajo. A mis padres, porque han sido pilares fundamentales con su apoyo incondicional, permitiéndome culminar mis estudios superiores. A mis demás familiares y amigos por la ayuda y la paciencia que han demostrado. A mis docentes que han compartido conmigo el conocimiento y que se esforzaron para brindarme las mejores enseñanzas para que yo pudiera llegar hasta este momento en el cual, sin ellos, no hubiese sido posible lograrlo.

Resumen

Debido a la enorme inversión que realizó la Caja Costarricense del Seguro Social, para construir el nuevo edificio CISOP (Cuidados Intensivos y Salas de Operaciones) en el Hospital México, resulta de suma importancia asegurar que los servicios que dependen de los sistemas electromecánicos instalados funcionen de manera continua, y que alcancen la mayor cantidad de tiempo de su vida útil. Para lograr estos objetivos se pretende utilizar como herramienta el plan de mantenimiento descrito en este trabajo

Como primer paso, se procedió con un levantamiento de los componentes que forman los sistemas electromecánicos, para obtener su información técnica como datos del fabricante, el modelo, la ubicación de cada componente y la cantidad de cada uno de los componentes que forman dichos sistemas.

Una vez efectuado el inventario, se procedió a evaluar cada activo mediante un análisis de criticidad, bajo los criterios de riesgo, afectación, utilización y frecuencia de fallas. De esta forma, se les puede catalogar como equipos tipo A, B y C, lo que permite definir cada equipo y a cuáles hay que prestarles mayor importancia.

También basado en el citado análisis, se desarrolló un cronograma de actividades por un periodo de un año, en el que se acomodaron las tareas de una forma flexible, de modo que el personal del departamento de mantenimiento podrá coordinar de una manera que impacte menos sus actividades actuales.

Luego de esto se procedió, con la información técnica recopilada, a diseñar las rutinas de mantenimiento preventivo de cada uno de los sistemas. Estas rutinas se realizaron con un formato estandarizado con lo que se pretende extender la vida útil de los equipos.

Por último, se realizó un análisis financiero, tomando en consideración, por un lado, que este plan de mantenimiento se llevara a cabo con personal técnico del hospital y, por otro, en contraste si se efectuara bajo la modalidad de contrato con empresas externas y bajo el método del CAUE.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

¿Qué prácticas de mantenimiento preventivo permitirán extender la vida útil de cada uno de los sistemas electromecánicos para garantizar su funcionamiento continuo y no ver afectados los servicios del edificio CISOP del Hospital México?

Objetivos

Objetivo General

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo óptimo de los sistemas electromecánicos del edificio CISOP ubicado en el Hospital México.

Objetivos Específicos

- Realizar el inventario de los sistemas electromecánicos instalados en el edificio.
- Clasificar cada sistema en orden de criticidad.
- Elaborar cronograma de mantenimiento preventivo.
- Realizar las rutinas de mantenimiento preventivo según las recomendaciones técnicas.
- Realizar análisis financiero.

Justificación

Los centros hospitalarios, al ser considerados como lugares de interés, tanto para la población como para el personal que labora en ellos, deben ser cuidados de forma adecuada para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones. La tendencia actual en cuanto al mantenimiento se basa en el cuidado preventivo, con el objetivo de planificar adecuadamente la manutención apropiada de los sistemas electromecánicos y la infraestructura propia del hospital.

Para el proyecto del edificio nuevo del CISOP se demolieron las salas de operaciones que se encontraban en el edificio principal. A su vez, se construyeron 21 nuevas salas de operaciones que se encuentran equipadas con lo último en equipos quirúrgicos, que amplían la capacidad de realizar cirugías en el centro médico.

Por otro lado, se construyeron 25 nuevas unidades de cuidados intensivos, ampliando aún más la capacidad de este servicio y, de igual manera, se hizo con lo último en tecnología en sus equipos. También se amplió el servicio de ginecología con 15 salas de parto y 42 camas para la atención de familias, mientras se está en el proceso de parto.

Dado que varios de los servicios que se brindan en el edificio son de soporte vital, es de suma relevancia que todos los sistemas operen de una manera eficiente y continua, por lo que un plan de mantenimiento preventivo óptimo ayudará a que esta condición se cumpla.

Al mismo tiempo, con la información que se recopilará en este trabajo, se pretende ofrecer una herramienta valiosa al personal de mantenimiento, para que puedan aumentar su conocimiento sobre cada uno de los componentes y cómo funcionan los sistemas, con lo que se podrán atender con mayor eficacia eventuales futuras averías.

Finalmente, con el plan de mantenimiento preventivo propuesto, además de brindar mayor disponibilidad y confiabilidad, se pretende extender lo más que se pueda la vida útil de los equipos, con una mejor gestión de los recursos con los que cuenta el Hospital México. Al final de cuentas, esos recursos son los que se obtienen con el dinero que aporta cada uno de asegurados a la Caja Costarricense del Seguro Social, por lo que merecen ser aprovechados al máximo.

Proyecciones

Se promueve la realización de un inventario de los equipos con los que cuenta el nuevo edificio del CISOP y dónde se ubica cada uno de ellos para dimensionar y planificar la estrategia de mantenimiento.

Se espera efectuar un análisis de criticidad a cada uno de los sistemas o equipos para enfocar, de una manera más objetiva, cómo se distribuirán los recursos disponibles.

Se pretende entregar un cronograma por un periodo de un año, de modo que con antelación el personal de mantenimiento pueda mejorar la coordinación con las respectivas jefaturas de cada uno de los servicios hospitalarios.

Se entregarán las rutinas de mantenimiento de cada uno de los sistemas o equipos con un formato estandarizado, que contengan la información necesaria y las tareas, para que sirvan de base en la formación del historial técnico de cada uno de los activos del hospital.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

Limitaciones

Para elaborar el análisis financiero que plantea esta propuesta de investigación, no se cuenta con los costos reales de la mano de obra ya que el personal del hospital, dependiendo del periodo en que ingresó a laborar, tienen bases salariales y condiciones que son distintas, por lo que no se puede asegurar que sean las mismas personas quienes realicen el mantenimiento y se deberán asumir algunas condiciones.

Al inicio de este trabajo, el proponente pertenecía al programa de mantenimiento contratado con el que cuenta el hospital, pero en la parte final de la elaboración, ya no se era parte de este personal, por lo que conseguir la información necesaria dependió de otras fuentes a partir de ese momento.

Antecedentes

Internacionales:

Tesis No. 1.

Institución: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica.

Tema: Diseño y Programa de un Plan de Mantenimiento Preventivo para los Equipos e Instalaciones de Institución de Educación Superior de la ciudad de Quito.

Autor: Nelson Andrés Robayo Segovia.

Año: Enero 2020.

Este trabajo tiene como objetivo elaborar un plan de mantenimiento preventivo y como parte de este, la implementación de una página web que permitiera acceder fácilmente a la información y generar de manera eficiente los registros de mantenimiento de los equipos electromecánicos, que formaban parte de los diferentes sistemas en una institución de educación superior de la ciudad de Quito.

El trabajo consta de las etapas de identificación de los equipos electromecánicos en la institución; realización del plan de mantenimiento preventivo para el periodo 2019-2020 y, por último, la elaboración de una página Web que gestione el mantenimiento preventivo y correctivo.

Una vez elaborado el plan de mantenimiento, se procede a generar los formularios para cada sistema electromecánico en el lenguaje de programación web PHP, para posteriormente crear una base de datos en MYSQL (módulo de PHP). El lenguaje empleado es de fuente libre (no requiere de licencia) y se accede por el dominio web de la empresa, por lo que en esta página web se almacenan los registros existentes y, al mismo tiempo, es posible ingresar nuevos registros para mantenimientos futuros.

De esa manera se disminuye el tiempo muerto en el acceso a la información y registros, así como en la elaboración de informes y pedidos de repuestos (aproximadamente 26%), al facilitar la elaboración del plan de mantenimiento y la creación de la base de datos con el software ya descrito.

En este trabajo se obtuvieron conclusiones tales como las siguientes:

Se diseñó un plan de mantenimiento para optimizar el desempeño del personal y el uso de recursos en base al levantamiento de información técnica de equipos e instalaciones, su identificación, y registros de mantenimientos previos. Se desarrolló un programa utilizando un software de libre acceso para implementar el plan de mantenimiento diseñado, de tal manera que el manejo de la información sea efectivo, rápido y útil. Se optimizó el tiempo empleado en realizar los trabajos de mantenimientos, registros y elaboración de informes para el cliente. Se elaboró una plataforma web para gestionar las actividades de mantenimiento y proporcionar un control completo de dichas actividades por parte de la empresa Rojas Ingeniería y como informativo en tiempo real para el cliente. Los tiempos que se calcularon fueron en el periodo de pruebas que duraron 2 meses, por esta razón los resultados fueron alrededor del 30% de reducción del tiempo, pero con la práctica pueden reducirse mucho más una vez que el personal técnico adquiera mayor destreza en el uso del programa.

Tesis No. 2.

Institución: Universidad Privada del Norte de Lima, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial.

Tema: Gestión de Mantenimiento Preventivo de los Equipos Electromecánicos en las Empresas: Una Revisión de la Literatura.

Autores: Enrique Alberto Salazar Apesteeguía y Ronald Danilo Uceda Pisfel.

Año: 2018.

Esta investigación tuvo como finalidad diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para los equipos electromecánicos en el área administrativa de una empresa, que nos permita aumentar la fiabilidad operacional de los equipos electromecánicos. La primera etapa de esta investigación se basó en buscar la mayor información de los equipos electromecánicos, como por ejemplo, datos técnicos, historial de fallas y servicios realizados a cada equipo. A la vez, se analizaron los gastos realizados por la empresa por conceptos de mantenimientos correctivos o reparaciones de emergencia.

Con los datos obtenidos se realizó el cálculo de los indicadores de mantenimiento, así como también el análisis de criticidad para cada equipo. La segunda etapa de esta investigación, con los datos obtenidos de los indicadores de mantenimiento se buscó analizar el porcentaje de disponibilidad para cada equipo, así como también el criterio de confiabilidad. Se diseñó un cronograma o plan de mantenimiento anual, partiendo con las especificaciones técnicas que posee cada equipo, para garantizar la vida útil de los componentes, a la vez realizaremos hojas de control o supervisión periódica (check list), tratando de generar la cantidad de datos necesarios para tener un historial de fallas y saber si algunas de ellas son recurrentes o no.

Los resultados ayudaron a entender cuáles son las gestiones que se realizan actualmente en la gestión de mantenimiento, el cual generalmente obedece al de tipo 1 (Años 80), que se sometía a realizar solo mantenimientos correctivos, lo que da menor cantidad de años de vida útil de un equipo. Por lo tanto, la gestión de mantenimiento ayuda a darles una mejor y larga vida útil en los equipos electromecánicos. De ahí lo importante que es la Gestión de Mantenimiento.

Al aplicar el mantenimiento preventivo a todos los equipos electromecánicos de la empresa, se observó que las máquinas son más productivas y eficientes, ya que antes de la implementación los equipos electromecánicos trabajaban en condiciones pésimas, donde existía el riesgo de que alguna máquina se malograra.

Tesis No. 3.

Institución: Universidad Antonio Nariño Bogotá, Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tema: Elaboración de un protocolo de mantenimiento preventivo para las áreas de proceso y equipos de la empresa Gecolsa CAT.

Autor: Walter Humberto David Mesa.

Año: 2020.

En este trabajo se consideró como objetivo general elaborar un protocolo de mantenimiento preventivo para los equipos electromecánicos que hacen parte de las diferentes áreas de procesos de la compañía Gecolsa CAT. Los objetivos específicos fueron mejorar el modelo con el cual se está llevando a cabo el mantenimiento en la compañía, de modo que cada equipo pueda contar con hoja de vida, plantilla de instrucciones, tarjeta maestra y formato de orden de trabajo. Realizar un inventario de los equipos que se encuentran dentro de las instalaciones de la compañía: Para ello se mostrará por medio de un esquema la distribución de las máquinas que hacen parte del proceso de reparación de la empresa Gecolsa CAT, distribuyéndose en zonas que diferencien su función dentro del proceso. Garantizar un orden de actividades cronológicamente planeadas que me permitan tener un control para las intervenciones en los equipos. Para ello se diseñaron tableros de control que me establezcan un enlace entre las tarjetas formato creadas y las necesidades de cada equipo.

Como conclusión del proyecto, se realiza el diseño de un protocolo de mantenimiento para la empresa Gecolsa, teniendo en cuenta todos los aspectos del proceso de producción para el cual están diseñadas las máquinas. Partiendo de esta premisa, se crean a partir de estos aspectos un cronograma que agiliza la forma de hacer el mantenimiento, dando una muestra de las acciones que se deben tomar para cambiar la manera en que se llevan actualmente los procesos de mantenimiento de la compañía.

Se concluyó que la empresa Gecolsa CAT tendrá un mejor proceso de reparación de equipos, siguiendo el protocolo descrito en ese proyecto, ya que las instalaciones donde se encuentran las máquinas tendrán un mejor estado y garantizará una mejor operación.

Ante todo, se recomienda que la empresa Gecolsa CAT tome en consideración la inclusión del protocolo de mantenimiento dentro su departamento, con el fin de mejorar la forma como se están llevando a cabo las actividades y rutinas de manutención de los equipos. Con esto se disminuirá la cantidad de paradas inesperadas y, por ende, mejorará la calidad en el proceso. Se recomienda que los técnicos de mantenimiento tengan conocimiento acerca de los equipos que están interviniendo, de modo que sepan cómo funcionan y cuál es su función dentro del proceso. Así se podrá garantizar que cuando se esté realizando la rutina de mantenimiento entiendan para qué y porqué lo están realizando.

Tesis No. 4:

Institución: Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica.

Tema: Diseño de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Electromecánicos de una empresa de Tecnología de Información.

Autor: Johnny Esteban Natividad Álamo, Ronald Guillermo Nima Alvarado y Erick Javes Mogollón Silupú

Año: 2021.

Este proyecto se plantearon los objetivos de diseñar un plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos de una empresa de Tecnologías de Información. Realizar una auditoría de mantenimiento de los equipos electromecánicos de la empresa; Determinar los equipos electromecánicos críticos basado en la aplicación de la matriz de criticidad y el establecer los indicadores de disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparar fallas.

Esta investigación abarca el plan de mantenimiento para los equipos electromecánicos en la empresa dedicada al manejo de TI, ubicada en el departamento de Lima, y su desarrollo tuvo un tiempo aproximado de cuatro meses para su diseño final (desde el mes de enero al mes de julio de 2021).

Este plan de mantenimiento se diseñó mediante diferentes pasos que se tenían que cumplir para cada uno de los equipos electromecánicos señalados en esta investigación, de cualquier

empresa de TI. Se desarrolló con un diseño cuantitativo para efectuar la ponderación y comparación del estado de los equipos del estudio, dando valores a ciertos criterios de evaluación.

El trabajo se considera descriptivo porque representa las características del proceso de mantenimiento de los aspectos y las técnicas de cada uno de los equipos electromecánicos que se encuentran dentro del Data Center de la empresa de TI. El desarrollo de la investigación es de tipo aplicada porque se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, a fin de aplicarlas en el proceso del análisis de criticidad y disponibilidad de los equipos electromecánicos.

En conclusión, se puede decir que se logró elaborar el cronograma del servicio operaciones de la empresa de TI, lo cual permitió realizar el análisis de disponibilidad y criticidad de los equipos electromecánicos que conforman el Data center. Se logró realizar un análisis de criticidad a los más de 100 equipos electromecánicos.

Por otro lado, se obtuvo como resultado que de los 18 sistemas se tiene que los de criticidad muy alta son los aires acondicionados de precisión, los de criticidad alta son las transferencias automáticas, tanques de combustible, Grupos Electrógenos, UPS, sistema contra incendios y limpieza técnica. Los de Criticidad Media son Pozos a Tierra, interruptor de transferencia estática, Sub Estación, Tableros de Distribución, Tableros Eléctricos del Combustible, Transformador de Aislamiento. Y los de Criticidad Baja son las Cámaras, Controles Biométricos, Extractores, Luces de Emergencia y de Criticidad Muy Baja los Instrumentos (Termo hidrómetro).

Se analizó también para el primer trimestre del año 2021, la disponibilidad mecánica y física de los equipos electromecánicos, cuyos resultados fueron de 98.5% y 94.4%, respectivamente. Estos indicadores que se encuentran por encima del Benchmarking (88% al 92%), lo que permite afirmar que se encuentran dentro del rango de “muy favorable”. Se estudió el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación, mecánico y físico, de los equipos para el trimestre mencionado, obteniéndose que en promedio cada 532 horas sucede una falla que demora 8 horas en repararla, para el caso mecánico, y respecto al caso físico, en promedio cada 120 horas sucede una falla que se demora 7 horas en repararla.

En esa investigación se recomienda realizar un análisis anual de la disponibilidad y criticidad de los equipos electromecánicos en la empresa de TI, de modo que se puedan evaluar y comparar

los indicadores de la gestión de mantenimiento y con base en su comportamiento, proponer acciones para mejorar y corregir los posibles desvíos de las tendencias.

Se recomienda realizar un análisis utilizando para su registro un sistema informático que facilite tener acceso a su historial, para una adecuada toma de decisiones respecto a las acciones por implementar en el mantenimiento de dichos equipos.

Tesis No. 5:

Institución: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tema: Diseño e implementación de un modelo de gestión integral de mantenimiento para el Hospital Básico de la Brigada Blindada Galápagos, aplicando el estatuto orgánico del Ministerio de Salud Pública

Autor: Luis Stalin López Telenchana.

Año: Mayo 2017.

En este trabajo, valiéndose de la norma COVENIN 2500, se pudo evaluar el sistema de gestión de mantenimiento del Hospital Básico de la Brigada de Caballería Blindada N° 11 “Galápagos”. Se obtuvo como resultado que el sistema en mención presenta un cumplimiento del 45,2%, lo que refleja las deficiencias del departamento de mantenimiento; identificando que en la planificación y control de la ejecución del mantenimiento preventivo, deficiencia en los trabajadores encargados de realizar el mantenimiento, respecto de sus conocimientos y motivación para velar por los activos, casi nulo apoyo para dirigir y validar acciones de inversión, que a su vez permita ejecutar mantenimientos eficientes.

Se pudo determinar la brecha existente entre la actual situación y lo que se desea lograr, teniendo como base al Estatuto Orgánico del Ministerio de Salud, brecha que fue del 54,8%, pudiéndose establecer un plan estratégico necesario y que fue implementado para mitigar los valores de la brecha al optimizar la gestión de mantenimiento, mejorando la eficiencia y eficacia en cuanto a los equipos biomédicos.

Tesis No. 6:

Institución: Universidad del Bio-Bio. Facultad de Ciencias Empresariales. Departamento de Economía y Finanzas.

Tema: Mejora a plan de mantenimiento preventivo equipos centrales térmica Hospital Regional Dr. Guillermo Grant Benavente.

Autor: Carroll Anne Francesconi Riquelme

Año: Marzo 2016.

Este trabajo investigativo indica que se pudo observar que por el propósito de la instalación, los equipos presentan un alto grado de eficiencia, ya que en las bombas de calor, es de 400%. Es decir que por 1 kW consumido se produce 4 kW de energía térmica y para las calderas de condensación es de 109,8%, debido a que usan el poder calorífico superior del vapor de agua producido durante la combustión, y en su mayoría aprovechado para transferir calor y reducir la temperatura de los gases de salida hacia el medio ambiente.

El cambio de calderas de vapor mermó en un 57%, reemplazándose por las bombas de calor y calderas de condensación, equipos que también producen agua caliente y con esto el consumo de combustible para la producción de vapor, se redujo, descartando usar carbón.

Con respecto al mal montaje y calibración, las calderas de vapor presentan un 21,3%, las calderas de condensación un 18,20% y las bombas de calor un 29,15%. En cuanto a las incrustaciones, los valores son 12,8%, 13,63% y 16,6%, respectivamente.

El análisis realizado en esta investigación muestra que la tendencia actual parece dirigirse hacia la interiorización de los procesos de mantenimiento, puesto que, tanto el preventivo (43%) como el correctivo (37%), son cumplidos por el personal de la institución, lo que contrasta con lo hallado hace 11 años, cuando el mismo indicador evaluado no pudo superar el 4% para ambos mantenimientos juntos. Esto indica que en la última década las instituciones hospitalarias, se han enfocado en la creación y el fortalecimiento de los departamentos de IC al interior de la misma organización.

Nacionales:**Tesis No.: 1****Institución:** Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción**Tema:** Plan general integral de mantenimiento para la infraestructura física del Hospital Dr. Tomas Casas Casajús**Autor:** Marlon Barboza Arguedas**Año:** 2013

El estudio se centra en proponer un plan de mantenimiento preventivo sus respectivas rutinas, para la infraestructura física del Hospital Dr. Tomás Casas Casajús, además de realizar un análisis sobre las inversiones en conservación con el propósito de aprovechar los recursos disponibles para estas actividades de forma correcta y eficiente.

Antes de establecer las actividades que comprenden el plan de mantenimiento propuesto, se recolectaron datos de las incidencias de mantenimiento, utilización de horas hombre, costos, entre otros y se efectuó un análisis de la situación actual de cada una de las edificaciones y sistemas electromecánicos. A partir de esta información se concluyó que las actividades de mantenimiento que se llevan a cabo en su mayoría son para atender reparaciones o mantenimiento correctivo, y que consumen aproximadamente el 63,08%, contra un 36,92% de total de las horas hombre que se utilizaron durante el año 2012 en actividades de mantenimiento preventivo. Las inversiones que se realizaron en la conservación de la infraestructura e instalaciones para el mismo año alcanzaron un monto de ₡155.943.614. De estos el 51,91% se invirtió en mantenimiento correctivo, mientras que el 48,09% en mantenimiento preventivo.

Las inversiones en conservación son buenas, por lo cual un objetivo a mediano y largo plazo es bajar los porcentajes de mantenimiento correctivo y aprovechar el recurso humano y financiero adecuadamente.

Tesis No.: 2**Institución:** Instituto Tecnológico de Costa Rica

Tema. Diseño del modelo de gestión de mantenimiento de las plantas hidroeléctricas de GPG Costa Rica, Costa Rica

Autor: Kevin Campos Esquivel

Año: 2018

La empresa Global Power Generation (GPG), subsidiaria de Gas Natural Fenosa, de origen español, es parte de la fuerza de producción energética del país, mediante el manejo de dos plantas de generación hidroeléctrica, denominadas Torito y La Joya, que sumadas aportan un potencial de 100 MW al sistema eléctrico nacional.

Como parte de las implementaciones se desarrolla un programa 5S en la Bodega General, con el objetivo de incorporar Bodega de Repuestos como un ente participativo en el desarrollo del plan de gestión. Además, con la elaboración del análisis de Pareto y al desarrollar la matriz crítica dentro de los objetos de mantenimiento de la empresa, se logran implementar cinco etapas iniciales del plan de gestión. De esta forma se entablan las bases para la continuidad del modelo y el perfeccionamiento de los planes de mantenimiento aplicados dentro de las plantas de la empresa.

Tesis No.: 3

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Tema: Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento para Industrias MAFAM S.A.

Autor: Andrés Alberto Varela Otárola

Año: 2017

Este proyecto tuvo como objetivo darle al departamento de mantenimiento las herramientas y mecanismos de gestión que requiere con el fin de mejorar la disponibilidad de los equipos, así como facilitar la organización y planificación departamental, debido a la ampliación de la planta.

En el diagnóstico, se logran delimitar los problemas con que contaba el departamento, en los que la planificación y el manejo de información son los principales puntos en contra para que logre aumentar su eficiencia. Por ese motivo y por petición de la gerencia se estimó y logro diseñar un

software para mantenimiento, mediante el programa Excel de Microsoft, con el que se desea manejar toda la información departamental, desde la gestión de repuestos e insumos, el manejo de los trabajos realizados hasta la programación de los planes de mantenimiento preventivo que se desean reestructurar.

Por último, se llevó a cabo una propuesta de gestión requerida para que los planes de mantenimiento preventivo logren ser aprovechados; además de definirle un rumbo al departamento, manejando eficientemente su información y controlando, tanto los repuestos e insumos, como las labores ejecutadas por los técnicos de línea.

Tesis No.: 4

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica, Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Tema: Diseño de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general de equipos (OEE) para los equipos más críticos de la planta FAS

Autor: Omar Leitón Moya

Año: 2015

La planta FAS por la naturaleza de los productos que manufactura resulta muy factible para la aplicación de un plan de TPM, en el que su base fundamental sea el mantenimiento preventivo, seguido de la mano por el mantenimiento autónomo.

Por la condición de los equipos y la poca información histórica de los trabajos realizados en ellos, fue fundamental la codificación como primer paso, antes del mantenimiento preventivo. Luego de esto, se efectuaron análisis de tipos de fallas en los distintos equipos, con la finalidad de seleccionarlos con mayor criticidad para diseñar los instructivos o manuales de mantenimiento preventivo, con el objetivo de realizar trabajos de calidad sobre dichos equipos y propiciar, en algunos casos, las condiciones idóneas para que desempeñen correctamente sus funciones y luego mantener dichas condiciones.

Se diseñó un método de control de pérdidas, mediante un registro de los tiempos muertos. Estos tiempos fueron utilizados para estimar un índice de desempeño del equipo en los aspectos de

disponibilidad, rendimiento y calidad. El índice se conoce con el nombre de eficiencia general de equipos o OEE, que brinda un valor del funcionamiento del equipo, así como los aspectos se deben mejorarse.

Tesis No.: 5

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Tema: Optimización del modelo de gestión de mantenimiento para centrales hidroeléctricas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.

Autor: Juan Cristóbal Castro Porras

Año: 2019

El proyecto se realiza en la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A (CNFL), ubicada en San José, Plantel Virilla y buscaba optimizar el modelo de gestión de mantenimiento de la Unidad de Mantenimiento de Plantas Generadores de la CNFL.

La primera parte del proyecto consta de un diagnóstico del grado de madurez del departamento de mantenimiento para conocer el nivel de gestión y determinar oportunidades de mejora dentro del modelo de gestión actual. Luego se establecen objetivos, metas e indicadores para convertir la estrategia de la organización en objetivos operativos para potenciar la consecución de resultados.

Posteriormente se efectúan los análisis correspondientes de la matriz de criticidad de cada planta hidroeléctrica para la selección de los equipos más representativos de cada una de ellas. Luego se crea un modelo de selección de mantenimiento con el propósito de crear planes de acuerdo con la criticidad de los módulos funcionales. Por último, se propone una metodología para la selección de repuestos críticos, que son mínimos los que deben permanecer en el stock de repuestos.

Tesis No.: 6

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica

Tema: Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para un taller de mecánica

de precisión

Autor: Ronald Andrés Solís Chavarría

Año: 2017

Con base en la necesidad del Grupo Ingeniería Dinámica por implementar un programa de mantenimiento en su subdivisión de Taller Riggioni, se realizó un análisis para la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo y como no se cuenta con un Departamento de Mantenimiento, se hizo una propuesta para implantar uno que se encargue de la gestión.

Para lograr el objetivo principal de mejorar la disponibilidad de los equipos, fue necesario un sistema de codificación de equipos, análisis de criticidades, desarrollar hojas de inspecciones basándose en RCM y obtener costos del programa relacionados con el personal y los materiales necesarios en bodega.

Por otro parte, para gestionar la labor de mantenimiento se analizó su situación actual mediante un estudio de su madurez y se propuso un Departamento de Mantenimiento con el desarrollo de los documentos necesarios. Se diseñó su organigrama, se definió la cantidad de personal, su especialización y sus tareas. Con lo relacionado al personal, se estudiaron las carencias actuales de conocimiento y se definieron las capacitaciones que se deben ofrecer para que el personal pueda llevar a cabo las tareas de mantenimiento en forma oportuno.

Para realizar la gestión de mantenimiento se obtuvo un sistema de indicadores, con los que fue necesaria la recolección de información con los documentos de mantenimiento, basándose en estos en cuanto a la toma de las decisiones acerca de cuáles puntos se deben mejorar.

Como resultado del programa se obtuvo un calendario en el que por semana se definieron las inspecciones que se deben efectuar y su costo total.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

3.1.1 Teorías relacionadas al tema

3.1.1.1 Sistemas de gestión de mantenimiento

Es interviniente de forma llana en la misión del mantenimiento optimizando capitales humanos, herramientas, logística y otros recursos, que pasa a ser un instrumento para el buen uso de los recursos y tener buenos resultados como la eficiencia y eficacia en el sistema.

3.1.1.2 Evolución histórica del mantenimiento

Por la década de los años 20 del siglo pasado, ya se comenzó a hablar sobre la aplicación del mantenimiento en forma preventiva para evitar problemas y averías en los equipos de producción. Pero no es sino hasta a los años de 1950, cuando adquiere énfasis y se sientan las bases del mantenimiento propiamente dicho.

El mantenimiento se introdujo en Japón, procedente de los Estados Unidos en el año 1951, ya que las empresas buscaban la rentabilidad económica principalmente, basándose en la máxima producción y para cumplirlo se orientaban a detectar o prevenir posibles fallos antes de que estos ocurrieran. En la década de los años sesenta, se incorporó y desarrolló el Mantenimiento Productivo, con lo que se dio un paso adelante con respecto al mantenimiento preventivo, porque se incluye un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la fiabilidad (F) y mantenibilidad (M).

El Mantenimiento Productivo Total conocido como TPM, comienza a implementarse en la década de los años setenta, también en Japón. Aquí se desarrolla un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado por los enfoques anteriores, pero se diferencia por la incorporación de conceptos innovadores entre ellos el Mantenimiento Autónomo. Están involucrados los propios operarios de producción y la implantación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta el operario, originando que se cree una nueva cultura propia que estimula el trabajo en equipo y eleva la moral personal.

La Prevención del Mantenimiento, se identifica como MP, en el que se centra su actividad fuera de la planta de producción, porque actúa en la etapa de diseño, desarrollo y construcción del

equipo, es decir, es el mantenimiento a nivel de desarrollo de ingeniería, cuyo objetivo principal es reducir al máximo e incluso eliminar, si es posible, la necesidad de actividades de mantenimiento del equipo cuando ya está operativo.

Para Díaz (2005), al largo del tiempo el concepto de mantenimiento ha tomado mayor importancia, ya que juega un papel fundamental en el proceso productivo por repercusión en la productividad de la empresa. Hoy en día el área de mantenimiento es mucho más relevante, buscando siempre mantener un buen desempeño a través de técnicas de mejoramiento y optimización de costos, pero sin afectar la productividad.

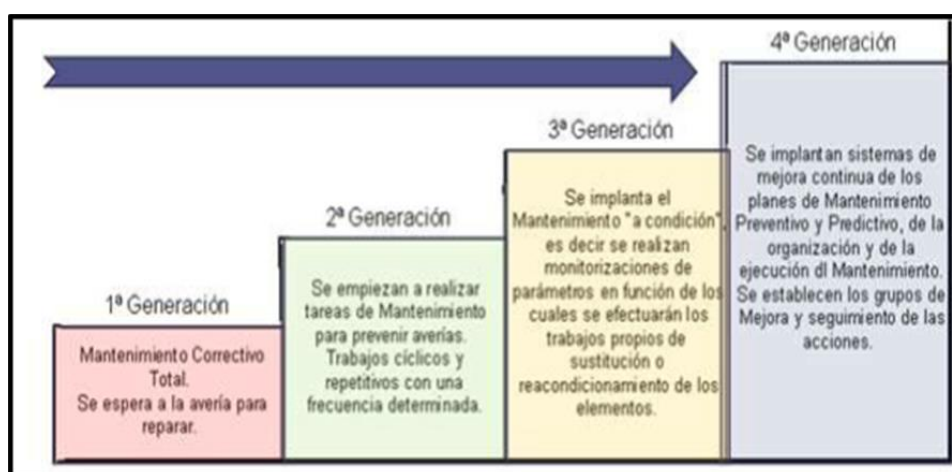


Figura 3.1: Evolución de las técnicas de mantenimiento.

Fuente: Díaz (2005).

3.1.1.3 Definición de Mantenimiento

En forma habitual se define al mantenimiento como el conjunto de técnicas que tienen como finalidad la conservación de equipos e instalaciones en servicio, durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. (Garrido, 2003)¹.

Otra concepción del mantenimiento, es que son todas las actividades que se deben de desarrollar en un orden lógico dentro de la organización, con el único propósito de conservar en condiciones seguras, efectivas y económicas, los equipos, las herramientas y demás actividades que están involucradas dentro de las instalaciones de las compañías.

Según Duffua (2009), es el conjunto de actividades empleadas con la finalidad de mantener y restablecer un activo fijo. Esto conlleva a su buen funcionamiento y, a la vez, no pone en riesgo la seguridad del producto ni la de los trabajadores. Por otro lado, se debe buscar establecer un grado de confiabilidad alto para que así no existan paradas no planificadas que interrumpan la producción de la empresa.

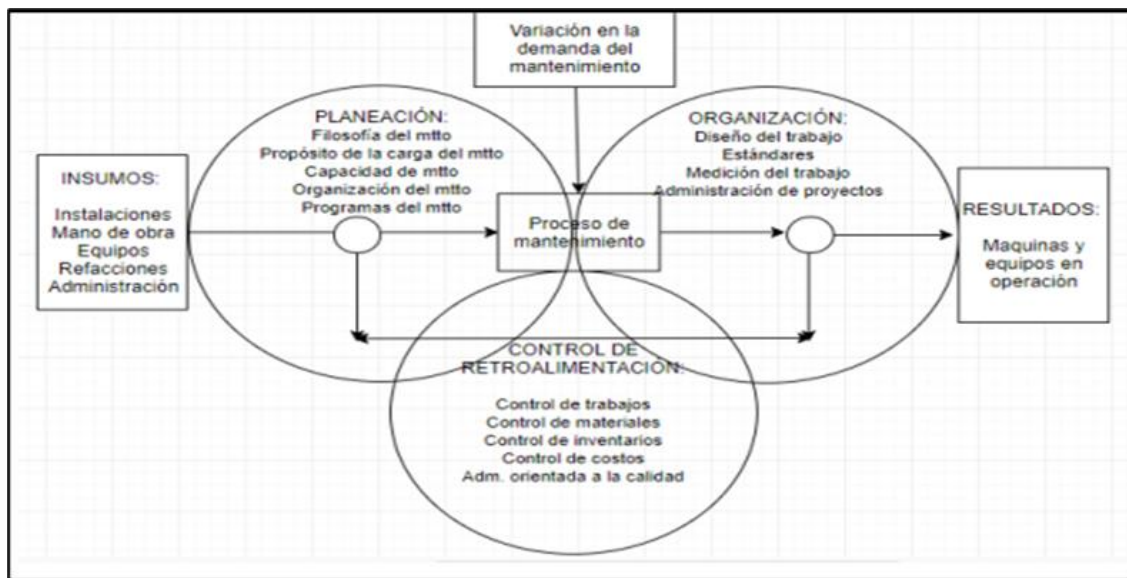


Figura 3.2: Sistemas y subsistemas de mantenimientos.

Fuente: Duffua (2009).

3.1.2 Tipos de mantenimiento

Las empresas buscan en la actualidad obtener una mejor rentabilidad, por lo que es primordial tener un correcto funcionamiento del área de mantenimiento, ya que es la encargada de asegurar la continuidad y calidad de sus productos en el mercado actual.

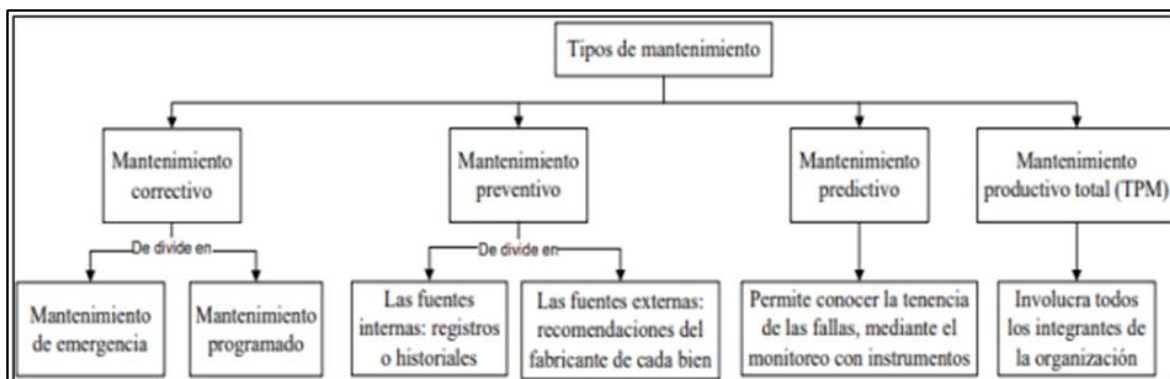


Figura 3.3: Tipos de mantenimientos.

Fuente: Padilla (2009).

3.1.2.1 Mantenimiento correctivo

Es una acción humana para desarrollar en los patrimonios físicos de la empresa de forma puntual al agotamiento de vida útil o casos externos de los componentes, materiales o piezas que forman un equipo, facilitando su recomposición o reparación sin sumarle un valor extra que, por secuela, han dejado de prestar una operación de calidad como se esperaba.

Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas cuando se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo.

Diferentes tipos de correctivo: Programado y no programado

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo que son el programado y el no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla, cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo. Es decir, si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede

mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva, que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción. De ahí que para los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es el menos agresivo con todos ellos.

Ventajas:

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas.
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

Desventajas:

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

3.1.2.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son válidas si existe un patrón de desgaste, o sea, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento.

Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, se podría decidir realizar una tarea preventiva (sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podría convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y costosas. Es una

planificación de actividades como periodos para ejecutar actividades que recomiendan los fabricantes es sus equipos, también para revisiones, detectar y a prevenir fallas con el propósito de conservar en buenas situaciones técnicas la operación de los equipos.

De conformidad con Pascual (2011), este mantenimiento se encarga de realizar actividades preventivas a las fallas y radica en las fuentes a estudiar para poder realizar un buen plan, las cuales son fuentes internas compuestas por datos históricos de las fallas u fuentes externas, que están dadas por recomendaciones de proveedores u otras entidades. Cabe señalar que una de las tareas o actividades en este tipo de mantenimientos es la de efectuar un análisis de los ciclos de vida de la maquinaria, con el fin de detallar los registros de fallas y los costos incurridos en dicho mantenimiento, lo que facilita la identificación de los componentes o piezas de reemplazo.

Tabla 3. 1: Descomposición de los equipos en subgrupos.

Clase	Tipo	Componentes
Mecánica	Reemplazo	Aceite
		Filtros piezas de desgastes, frenos
		Filtros
		Rodamiento
		Juntas
		Resortes
	Regulación	Juegos/interferencias
		Presión
		Bloqueos
Chequeo	Niveles	
Eléctrica	Reemplazo	Contactos
		Componentes asociados a fallas técnicas.
		Capacitancias.
	Regulación	Impedancias en circuitos, potenciómetros.
	Chequeo	Valores de aislación
		Valores de capacitancia

Fuente: Pascual (2011)

Ventajas:

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo.
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento que se aplica en los equipos.

Desventajas:

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

1. Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
2. No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

3.1.2.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición, consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, porque facilita la identificación del proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra.

Este tipo de mantenimiento es llevado a cabo por medio de implementos tecnológicos sofisticados que sirven para identificar el estado de la máquina. A su vez es utilizado para determinar las condiciones en las que la máquina se encuentra realizando el proceso. Por medio de este mantenimiento se puede determinar a través de los equipos tecnológicos las condiciones mecánicas, eléctricas y técnicas sin que el proceso desarrollado por la máquina se detenga, basado en detectar las fallas antes de que aparezcan.

Ventajas:

- Más confiabilidad. Al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.

- Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de recursos humanos y en los procesos de contratación, aunque luego se verá una desventaja sobre ello.
- Los repuestos duran más. Como las revisiones son con base en los resultados y no por percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser.

Desventajas:

- Siempre que hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.
- Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.
- Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que se requiere menos, este debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.
- Costosa su implementación. Por manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto.

3.1.2.4 Mantenimiento Productivo Total

Mantenimiento Productivo Total es la traducción del inglés de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo", creado en la industria de los Estados Unidos.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección y orientando sus acciones, apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

En la fábrica ideal, la maquinaria debe operar al 100% de su capacidad el 100% del tiempo. El TPM es un poderoso concepto que conduce cerca del ideal sin averías, defectos ni problemas de seguridad. El TPM amplía la base de conocimientos de los operarios y del personal de

mantenimiento y los une como un equipo cooperativo para optimizar las actividades de operación y mantenimiento.

La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Ellos mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales, antes de que ocasionen averías.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM es una nueva dirección para la producción, que organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción. Se compone de un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

Entre sus objetivos se encuentra el proceso TPM que ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y a la conservación del “conocimiento” industrial.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado y en consecuencia la productividad se incrementa.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementando la moral del trabajador, al crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

Dentro de sus beneficios, el TPM permite diferenciar una organización en relación con su competencia, 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.

3.1.2.5 ¿Qué es el mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM)?

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil desde hace más de 30 años. Este proceso ayuda a determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo, desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metalmecánica, entre otros.

La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. Según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
- ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocadas. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales.

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Es el caso de dos activos idénticos operando en distintas plantas, que pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un

ejemplo típico es el de un sistema de reserva, que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos.

De acuerdo con lo anterior, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 ó 3 carillas) donde se debe indicar el régimen de operación del equipo, la disponibilidad de mano de obra y repuestos, las consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), los objetivos de calidad, la seguridad y medio ambiente, entre otros aspectos.

3.1.3 Indicadores de Gestión para Mantenimiento

Se debe considerar que el primer objetivo de trabajo del área de mantenimiento es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción. Entonces, para poder establecer estos factores de efectividad de mantenimiento, deberá ir acompañada de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. Los indicadores, permitirán medir de forma técnica, y mediante costos, la efectividad del mantenimiento.

3.1.3.1 Concepto de Disponibilidad

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté parada por averías o ajustes.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Ecuación 3.1: Disponibilidad teórica

Donde:

To= tiempo total de operación

Tp= tiempo total de parada

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por mantenimientos planificados o por paradas de producción, porque estas no son debidas al fallo de la máquina.

Aunque la anterior es la definición natural de disponibilidad, se suele definir de forma más práctica a través de los tiempos medios entre fallos y de reparación.

Se ve que la disponibilidad depende de:

1. La frecuencia de las fallas.
2. El tiempo que demande reanudar el servicio.

Así, se tiene que:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Ecuación 3.2: Disponibilidad.

Donde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallos.

TPPR = Tiempo promedio de reparación.

3.1.3.2 Tiempo medio para reparar (MTTR)

El tiempo promedio para reparar corresponde generalmente al período de intervención o de reparación pasado por un técnico. Este análisis facilita visualizar la evolución del servicio de mantenimiento y de las competencias a lo largo del tiempo.

Un buen conocimiento de las máquinas y un historial de las operaciones de mantenimiento permiten mejorar el diagnóstico de la reparación y reduce el tiempo de intervenciones.

$$MTTR = \frac{T.P}{N^{\circ}F}$$

Ecuación 3.3: Tiempo promedio para la recuperación.

Dónde:

MTTR: Tiempo promedio para la reparación.

T.P : Tiempo de paradas.

N° F : Número de fallas.

3.1.3.3 Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF)

Se utiliza generalmente en el departamento de producción y puede ser un verdadero indicador de productividad. El MTBF es más difícil de utilizar, debido a que el usuario tiene que poseer un

cierto número de datos procedentes del servicio de producción, como el tiempo de paradas y el tiempo previsto transcurrido entre fallos inherentes de un sistema durante el funcionamiento. Puede ser calculado como la media aritmética (promedio).

$$MTBF = \frac{T.R}{N^{\circ}F}$$

Ecuación 3.4: Tiempo medio entre fallas.

Donde:

MTBF: tiempo medio entre fallas.

T.R: Tiempo real.

N° F: Número de fallas.

3.1.3.4 Análisis de criticidad de los equipos (AC)

El AC es una metodología que facilita establecer una jerarquía del equipo o sistema y también los prioriza, logrando así crear una estructura que permita tomar de decisiones y orientar el esfuerzo en las áreas donde sea más importante y necesario mejorar, basándose en la realidad actual.

Su objetivo principal es ofrecer una herramienta de ayuda con la que se determine la jerarquía de los equipos y sistemas de una planta, que permita tener un manejo adecuado de manera controlada y en orden de prioridades.

Pasos para seguir en el Análisis de Criticidad:

- **Elaboración de inventario:** Permite elaborar un listado de los equipos que participan en el sistema productivo.
- **Diagnóstico de la situación actual:** Se realiza con la finalidad de determinar las condiciones en que se encuentran los equipos.
- **Ponderación y calificación de los equipos de acuerdo a su criticidad:** Las ponderaciones propuestas de cada factor o criterio pueden ser cambiadas, dependiendo de la política de la organización empresarial y la influencia en la productividad como objetivo principal.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados, generalmente, con la frecuencia de fallas, el impacto operacional, la flexibilidad operacional, el costo del mantenimiento e impacto de seguridad y medio ambiente.

Esta clasificación está definida por la aplicación de los siguientes cuatro criterios y sus respectivos niveles.

Criterio 1 Riesgo: Efectos adversos que el fallo del equipo o bien mueble puede causar a los usuarios

Nivel 1: El fallo del equipo o bien mueble trae riesgos dañinos para los usuarios internos y externos.

Nivel 2: El fallo del equipo o bien mueble trae consigo riesgos menores para los usuarios internos y externos.

Nivel 3: El fallo del equipo o bien mueble no trae riesgos para los usuarios internos y externos.

Criterio 2 Afectación: Grado en que se puede ver afectada la atención de los servicios.

Nivel 1: El fallo del equipo o bien mueble provoca la interrupción total de un proceso para la atención que se les brinda a los usuarios internos y externos.

Nivel 2: El fallo del equipo o bien mueble provoca la interrupción de un componente o elemento que forma parte de un proceso o que interviene en la atención que se le brinda a los usuarios internos y externos.

Nivel 3: Existen equipos (o bienes muebles) similares disponibles y la posibilidad de alternarlos inmediatamente, al ocurrir el fallo, sin producir afectaciones a los procesos o en la atención brindada a los usuarios internos y externos.

Criterio 3 Utilización: Se relaciona directamente con el período de uso del equipo o bien mueble, en un tiempo determinado.

Nivel 1: El equipo o bien mueble es utilizado con mucha frecuencia (más de 8 horas diarias).

Nivel 2: El equipo o bien mueble es utilizado entre 4 y 8 horas diarias.

Nivel 3: El equipo o bien mueble es de uso ocasional.

Criterio 4 Frecuencia: Cantidad de fallos por periodo de utilización (Fallos / unidad de tiempo).

Nivel 1: Paros reiterados por fallas en promedio mayor a 2 por año.

Nivel 2: Paros ocasionales por fallas en promedio mayor a 1 y menor o igual a 2 por año.

Nivel 3: Paros poco frecuente por fallas en promedio igual a 0 o menor o igual a 1 por año.

Para facilitar su aplicación en la Figura 3.4 se muestra un árbol de decisión con los criterios antes mencionados:

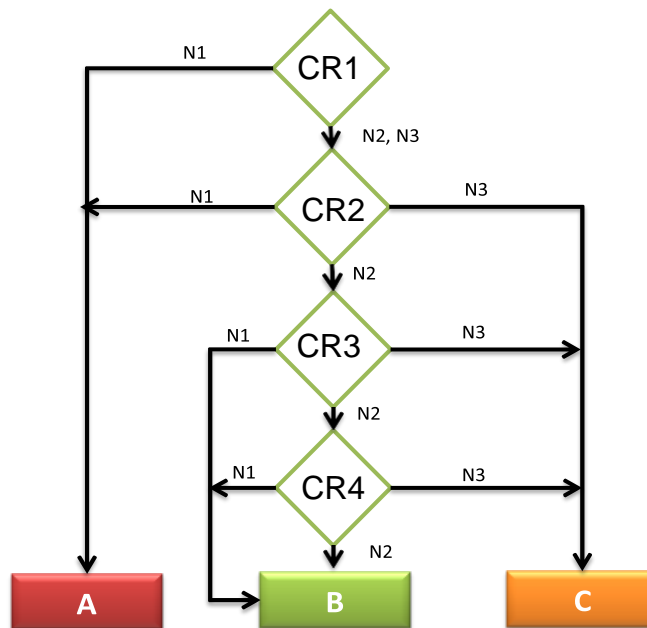


Figura 3.4: Diagrama para análisis de criticidad

3.1.3.5 Concepto de Fiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas y para ello se utiliza lo que se denomina como la tasa de falla, por tanto, la media de tiempos entre fallas (TPEF) caracteriza la fiabilidad de la máquina.

El tiempo promedio entre falla mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio.

$$TPEF = \frac{TPEF}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 3.8: Tiempo promedio entre fallas

Donde:

TPEF= Tiempo promedio entre falla.

HROP = Horas de operación.

NTFALLAS=Número de fallas detectadas.

3.1.3.6 Concepto de mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, y usando unos recursos determinados.

Por tanto, la media de tiempos de reparación (TPPR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

Ecuación 3.9: Tiempo promedio para reparar.

Donde:

TPPR= Tiempo promedio para reparar.

TTF = Tiempo Total de Fallas.

NTFALLAS =Número de fallas detectadas.

El tiempo promedio para reparación se plantea como la relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en el periodo observado. La relación existente entre el Tiempo Promedio Entre Fallas debe estar asociada con el cálculo del Tiempo Promedio Para la Reparación.

3.1.3.7 Indicadores secundarios²

Como complemento se necesitan indicadores secundarios, que muestran de qué manera impactan sobre los indicadores de clase mundial cada uno de los aspectos parciales de la gestión.

3.1.3.8 Indicadores de accidentabilidad

Son indicadores asociados directamente con la concepción del mantenimiento como negocio y que están en función de factores, aparentemente ajenos al mantenimiento. Como es el caso de número de accidentes y horas de funcionamiento de una planta, área o equipo dentro del proceso y son muy útiles para la gestión del mantenimiento.

$$INDICADORES DE ACCIDENTES = \frac{NÚMERO DE ACCIDENTES}{HORAS TRABAJADAS (DÍAS)} \times 100$$

Ecuación 3.10: Indicador de Accidentes.

3.1.3.9 Indicador de mano de obra externa

El presente índice revela la relación entre los gastos totales de mano de obra externa como contratación eventual y/o gastos de mano de obra proporcional a los servicios de contratos permanentes, y la mano de obra total empleada en los servicios, durante el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{(Totalidad)CMOC}{(Totalidad)(CMOC)(CMOP)}$$

Ecuación 3.11: Indicador Mano de Obra Externa.

Donde:

CMOE= Costo de Mano de Obra Externa

CMOC= Costo de Mano de Obra Contratada

CMOP= Costo de Mano de Obra Permanente (Contratada-Directa)

Indicador de costos de mantenimientos preventivos por mantenimientos totales

Este indicador pone de manifiesto el grado de utilización de técnicas preventivas frente a las correctivas.

$$CPTC = \frac{CP}{CTM}$$

Ecuación 3.12: Indicador Costos preventivos vs Correctivos.

Donde:

CPTC= Costo de Mantenimiento Preventivo por Mantenimiento Totales.

CP= Costo Preventivo.

CTM= Costo Totales de Mantenimiento (Preventivo + Correctivo).

3.1.4 Rutinas

3.1.4.1 Rutinas diarias

Las rutinas diarias contienen tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales (ruidos y vibraciones extrañas, control visual de fugas), mediciones (tomas de datos, control de determinados parámetros) y pequeños trabajos de limpieza y/o engrase. En general, todas las tareas pueden hacerse con los equipos en marcha. Son la base de un buen mantenimiento preventivo, y permiten llevar al día la planta. Es, además, la parte de trabajo de mantenimiento más fácilmente trasladable al personal de operaciones.

3.1.4.2 Rutinas semanales y mensuales

Las rutas semanales y mensuales contemplan tareas más complicadas, que no está justificado realizar a diario. Implican, en algunos casos, desmontajes, paradas de equipos o tomas de datos más laboriosas. Es el caso de limpiezas interiores, que necesiten el desmontaje de determinados elementos o medidas del consumo de un motor (medida de intensidad) en cuadros de acceso complicado, entre otros También incluyen tareas que no se justifica realizar a diario, como los engrases.

3.1.4.3 Rutinas anuales

Suponen, en algunos casos, una revisión completa del equipo, y en otros, la realización de una serie de tareas que no se justifica realizar con una periodicidad menor. Es el caso de cambios de rodamientos, limpieza interior de una bomba, medición de espesores en depósitos, equilibrado de aspas de un ventilador, por citar algunos ejemplos. Siempre suponen la parada del equipo durante varios días, por lo que es necesario estudiar el momento más adecuado para realizarlo.

3.1.5 Formato de Rutinas

El formato provisto para las rutinas de mantenimiento preventivo contiene los estándares mínimos que se deben incluir. Depende de la organización si se requieren columnas adicionales, pero se recomienda que al menos siga este documento.

3.1.5.1 Nombre: Nombre correcto del equipo, instalación electromecánica o planta física al que corresponde la rutina y no se deben utilizar otras denominaciones que no correspondan al nombre propio.

3.1.5.2 Localización: En el momento de generar la Orden de Trabajo preventiva debe detallarse la localización física del recurso físico con el fin de acortar los tiempos de atención de la orden. Además, se debe anotar el nombre representativo del lugar, ya sea el nombre del recinto o del servicio.

3.1.5.3 Periodicidad

Se refiere al período comprendido entre la ejecución de una rutina y la siguiente ejecución, de acuerdo con la programación de los mantenimientos del PM. El ciclo puede ser diario, mensual, trimestral, semestral o anual y se determina considerando los siguientes factores:

- Las horas de mantenimiento preventivo recomendadas por el fabricante o especialista en recursos físicos.
- Vida útil remanente, condición física y operativa, capacidad instalada, uso, condiciones ambientales, datos de historial de fallas, experiencia del personal operativo y personal de mantenimiento de equipos o infraestructura.
- Indicadores considerados por un técnico o experto como vinculantes para los cálculos al respecto.

- Los recursos disponibles para la ejecución del mantenimiento: humanos, financieros o técnicos.

3.1.5.4 Parámetros de funcionamiento estándar

Un parámetro estándar, ya sea numérico o gráfico, correspondiente a una cierta magnitud que debe ser verificada por tareas como medición, ajuste o calibración. Este parámetro corresponde al valor estándar a cumplir. Los criterios establecidos (que incluyen: rangos, mínimos, máximos, etc.) pueden obtenerse de estándares existentes, datos del fabricante, cálculos confiables, historial del equipo, requisitos de operación o calidad de mano de obra.

Con el propósito de aclarar algunos procedimientos o consideraciones importantes al momento de medir, ajustar, calibrar o tomar algunos parámetros, se crea un espacio denominado observación. Aquí se deben anotar las consideraciones de valor que agilizarán la comprensión y ejecución de la actividad.

3.1.5.5 Duración estimada

Corresponde al tiempo que durará la ejecución del programa de mantenimiento. Este tiempo debe ser ajustado y revisado contra el tiempo real de ejecución. Este tiempo teórico inicialmente ayudará a determinar el esfuerzo requerido para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.

Por su parte, el número de empleados, se refiere al número de técnicos de mantenimiento necesarios para realizar los procedimientos de mantenimiento dentro del plazo previamente estimado.

3.1.5.6 Total de Horas Hombre: es la cantidad de trabajo requerido para realizar el mantenimiento de rutina. También puede entenderse como la suma de las horas de trabajo requeridas para realizar un procedimiento de rutina.

3.1.5.7 Control de firma

Firma del Técnico: Debe incluir la firma de la persona responsable de supervisar la rutina.

Firma del Encargado de Mantenimiento: Se debe incluir la firma del responsable (por área o taller) para el control y seguimiento de la calidad de las labores preventivas. Esta función puede

ser ejercida por el jefe inmediato, la persona responsable de coordinar y dirigir las actividades de mantenimiento, o un representante de estas personas.

3.1.5.8 Lista de verificación

Este es un documento de campo o resumen de mantenimiento de rutina, el técnico lo tendrá consigo cuando realice el mantenimiento. Esto debe ser práctico y simple para facilitar el llenado y la preparación para los procedimientos de mantenimiento.

Indicadores Financieros

Entre los indicadores financieros que sirven para clarificar la factibilidad económica que presentan los proyectos se encuentran el VAN y la TIR. Aunque para este trabajo se estará usando el indicador CAUE.

VAN = Valor Actual neto.

TIR = Tasa Interna de Retorno.

Valor Actual Neto

El VAN mide la deseabilidad de un proyecto en términos absolutos. Calcula la cantidad total en que ha aumentado el capital como consecuencia del proyecto. (Rocabert, 2007).

El Valor Actual Neto (VAN) es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Actual Neto nos permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión. (Revelo, 2018). La fórmula del Valor Actual Neto es:

$$NPR = -I \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Ecuación 4.1: Fórmula para calcular el VAN

Donde:

-I = Inversión inicial.

FNE = Flujos netos de efectivo.

$(1+i)^n$ = Tasa de descuento. (Revelo, 2018)

Interpretación

Tabla 3. 2: Interpretación del VAN.

Valor	Significado	Decisión
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse.
$VAN < 0$	Produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas.	Como el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: Milián (2012)

Importancia

Mediante el estudio y aplicación del VAN a un proyecto de inversión se proporciona una herramienta cuantitativa al director financiero para que respalde su decisión y halle una disminución del riesgo, puesto que el valor presente neto utiliza una tasa que representa al mismo, brindándole un nivel de seguridad satisfactorio para invertir, y disponer a dirigir actividades, recursos, materiales, talento humano, y todo lo pertinente para llevar a cabo dicho proyecto. (Orlando, 2016)

Es aquí donde radica la importancia del VAN en que, a pesar de ser un valor positivo, le presenta al empresario una expectativa, y responde si es o no conveniente, porque el negocio es confiable, pero, ¿conviene? Y eso es lo que muchos inversionistas quieren saber. Entonces la aplicación del estudio del VAN resulta eficaz para que se aprecie tal situación y determinar si es conveniente invertir. (Orlando, 2016).

Tasa Interna de Retorno

La TIR, expresa el crecimiento del capital en términos relativos y determina la tasa de crecimiento del capital por período. (Rocabert, 2007).

Es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0. El argumento básico que respalda a este método es que señala el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto en una sola cifra que resume las condiciones y méritos de aquél. (Mete, 2014)

Al no depender de las condiciones que prevalecen en el mercado financiero, se la denomina tasa interna de rendimiento que es la cifra interna o intrínseca del proyecto. Es decir, mide el rendimiento del dinero mantenido en el proyecto, y no depende de otra cosa que no sean los flujos de efectivo de aquél. (Mete, 2014)

La fórmula de la Tasa Interna de Retorno es:

$$TIR = i_1 + \frac{[(i_2 - i_1)(VAN_1)]}{[ABS(VAN_2 - VAN_1)]}$$

Ecuación 4.2: Fórmula para calcular la TIR.

Donde:

i_1 = Tasa de interés con el VAN positivo.

i_2 = La tasa de interés con el VAN negativo.

VAN_1 = Valor actual neto positivo.

VAN_2 = Valor actual neto negativo.

ABS = Valor absoluto de los VAN, esto sin tener en cuenta el signo negativo. (Ross, Zesterfield, & Jaffe, 2010).

Tabla 3. 3: Interpretación del TIR.

Valor	Significado	Decisión
$TIR > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse.
$TIR < 0$	Produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$TIR = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas.	Como el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: Milián (2012)

Importancia

Resulta importante porque se puede enfocar en la ganancia o también se puede saber si se va a ganar o perder. Sin embargo, su importancia permite conocer en forma rápida la liquidez de la empresa, entregando una información clave que ayuda a tomar decisiones tales como, ¿Cuánto se puede comprar de mercadería? ¿Se puede comprar al contado o es necesario solicitar crédito? ¿Se debe cobrar al contado o es posible otorgar crédito? ¿Se puede pagar las deudas en su fecha de vencimiento o se debe pedir un refinanciamiento? ¿Se puede invertir el excedente de dinero en nuevas inversiones? (Dolores, 2016).

En general es posible concluir que el VAN es una herramienta que permite conocer cuánto vale una inversión en el futuro. Además, cuando es positivo indica que dadas las circunstancias de la demanda, inflación, riesgo que tiene el proyecto y todo el entorno económico se obtiene rentabilidad, es decir, que el proyecto es atractivo. En el caso contrario si se tiene un VAN negativo

no se debe considerar válida dicha inversión, por lo que se debe considerar la inversión que tenga un valor actual neto positivo.

La TIR indica la rentabilidad promedio que genera el capital que permanece invertido en el proyecto. Entonces se puede afirmar que un proyecto de inversión resulta factible financieramente cuando en todo momento provee saldos positivos, o sea, si existe suficiente dinero para financiar los gastos de la inversión que implica si se va a poner en marcha o no la operación.

3.4 Costo Anual Uniforme equivalente (CAUE)

Para evaluar y comparar las alternativas de ahorro (propuesta retadora) frente a la situación actual (defensora), se calcula el costo anual uniforme equivalente (CAUE) del cada activo retador versus el CAUE de lo actual.

El CAUE significa que todos los ingresos y desembolsos, deben convertirse en una cantidad anual uniforme equivalente (es decir, una cantidad al final del período) que es la misma cada período. La ventaja principal de este método sobre los otros es que no requiere que la comparación se lleve a cabo sobre el mínimo común múltiplo cuando las alternativas tienen diferentes vidas útiles. Es decir, el CAUE de una alternativa debe calcularse para un ciclo de vida solamente.

El método para calcular el CAUE se denomina “método del fondo de amortización de salvamento”. En el método del fondo de amortización de salvamento, el costo inicial (P) se convierte primero en un costo anual uniforme equivalente utilizando el factor A/P. El valor de salvamento, después de su conversión a un costo uniforme equivalente, mediante el factor A/F (fondo de amortización), se resta del costo anual equivalente el primer costo. Los cálculos pueden presentarse mediante la ecuación general:

$$CAUE = P(A/P, i\%, n) - VS(A/F, i, n) + CAO$$

$$CAUE = P * \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] - VS * \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] + CAO$$

Ecuación 4.3: Fórmula para calcular el CAUE.

Naturalmente, si la alternativa tiene otro flujo de caja, debe incluirse en los cálculos del CAUE.

Donde:

P: Costo inicial.

VS: Valor final de salvamento.

CAO: Costo operacionales anuales.

i: Tasa de interés.

n: Horizonte de Planificación.

Para la comparación de la situación actual frente a las posibles alternativas de soluciones hay que tener en cuenta que los valores como el valor de salvamento (VS), costo inicial (P) y costo anual de operación (CAO), pueden ser todos diferentes de los datos originales. Esto no importa puesto que se utiliza el punto de vista del consultor y así se considera que la información previa no es aplicable a la actual evaluación económica.

Para las propuestas de solución el costo inicial (P) es el costo de los materiales esenciales para la puesta en marcha del proyecto y, además, la mano de obra que se necesita para instalar estas tecnologías. El valor de salvamento (VS) es el valor de canje o de reventa que puede tener el activo al cabo del horizonte de planificación, el horizonte de planificación (n) es la cantidad de tiempo en cual va a ser evaluado el proyecto, el costo operacional anual (CAO) es el costo anual por operar que para el caso de este proyecto se considera el costo por iluminar y la mantención que implican las tecnologías.

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

Tabla 4. 1: Matriz de conceptualización: Investigación con enfoque cuantitativo.

Objetivo para investigación con enfoque CT					
Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Identificar sistemas	Equipos instalados	Cantidad de equipos	Recopilación de información de los equipos como marca, modelos, ubicación	Se realizara levantamiento en el edificio de cada de los componentes que conforman los sistemas	Inventario de equipos instalados en hoja de Excel
Clasificar de equipos	Colección de datos	Importancia o impacto del equipo	Ponderación y calificación de los equipos de acuerdo a su criticidad	Se realizar analisis de criticidad a cada uno de los sistemas	Apoyo bibliográfico
Recopilar de información técnica	Fichas técnicas y manuales de operación	Estado de los equipos	La recolección de la información es necesaria en esta fase para poder procesarla y así determinar las tareas a realizar y con que frecuencias hay que realizarlas	Se solicitara fichas técnicas y manuales de operación a los proveedores de los equipos	Consulta a proveedor vía correo electrónico
Elaborar Cronograma	Fechas a realizar mantenimientos	Periodicidad de rutinas	Control visual de las actividades de los planes de mantenimiento preventivo durante un periodo de tiempo	Según la información recopilada se determinara la frecuencia de los mantenimientos según las recomendaciones de fabricantes	Diagrama de Gantt en project
Elaborar de rutinas	Tareas a realizar	Actividades a realizar	Las rutinas preventivas contienen tareas que se realizan fácilmente. La mayor parte de ellas se refieren a controles visuales, mediciones y pequeños trabajos de limpieza y/o engrase.	Según la información técnica se determinarán las actividades a realizar en los mantenimientos	Formularios de inspección

Fuente: Elaboración propia

Enfoque de la investigación

De acuerdo con Hernández et al. (2014), los enfoques “constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación” (p.2). El enfoque indica la manera en la que se aborda el fenómeno, marca la ruta a seguir para responder a la pregunta y los objetivos de investigación, asimismo ayuda a definir la profundidad en que se desea aproximarse al tema de estudio.

Los tres tipos de enfoques propuestos son Cualitativo (CL), Cuantitativo (CT) y Mixto. El criterio para la elección del enfoque dependerá del planteamiento de los objetivos y el problema de investigación. Si los objetivos están orientados a medir o probar teoría e hipótesis (CT) o en caso contrario, si el objetivo del estudio es profundizar en significados o experiencias (CL). El enfoque mixto profundizará y probará o medirá el fenómeno de estudio.

Fuentes de información

Las fuentes de información en este apartado se refieren a los participantes, sujetos, objetos, comunidades, empresas, muestras u otros tipos de datos, que serán parte fundamental para la recolección de los datos, es de quién o quiénes se obtendrá la información para comprender, profundizar o estandarizar el fenómeno de estudio. Para elaborar este punto, se realiza la descripción de los participantes, la cual ayudará a que el investigador tenga claridad sobre cuáles poblaciones u objetos debe tomar en cuenta para dar respuesta al problema de investigación.

Instrumentos

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el instrumento “es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos” (p. 199). Es ese elemento que ayudará al investigador a recolectar la información para brindar respuesta a sus objetivos. Según el enfoque elegido CL, CT o Mixto, se tendrá una variedad de instrumentos para elección.

Proceso para la recolección y análisis de datos

Para esta etapa, se debe realizar una descripción detallada de las fases o pasos en las que se realizará el proceso de Recolección y Análisis de Datos, se presentan de manera individual.

Método de investigación

1-DEFINICIÓN DEL PROYECTO

- Planteamiento del problema
- Objetivos
- Investigación preliminar
- Limitaciones



2-BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

- Antecedentes
- Apoyo bibliográfico
- Recopilación de información técnica



3-CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO

- Definición de equipos críticos
- Elaboración de cronograma
- Definir las rutinas de los sistemas



4-FINALIZACION DEL PROYECTO

- Conclusiones
- Recomendaciones
- Análisis financiero

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Estado Actual:

En la actualidad el Hospital México cuenta con un departamento de mantenimiento, dividido de la siguiente manera:

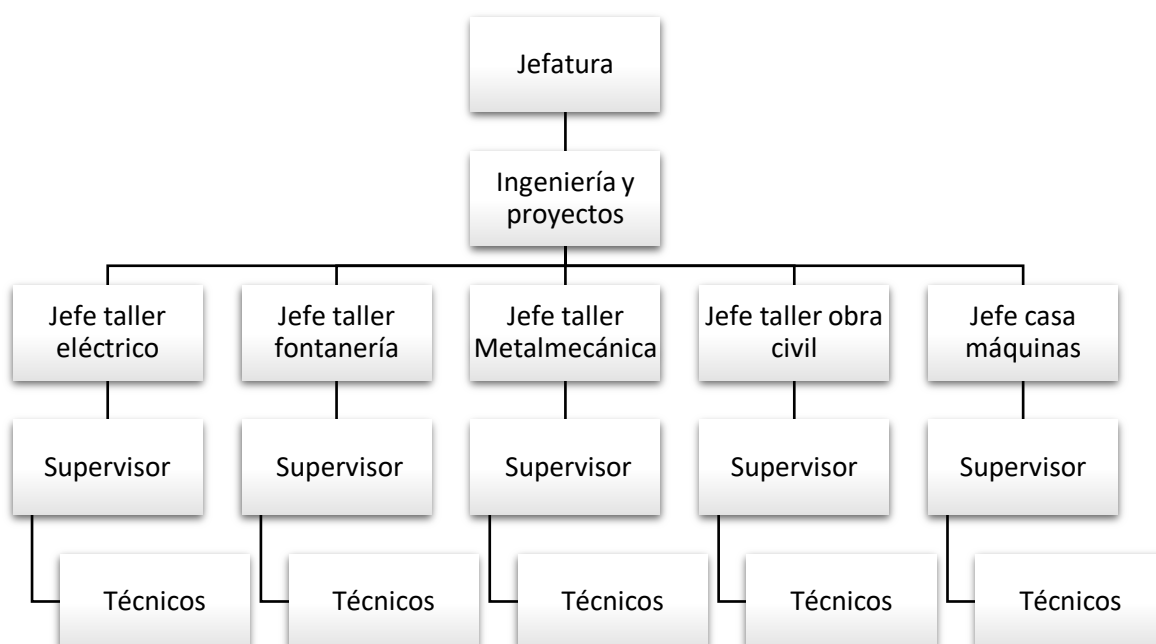


Figura 5.1: Organigrama Departamento de Mantenimiento

- Jefatura de Mantenimiento:

Está formado por personal administrativo que se encarga de las labores administrativas propias del departamento

- Departamento de Ingeniería y Proyectos:

Está conformado por profesionales de varias disciplinas como ingenieros eléctricos, mecánicos, civiles y arquitectos, entre otros. Dentro de sus funciones principales están la de supervisar los proyectos de como remodelaciones, ampliaciones y construcciones nuevas que se

estén realizando en el hospital, realizar los carteles de mantenimiento programado y además son los encargados de los distintos talleres con los que cuenta el hospital.

- Taller Eléctrico:

Está conformado por el jefe de taller, el supervisor y, por último, los técnicos que se encargan de las solicitudes y labores correctivas de la parte eléctrica y de los aires acondicionados del hospital.

- Taller de fontanería:

Está compuesto por el jefe de taller, el supervisor y los técnicos, quienes se encargan de las solicitudes y labores correctivas que tienen que ver en el área de fontanería, tales como servicios sanitarios, agua potable o desagües.

- Taller de Metalmecánica:

Está integrado por el jefe de taller, el supervisor y los técnicos, quienes se encargan de las solicitudes y trabajos correctivos como los de soldadura y de elaboración de muebles metálicos.

- Taller de Obra Civil:

Está conformado por el jefe de taller, el supervisor y los técnicos. Sus principales tareas son las de atender solicitudes que corresponden a labores civiles, tales como pintura reparación de paredes, techos, cielos rasos, entre otros.

- Casa de Máquinas

Este taller también se conforma por el jefe de taller, un supervisor y los técnicos, y sus tareas principales son la supervisión de los equipos especiales como calderas, generadores eléctricos, compresores, la subestación eléctrica, entre otros.

En promedio, cada taller cuenta con cuatro técnicos en el turno de la mañana, tres en el turno de la tarde y dos en el turno de la noche

A pesar de que el centro hospitalario cuenta con un departamento de mantenimiento bastante amplio, la mayoría del tiempo de los técnicos y de los recursos se van en la atención de averías del edificio principal y sus anexos. De igual forma, se ha notado que los contratos de

mantenimiento son de tipo programado en los que se coordina con los respectivos servicios del hospital los espacios requeridos, porque como son tareas programadas, los equipos quedan fuera de uso el tiempo en los que se les da el servicio.

Todo lo antes mencionado es solo para la atención del edificio principal y anexos. Por su parte, el nuevo edificio del CISOP como parte del proyecto de construcción tiene contemplados dos años de garantía, dos años de mantenimiento y atención de averías, bajo la supervisión del departamento de mantenimiento del Hospital México. Una vez que se venza ese periodo, el edificio y sus sistemas pasarán a total responsabilidad de este mismo departamento.

Cabe aclarar que el programa de mantenimiento con el que cuenta el nuevo edificio por definición es de tipo programado y no preventivo, ya que para que sea de tipo preventivo los equipos o sistemas no tienen que estar fuera de servicio mientras se realizan dichas actividades. En ese sentido, el plan de mantenimiento actual, en un alto porcentaje de las actividades tales como cambios de filtros y de aceites, cambios de componentes mecánicos y actualizaciones software los equipos, provoca que se deban apagar o sacarlos de línea para poder ejecutar dichas tareas.

Cabe recalcar, que las labores como la creación del inventario y análisis de criticidad que son parte de los entregables de un proyecto nuevo, no se pudieron realizar en el momento de la entrega del trabajo, debido a que el edificio fue construido en plena pandemia, por lo que se realizaron entregas parciales y de manera apresurada, ya que las autoridades sanitarias necesitaban ocupar las instalaciones con un alto grado de urgencia.

5.2 Inventario de equipos

En primera instancia se realizó trabajo de campo recopilando información de los equipos instalados. Como referencia se numeran los sistemas electromecánicos considerados esenciales, el propósito de dicha información es entender qué activos dentro de la organización necesitan mantenimiento y su prioridad de atención, lo que afectará directamente la estrategia de mantenimiento desarrollada en el futuro.

Estos son los sistemas electromecánicos:

- Sistema de gases médicos.
- Sistema de supresión de incendio a base de agua.

- Sistema de alarma de incendio.
- Sistema de agua caliente.
- Sistema eléctrico.
- Sistema eléctrico de emergencia.
- Sistema de bombeo de agua.
- Sistema de llamado de enfermeras.

Código de ubicación

El propósito del código de localización es procurar la facilidad al ubicar los recintos donde se encuentran los equipos. A continuación, se muestra en ejemplo de la conformación de dicho código.

B-1-035:

- “B” la letra que se encuentra de primero de izquierda a derecha, indica en que edificio se encuentra el equipo. Tal como se muestra en la figura 5.2 se puede observar que el hospital cuenta con varios edificios. Para el caso del edificio del CISOP la letra correspondiente es la “B”

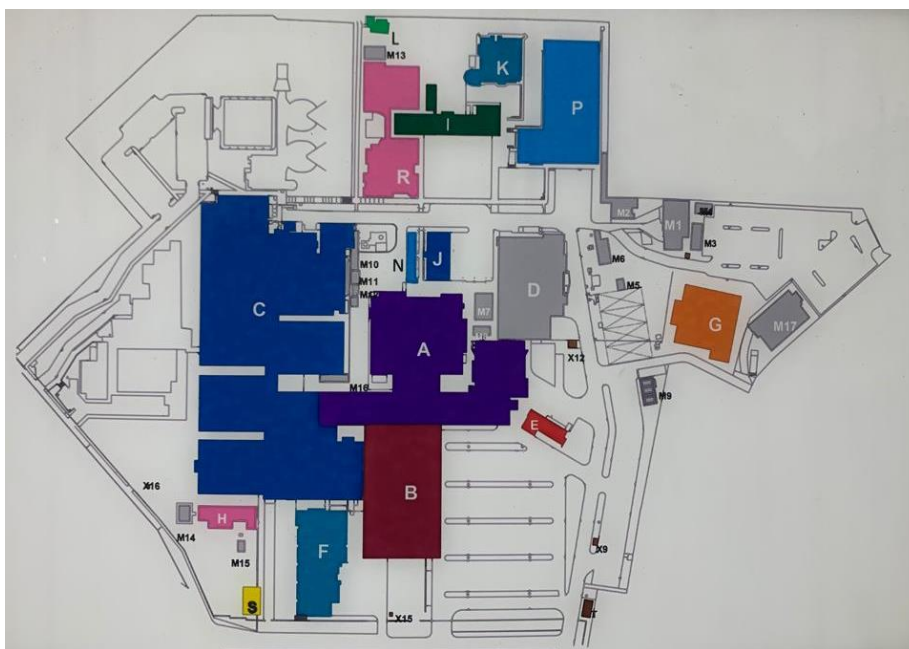


Figura 5.2: Distribución de edificios

Tabla 5. 1: Lista de edificios.

A	Hospitalización (torre principal
B	Torre quirófanos
C	Consulta externa
D	Edificio casa de máquinas principal ropería y lavandería
F	Extemporánea/Emergencias
G	Farmacia Central
H	Gimnasio
I	Hemodiálisis
J	Inmunología
K	Edificio TAC
L	Centro Nacional de Citología
N	Medicina paliativa
P	Antiguo Nominas
R	Proveeduría
S	Radioterapia y quimioterapia
T	Sada contiguo a la farmacia
U	Transportes
V	Edificio Anexo 1
M1	Centro de acopio
M2	Bodega de pintura y taller metalúrgico
M3	Bodega de inflamables
M4	Bodega de Patología
M5	Caseta bomba sistema contra incendio
M6	Taller de mantenimiento de lavandería
M7	Comedor de lavandería
M8	Bodega Nutrición
M9	Tanques de autoconsumo de combustible
M10	Banco de oxigeno
M11	Caseta compresores aire medico
M12	Bodega Medicina nuclear
M13	Casa máquinas radioterapia y quimioterapia
M14	Casa máquinas hemodiálisis
M15	Caseta planta de emergencia Farmacia
M16	Bodega servicios generales
M17	Bodegas detrás del gimnasio
X9	Entrada vehicular principal
X12	Entrada vehicular por casa máquinas
X13	Caseta de vigilancia parqueo Barva
X15	Caseta de vigilancia de la vieja
X16	Caseta de vigilancia parqueo Turrialba

En la tabla 5.1 se muestra el listado de los edificios con los que cuenta el Hospital México

- “1” el número que se encuentra en la segunda posición de izquierda a derecha indica en que piso está ubicado el activo tal y como se muestra en la figura 5.4.

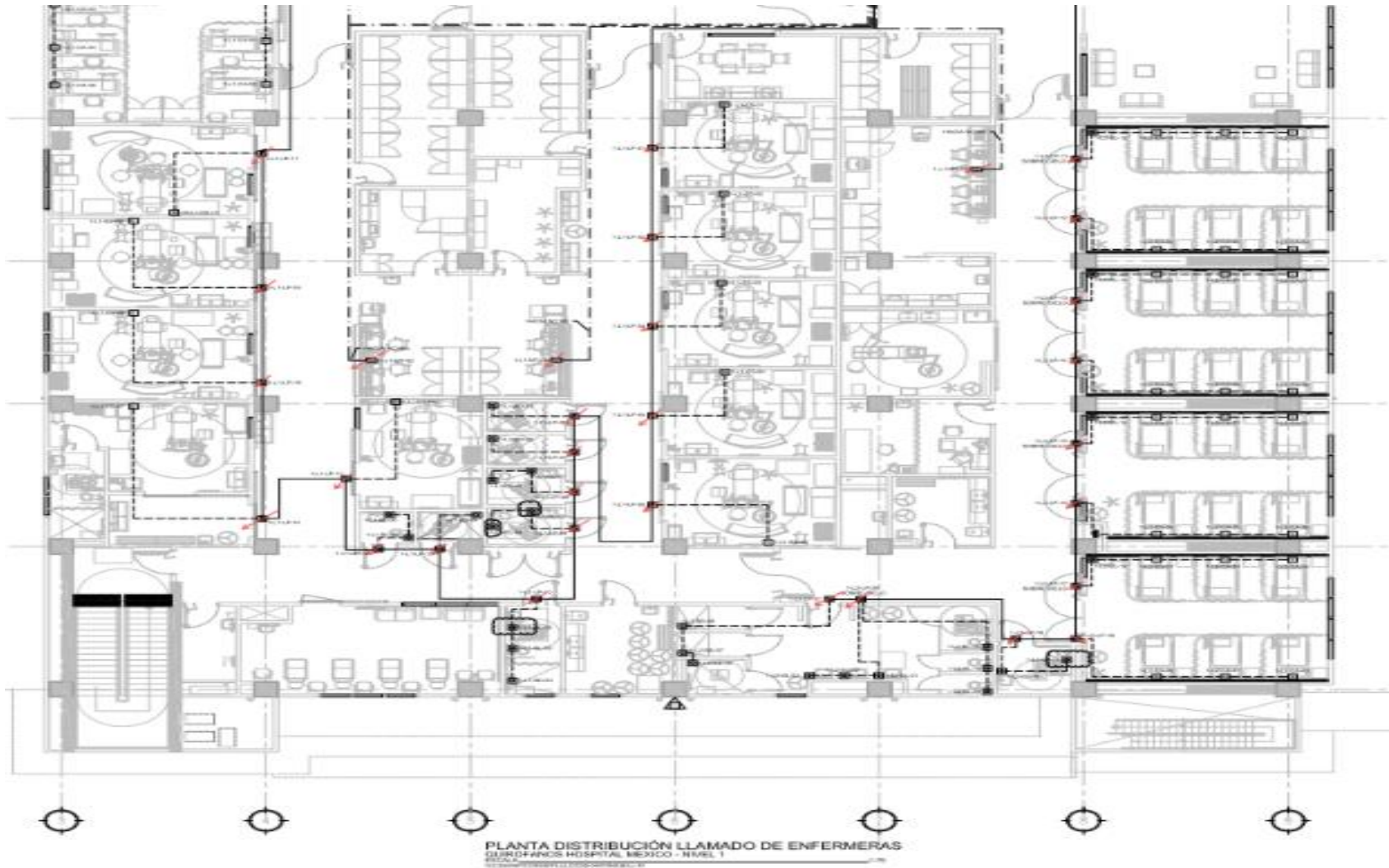


Figura 5.4: Planta de distribución nivel 1

- 035 el número que se encuentra de tercero de izquierda a derecha, indica específicamente en que recinto se encuentra el equipo como se observa en la figura 5.5.

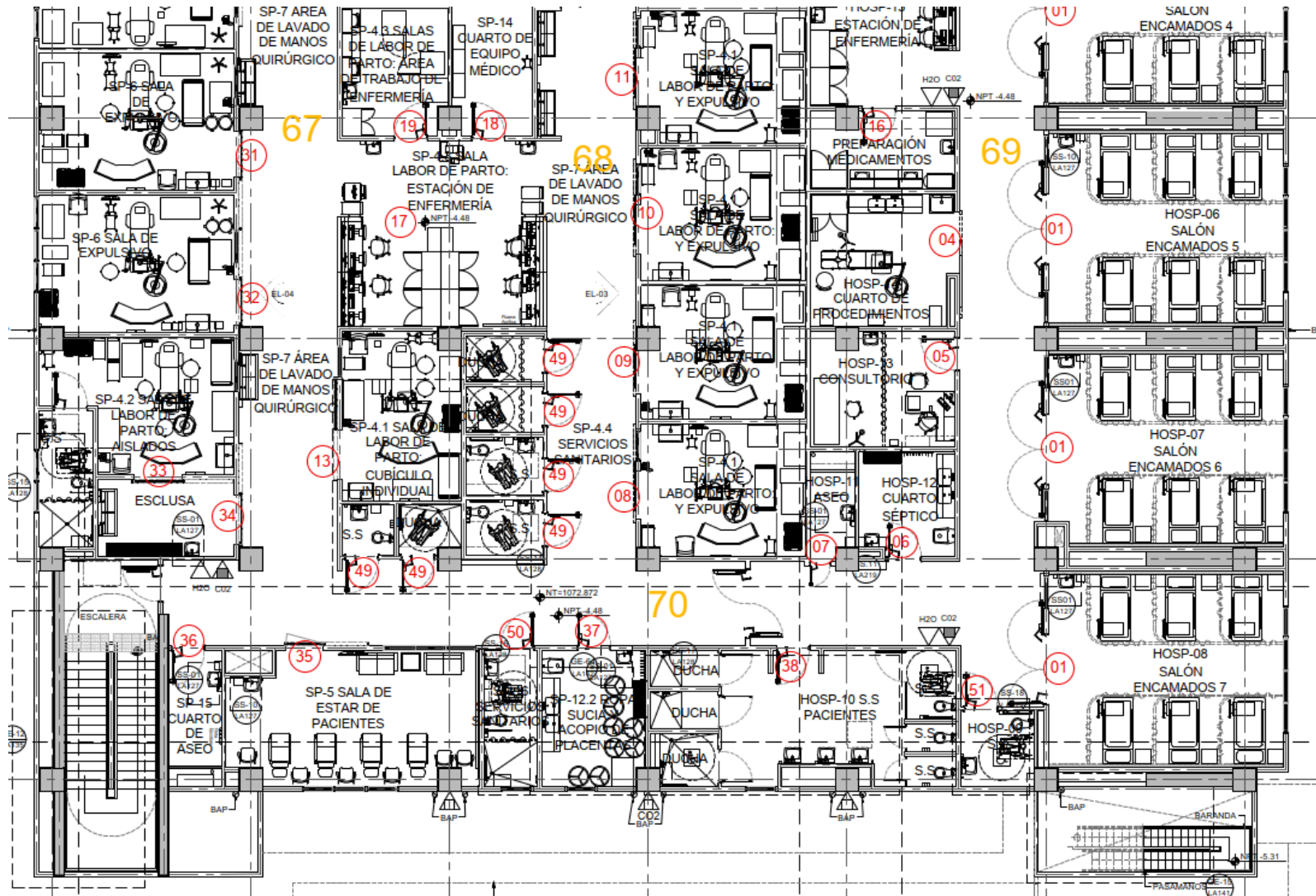


Figura 5.5: Planta de distribución con números de ubicaciones

Con el ejemplo anterior, es posible ubicar cualquier equipo que se localiza en la sala de estar del primer nivel del edificio del CISOP.

Cabe aclarar que en el inventario realizado hay equipos que son muy numerosos, por ejemplo, las luminarias, los tomacorrientes y los accesorios del sistema de llamado de enfermeras, por lo que se optó por indicar la cantidad total de estos dispositivos por nivel.

Se proporciona un inventario de todos los equipos y se verificará la siguiente información para cada activo del inventario:

- Nombre (descripción).
- Código de ubicación.
- Modelo.
- Marca.

En este trabajo no se realiza el análisis de la condición actual de cada uno de los equipos ya que, por ser un proyecto nuevo, no mayor a dos años de haber sido construido, los equipos son nuevos, están en garantía y se encuentran en buenas condiciones.

A continuación, se presenta la tabla 5.2 que contiene el inventario obtenido a partir del levantamiento de la información de los equipos.

Tabla 5. 2: Lista de Equipos.

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
1	Compresor Aire Medico	Gases Médicos	1	Beacon Medaes	SAS15T-200V-TCDY	B-S-006
2	Bomba de Vacío	Gases Médicos	1	Beacon Medaes	VLS10T-200V-TCD-TPX	B-S-006
3	Planta de evacuación de gases	Gases Médicos	1	Beacon Medaes	4107109223	B-S-007
4	Compresor Libre de Aceite Eviro Aire S5	Gases Médicos	1	Gardner Denver	HENVS5D-8-M	B-S-005
5	Calentador de Agua 285000BTU	Sistema agua caliente	1	Lochinvar	Armor AWL286PM	B-S-005
6	Calentador de Agua 285000BTU	Sistema agua caliente	1	Lochinvar	Armor AWL286PM	B-S-005
7	Generador de Agua Caliente Solar	Eléctrico	1	Lochinvar	SWG0940	B-S-005

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
8	Generador Diesel de 450KW	Eléctrico	1	Cummins	DFEJ 450KW	B-PB-010
9	Generador Diesel de 450KW	Eléctrico	1	Cummins	DFEJ 450KW	B-PB-010
10	Transferencia Automática de 150A	Eléctrico	1	Cummins	BTPC150	B-S-007
11	Transferencia Automática de 225A	Eléctrico	1	Cummins	BTPC225	B-S-007
12	Transferencia Automática de 225A	Eléctrico	1	Cummins	BTPC225	B-S-007
13	Transferencia Automática de 600A	Eléctrico	1	Cummins	BTPC600	B-S-007
14	Transformador Tipo Pedestal de 1000kVA	Eléctrico	1	COOPER	002RP13KJN A	B-PB-010
15	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-1-003
16	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-1-015
17	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-1-017
18	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-1-029
19	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-2-032
20	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-2-033
21	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-2-069
22	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-3-018
23	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	1	Telligence	NGTDSPA-H	B-3-032
24	Luz de Techo 4 Secciones/ 2 Salidas	Llamado de enfermeras	43	Telligence	NUDL4S-H	B-1
25	Luz de Techo 4 Secciones/ 2 Salidas	Llamado de enfermeras	32	Telligence	NUDL4S-H	B-2
26	Luz de Techo 4 Secciones/ 2 Salidas	Llamado de enfermeras	29	Telligence	NUDL4S-H	B-3
27	Módulo de Comunicación por Voz	Llamado de enfermeras	52	Telligence	NUSPM-HU	B-1
28	Módulo de Comunicación por Voz	Llamado de enfermeras	40	Telligence	NUSPM-HU	B-2
29	Módulo de Comunicación por Voz	Llamado de enfermeras	25	Telligence	NUSPM-HU	B-3
30	Módulo de llamada con 3 Botones	Llamado de enfermeras	64	Telligence	NUDM3-HU	B-1

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
31	Módulo de llamada con 3 Botones	Llamado de enfermeras	59	Telligence	NUDM3-HU	B-2
32	Módulo de llamada con 3 Botones	Llamado de enfermeras	25	Telligence	NUDM3-HU	B-3
33	Estación de cordón	Llamado de enfermeras	43	Telligence	NUPC3-HU	B-1
34	Estación de cordón	Llamado de enfermeras	8	Telligence	NUPC3-HU	B-2
35	Estación de cordón	Llamado de enfermeras	6	Telligence	NUPC3-HU	B-3
36	Switch de Comunicación	Llamado de enfermeras	2	Telligence	NGCISCO8-H	B-2-074
37	Estación Gateway	Llamado de enfermeras	2	Telligence	NGGTWY2-H	B-2-074
38	Punta Franklin de 1/2"x24"	Eléctrica	30	LPS	331BT	B-AZO-01
39	Contador de Eventos	Eléctrica	1	LPS	Comptair	B-PB-07
40	UPS de 50kVA	Eléctrica	1	APC	GVSUPS50KFS	B-PB-004
41	UPS de 50kVA	Eléctrica	1	APC	GVSUPS50KFS	B-1-057
42	UPS de 60kVA	Eléctrica	1	APC	GVSUPS60KGS	B-2-073
43	UPS de 60kVA	Eléctrica	1	APC	GVSUPS60KGS	B-3-063
44	Bomba Vertical Multietapa	Sistema de bombeo de agua	1	Goulds	15SV5G	B-S-008
45	Bomba Vertical Multietapa	Sistema de bombeo de agua	1	Goulds	15SV5G	B-S-008
46	Variador de Frecuencia	Sistema de bombeo de agua	1	ITT	K03552A04	B-S-008
47	Variador de Frecuencia	Sistema de bombeo de agua	1	ITT	K03552A04	B-S-008
48	Porta filtro No Metálico de Alto Flujo	Sistema de bombeo de agua	1	Big Bubba	BBH-150	B-S-008
49	Porta filtro No Metálico de Alto Flujo	Sistema de bombeo de agua	1	Big Bubba	BBH-150	B-S-008
50	Porta filtro No Metálico de Alto Flujo	Sistema de bombeo de agua	1	Big Bubba	BBH-150	B-S-008
51	Porta filtro No Metálico de Alto Flujo	Sistema de bombeo de agua	1	Big Bubba	BBH-150	B-S-008
52	Bomba turbina Vertical	Supresión de incendio a base de agua	1	AC Fire Pump	FP12CHC	B-CM-001
53	Motor Diesel	Supresión de incendio a base de agua	1	Clarke	JU6H-UFM0	B-CM-001

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
54	Panel de Control	Supresión de incendio a base de agua	1	Eaton	FD-120	B-CM-001
55	Bomba Jockey	Supresión de incendio a base de agua	1	Goulds	20S19	B-CM-001
56	Panel de Control	Supresión de incendio a base de agua	1	Eaton	XTJP	B-CM-001
57	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	26	Simplex	4098-9714	B-S
58	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	17	Simplex	4098-9715	B-PB
59	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	125	Simplex	4098-9716	B-1
60	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	194	Simplex	4098-9717	B-2
61	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	136	Simplex	4098-9718	B-3
62	Detector de Gas	Detección y alarma de incendio	2	Macurco	GD-2A	B-S-005
63	Estación Manual Direccionable	Detección y alarma de incendio	2	Simplex	4099-9006	B-S
64	Estación Manual Direccionable	Detección y alarma de incendio	2	Simplex	4099-9007	B-PB
65	Estación Manual Direccionable	Detección y alarma de incendio	14	Simplex	4099-9008	B-1
66	Estación Manual Direccionable	Detección y alarma de incendio	16	Simplex	4099-9009	B-2
67	Estación Manual Direccionable	Detección y alarma de incendio	17	Simplex	4099-9010	B-3
68	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	5	Simplex	4906-9251	B-S
69	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	2	Simplex	4906-9252	B-PB
70	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	13	Simplex	4906-9253	B-1
71	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	20	Simplex	4906-9254	B-2
72	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	16	Simplex	4906-9255	B-3
73	Panel de Incendio 4100ES	Detección y alarma de incendio	1	Simplex	4100-9121	B-S-002
74	Anunciador Remoto	Detección y alarma de incendio	1	Simplex	4603-9101	B-PB-013
75	Anunciador Remoto	Detección y alarma de incendio	1	Simplex	4603-9101	B-1-015

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
76	Anunciador Remoto	Detección y alarma de incendio	1	Simplex	4603-9101	B-2-045
77	Anunciador Remoto	Detección y alarma de incendio	1	Simplex	4603-9101	B-3-018
78	Salida para Aire Medico Pared	Gases médicos	1	AMICO	O-CHWAL-SU-AIR	B-2-050
79	Salida para Vacío Medico Pared	Gases médicos	1	AMICO	O-CHWAL-SU-VAC	B-2-050
80	Salida para Oxigeno Medico Pared	Gases médicos	1	AMICO	O-CHWAL-SU-OXY	B-2-050
81	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-SV	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F3EE GC6ES	B-S-007
82	Transformador Seco 112,5 kva 480/208 TX-CR2B	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F12C UEEES	B-PB-005
83	Transformador Seco 15 kVA 480/208 TX-M2P	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F15E EGCUES	B-1-057
84	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-CRPA	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F45E EGCUES	B-1-057
85	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NPA	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F45E EGCUES	B-1-057
86	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-DHR34	Eléctrico	1	SQUARE Q	QGHG52460 1	B-2-073
87	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-DH12	Eléctrico	1	SQUARE Q	QGHG52460 2	B-2-073
88	Transformador Seco 15 kVA 480/208 TX-M2Q	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F15E EGCUES	B-2-073
89	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NQA	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F45E EGCUES	B-2-073
90	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-CRQ1A	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F30E EGCUES	B-2-073
91	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-CRREC	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F30E EGCUES	B-2-073
92	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NREC	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	V48M28F45E EGCUES	B-2-073
93	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NUCI	Eléctrico	2	Eaton Eléctrica	V48M28F45E EGCUES	B-3-063
94	Tablero de potencia RC2-B-S-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007
95	Tablero de potencia RC1-B-S-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007
96	Tablero de potencia RC1-B-S-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-S-007
97	Tablero de potencia RC2-B-S-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-S-007
98	Tablero de potencia SH-B-S-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
99	Tablero de potencia X-B-S-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL4	B-S-007
100	Tablero de potencia X-B-S-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-S-007
101	Tablero de potencia N-B-S-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007
102	Tablero de potencia N-B-S-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007
103	Tablero de potencia N-B-S-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-S-007
104	Tablero de potencia X-B-PB-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-PB-005
105	Tablero de potencia N-B-PB-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-PB-005
106	Tablero de potencia RC2-B-PB-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-PB-005
107	Tablero de potencia RC2-B-PB-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-PB-005
108	Tablero de potencia X-B-1-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-1-057
109	Tablero de potencia X-B-1-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
110	Tablero de potencia RC1-B-1-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
111	Tablero de potencia N-B-1-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-1-057
112	Tablero de potencia N-B-1-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
113	Tablero de potencia N-B-1-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
114	Tablero de potencia RC2-B-1-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
115	Tablero de potencia RC2-B-1-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
116	Tablero de potencia RC2-B-1-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
117	Tablero de potencia RC2-B-1-4	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
118	Tablero de potencia SH-B-1-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
119	Tablero de potencia RC1-B-1-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-1-057
120	Tablero de potencia X-B-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-2-073
121	Tablero de potencia X-B-2-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
122	Tablero de potencia X-B-2-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-2-073
123	Tablero de potencia N-B-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
124	Tablero de potencia N-B-2-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
125	Tablero de potencia N-B-2-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
126	Tablero de potencia N-B-2-4	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
127	Tablero de potencia N-B-2-5	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-2-073
128	Tablero de potencia RC1-B-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
129	Tablero de potencia RC1-B-2-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-2-073
130	Tablero de potencia RC1-B-2-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
131	Tablero de potencia RC1-B-2-4	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-2-073
132	Tablero de potencia RC2-B-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
133	Tablero de potencia RC2-B-2-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
134	Tablero de potencia RC2-B-2-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-2-073
135	Tablero de potencia SH-B-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-2-073
136	Tablero de potencia RC1-A-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	A-2-034
137	Tablero de potencia N-1-2-5	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	A-2-034
138	Tablero de potencia N-1-2-6	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	A-2-034
139	Tablero de potencia SH-A-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	A-2-034
140	Tablero de potencia RC2-A-2-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	A-2-034
141	Tablero de potencia RC2-B-3-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
142	Tablero de potencia RC2-B-3-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-3-063
143	Tablero de potencia RC2-B-3-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
144	Tablero de potencia RC2-B-3-4	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
145	Tablero de potencia RC2-B-3-5	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
146	Tablero de potencia RC2-B-3-6	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-3-063
147	Tablero de potencia RC2-B-3-7	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
148	Tablero de potencia SH-B-3-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
149	Tablero de potencia X-B-3-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-3-063
150	Tablero de potencia N-B-3-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
151	Tablero de potencia N-B-3-2	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL1	B-3-063
152	Tablero de potencia N-B-3-3	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL3	B-3-063
153	Tablero de potencia RC1-B-3-1	Eléctrico	1	Eaton Eléctrica	PRL2	B-3-063
154	Tablero de potencia aislado de 10 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-10ECCB	B-2-019
155	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-1-025
156	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-1-026
157	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-001
158	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-002
159	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-003
160	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-004
161	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-005
162	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-006
163	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-007
164	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-011
165	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-012
166	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-013
167	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-014
168	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-015
169	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-016
170	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-017
171	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-018
172	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-019
173	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-020

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
174	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-021
175	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico	2	Bender	IX-05DA-05DA-CB	B-2-022
176	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-014
177	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-015
178	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-016
179	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-023
180	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-034
181	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-037
182	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-038
183	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-039
184	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-040
185	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-041
186	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-042
187	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-043
188	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-044
189	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-045
190	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-046
191	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-047
192	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-048
193	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-049
194	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-050
195	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-051
196	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-052
197	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-055
198	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-056

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
199	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-057
200	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico	1	Bender	IP-03DACB	B-3-059
201	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	12	Sylvania	Panel-Led-SMD-40400	B-S
202	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	27	Sylvania	Panel-Led-SMD-40400	B-PB
203	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	236	Sylvania	Panel-Led-SMD-40400	B-1
204	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	284	Sylvania	Panel-Led-SMD-40400	B-2
205	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	112	Sylvania	Panel-Led-SMD-40400	B-3
206	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	5	Sylvania	Panel-Led-SMD-50500	B-S
207	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	41	Sylvania	Panel-Led-SMD-50500	B-1
208	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	85	Sylvania	Panel-Led-SMD-50500	B-2
209	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	36	Sylvania	Panel-Led-SMD-50500	B-3
210	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	45	Sylvania	5051P-SMD610412150	B-1
211	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	62	Sylvania	5051P-SMD610412150	B-2
212	Luminaria cuadrada 4x2	Eléctrico	75	Sylvania	5051P-SMD610412150	B-3
213	Luminaria de emergencia	Eléctrico	11	Sylvania	E40	B-S
214	Luminaria de emergencia	Eléctrico	8	Sylvania	E40	B-PB
215	Luminaria de emergencia	Eléctrico	43	Sylvania	E40	B-1
216	Luminaria de emergencia	Eléctrico	50	Sylvania	E40	B-2
217	Luminaria de emergencia	Eléctrico	37	Sylvania	E40	B-3
218	Rotulo de salida	Eléctrico	4	Sylvania	E-50G SAL	B-S
219	Rotulo de salida	Eléctrico	4	Sylvania	E-50G SAL	B-PB
220	Rotulo de salida	Eléctrico	6	Sylvania	E-50G SAL	B-1
221	Rotulo de salida	Eléctrico	28	Sylvania	E-50G SAL	B-2
222	Rotulo de salida	Eléctrico	10	Sylvania	E-50G SAL	B-3
223	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	33	Singcomplex	VT4F-040-AW-40K-D02	B-S
224	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	52	Singcomplex	VT4F-040-AW-40K-D02	B-PB

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Cantidad	Marca	Modelo	Código ubicación
225	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	8	Singcomplex	VT4F-040-AW-40K-D02	B-1
226	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	12	Singcomplex	VT4F-040-AW-40K-D02	B-2
227	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	9	Singcomplex	VT4F-040-AW-40K-D02	B-3
228	Luminaria de poste	Eléctrico	13	EATON Lumark	PRV A25 D UNV T4 SA BK 7050 10K	B-PB-013
229	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	32	LEGRAND	PTTR8300PII	B-S
230	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	52	LEGRAND	PTTR8300PII	B-PB
231	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	248	LEGRAND	PTTR8300PII	B-1
232	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	312	LEGRAND	PTTR8300PII	B-2
233	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	252	LEGRAND	PTTR8300PII	B-3
234	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico	18	LEGRAND	PTTR8300PI RED	B-S
235	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico	9	LEGRAND	PTTR8300PI RED	B-PB
236	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico	280	LEGRAND	PTTR8300PI RED	B-1
237	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico	390	LEGRAND	PTTR8300PI RED	B-2
238	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico	315	LEGRAND	PTTR8300PI RED	B-3

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de Criticidad

Una vez que se generó el inventario de los equipos instalados, el siguiente paso es continuar con el análisis de criticidad de cada uno de los sistemas y componentes. Con este análisis se podrá determinar la frecuencia con la que se realizarán las rutinas de inspección preventivas, para efectos de este trabajo.

Asimismo, será una herramienta para que el centro hospitalario, una vez que se haga cargo de los equipos y de los sistemas, pueda establecer los tiempos de respuesta para la atención de fallas. En función de este análisis, se podrá decidir cómo realizar el manejo de los repuestos, cuáles van a tener en bodega, cuáles son los que están de entrega inmediata por los proveedores, así como prestar mucha atención a los partes que se tienen que traer fuera del país y que tienen tiempo de entrega de larga duración.

Para el análisis se consideraron los criterios y sus respectivos niveles, mencionados anteriormente en el apartado 3.1.3.4.

- Criterio 1: Riesgo.
- Criterio 2: Afectación.
- Criterio 3: Utilización.
- Criterio 4: Frecuencia.

Una vez que se somete al análisis cada elemento, se le catalogará en Tipo A, tipo B y tipo C, donde aquellos equipos que sean catalogados como “A” serán los que se les debe de tener mayor control con niveles altos de confiabilidad y disponibilidad. Los tipos “B” y “C” son sistemas o equipos que llevarán un control un poco más flexible, pero sin dejar de tener en cuenta, en la medida de lo posible, que deben estar disponibles la mayor parte del tiempo.

Para comprender el análisis se tomará como ejemplo el activo compresor de aire médico, que se evalúa por el primer criterio y para el que se realizan las siguientes preguntas:

- 1) ¿Si el equipo falla acarrea riesgos dañinos al personal y usuarios?
- 2) ¿Si el equipo falla acarrea riesgos menores al personal y usuarios?
- 3) ¿Si el equipo falla no produce riesgos al personal y usuarios?

De las preguntas anteriores se determina que, si el equipo falla por su ubicación y estructura trae consigo riesgos menores, por lo que según la figura 3.4, se puede seguir al siguiente criterio. Para el siguiente criterio se realizan las siguientes preguntas:

- 1) ¿Si el equipo falla provoca interrupción total del servicio?
- 2) ¿Si el equipo falla provoca interrupción parcial del servicio?
- 3) ¿Si el equipo falla hay disponibles equipos similares y no hay interrupción del servicio?

Con base a estas preguntas se determina que si el compresor de aire médico falla, el servicio se ve afectado en su totalidad, por lo que según la figura 3.4, este equipo automáticamente es clase “A”. A partir de este momento se podría omitir el análisis por los demás criterios.

Cabe resaltar que, en algunos casos, desde el primer o segundo criterio, ya se podía determinar en qué categoría iba a entrar algún equipo, por lo que se realizó el análisis completo de cada uno de los activos para tener una mejor visión de todos con respecto a este estudio.

Tabla 5. 3: Análisis de criticidad de cada equipo.

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Riesgo	Afectación	Utilización	Frecuencia	Clase
1	Compresor Aire Medico	Gases Médicos	2	1	1	3	A
2	Bomba de Vacío	Gases Médicos	2	1	1	3	A
3	Planta de evacuación de gases	Gases Médicos	2	1	1	3	A
4	Compresor Libre de Aceite Eviro Aire S5	Gases Médicos	3	2	1	3	B
5	Calentador de Agua 285000BTU	Sistema agua caliente	3	2	1	3	B
6	Generador de Agua Caliente Solar	Sistema agua caliente	3	2	2	3	C
7	Generador Diesel de 450KW	Eléctrico emergencia	1	2	2	3	A
8	Transferencia Automática	Eléctrico emergencia	1	2	2	3	A
9	Transformador Tipo Pedestal de 1000kVA	Eléctrico	3	2	1	3	B
10	Pantalla Táctil con Consola y auricular	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
11	Luz de Techo 4 Secciones/ 2 Salidas	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
12	Módulo de Comunicación por Voz	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
13	Módulo de llamada con 3 Botones	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
14	Estación de cordón	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
15	Switch de Comunicación	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Riesgo	Afectación	Utilización	Frecuencia	Clase
16	Estación Gateway	Llamado de enfermeras	3	2	1	3	B
17	Punta Franklin de 1/2"x24"	Eléctrica	2	3	3	3	C
18	Contador de Eventos	Eléctrica	2	3	3	3	C
19	UPS	Eléctrica	1	2	1	3	A
20	Bomba Vertical Multietapa	Sistema de bombeo de agua	2	2	1	3	B
21	Variador de Frecuencia	Sistema de bombeo de agua	2	2	1	3	B
22	Porta filtro No Metálico de Alto Flujo	Sistema de bombeo de agua	3	3	1	3	C
23	Bomba turbina Vertical	Supresión de incendio a base de agua	1	3	3	3	A
24	Motor Diesel	Supresión de incendio a base de agua	1	3	3	3	A
25	Panel de Control	Supresión de incendio a base de agua	1	3	3	3	A
26	Bomba Jockey	Supresión de incendio a base de agua	1	3	3	3	A
27	Panel de Control	Supresión de incendio a base de agua	1	3	3	3	A
28	Sensor de Humo Fotoeléctrico	Detección y alarma de incendio	1	2	3	2	A
29	Detector de Gas	Detección y alarma de incendio	1	2	3	3	A
30	Estación Manual Direccional	Detección y alarma de incendio	1	2	3	3	A
31	Sirena con luz estroboscópica	Detección y alarma de incendio	1	2	3	3	A
32	Panel de Incendio 4100ES	Detección y alarma de incendio	1	2	3	3	A
33	Anunciador Remoto	Detección y alarma de incendio	1	2	3	3	A
34	Salida para Aire Medico Pared	Gases médicos	1	1	3	3	A
35	Salida para Vacío Medico Pared	Gases médicos	1	1	3	3	A
36	Salida para Oxígeno Medico Pared	Gases médicos	1	1	3	3	A
37	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-SV	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
38	Transformador Seco 112,5 kva 480/208 TX-CR2B	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
39	Transformador Seco 15 kVA 480/208 TX-M2P	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
40	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-CRPA	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
41	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NPA	Eléctrico	2	2	1	3	B

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Riesgo	Afectación	Utilización	Frecuencia	Clase
42	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-DHR34	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
43	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-DH12	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
44	Transformador Seco 15 kVA 480/208 TX-M2Q	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
45	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NQA	Eléctrico	2	2	1	3	B
46	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-CRQ1A	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
47	Transformador Seco 30 kVA 480/208 TX-CRREC	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
48	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NREC	Eléctrico	2	2	1	3	B
49	Transformador Seco 45 kVA 480/208 TX-NUCI	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
50	Tablero de potencia RC2-B-S-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
51	Tablero de potencia RC1-B-S-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
52	Tablero de potencia RC1-B-S-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
53	Tablero de potencia RC2-B-S-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
54	Tablero de potencia SH-B-S-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
55	Tablero de potencia X-B-S-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
56	Tablero de potencia X-B-S-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
57	Tablero de potencia N-B-S-1	Eléctrico	3	2	1	3	B
58	Tablero de potencia N-B-S-2	Eléctrico	3	2	1	3	B
59	Tablero de potencia N-B-S-3	Eléctrico	3	2	1	3	B
60	Tablero de potencia X-B-PB-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
61	Tablero de potencia N-B-PB-1	Eléctrico	3	2	1	3	B
62	Tablero de potencia RC2-B-PB-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
63	Tablero de potencia RC2-B-PB-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
64	Tablero de potencia X-B-1-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
65	Tablero de potencia X-B-1-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
66	Tablero de potencia RC1-B-1-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
67	Tablero de potencia N-B-1-1	Eléctrico	3	2	1	3	B
68	Tablero de potencia N-B-1-2	Eléctrico	3	2	1	3	B
69	Tablero de potencia N-B-1-3	Eléctrico	3	2	1	3	B
70	Tablero de potencia RC2-B-1-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
71	Tablero de potencia RC2-B-1-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Riesgo	Afectación	Utilización	Frecuencia	Clase
72	Tablero de potencia RC2-B-1-3	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
73	Tablero de potencia RC2-B-1-4	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
74	Tablero de potencia SH-B-1-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
75	Tablero de potencia RC1-B-1-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
76	Tablero de potencia X-B-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
77	Tablero de potencia X-B-2-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
78	Tablero de potencia X-B-2-3	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
79	Tablero de potencia N-B-2-1	Eléctrico	3	2	1	3	B
80	Tablero de potencia N-B-2-2	Eléctrico	3	2	1	3	B
81	Tablero de potencia N-B-2-3	Eléctrico	3	2	1	3	B
82	Tablero de potencia N-B-2-4	Eléctrico	3	2	1	3	B
83	Tablero de potencia N-B-2-5	Eléctrico	3	2	1	3	B
84	Tablero de potencia RC1-B-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
85	Tablero de potencia RC1-B-2-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
86	Tablero de potencia RC1-B-2-3	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
87	Tablero de potencia RC1-B-2-4	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
88	Tablero de potencia RC2-B-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
89	Tablero de potencia RC2-B-2-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
90	Tablero de potencia RC2-B-2-3	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
91	Tablero de potencia SH-B-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
92	Tablero de potencia RC1-A-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
93	Tablero de potencia N-1-2-5	Eléctrico	3	2	1	3	B
94	Tablero de potencia N-1-2-6	Eléctrico	3	2	1	3	B
95	Tablero de potencia SH-A-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
96	Tablero de potencia RC2-A-2-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
97	Tablero de potencia RC2-B-3-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
98	Tablero de potencia RC2-B-3-2	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
99	Tablero de potencia RC2-B-3-3	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
100	Tablero de potencia RC2-B-3-4	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
101	Tablero de potencia RC2-B-3-5	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
102	Tablero de potencia RC2-B-3-6	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A

Ítem	Descripción	Sistema Electromecánico	Riesgo	Afectación	Utilización	Frecuencia	Clase
103	Tablero de potencia RC2-B-3-7	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
104	Tablero de potencia SH-B-3-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
105	Tablero de potencia X-B-3-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
106	Tablero de potencia N-B-3-1	Eléctrico	3	2	1	3	B
107	Tablero de potencia N-B-3-2	Eléctrico	3	2	1	3	B
108	Tablero de potencia N-B-3-3	Eléctrico	3	2	1	3	B
109	Tablero de potencia RC1-B-3-1	Eléctrico emergencia	3	1	1	3	A
110	Tablero de potencia aislado de 10 KVA	Eléctrico emergencia	1	1	1	3	A
111	Tablero de potencia aislado de 5 KVA	Eléctrico emergencia	1	1	1	3	A
112	Tablero de potencia aislado de 3 KVA	Eléctrico emergencia	1	1	1	3	A
113	Luminaria cuadrada 2x2	Eléctrico	3	3	1	2	C
114	Luminaria cuadrada 4x2 5500K	Eléctrico	3	3	1	2	C
115	Luminaria cuadrada 4x2 6000k	Eléctrico emergencia	3	1	1	2	A
116	Luminaria de emergencia	Eléctrico emergencia	3	3	1	1	B
117	Rotulo de salida	Eléctrico emergencia	3	3	1	1	B
118	Luminaria Sellada LED	Eléctrico	3	3	3	3	C
119	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color marfil	Eléctrico	2	3	3	1	C
120	Tomacorriente grado hospitalario 20A, color rojo	Eléctrico emergencia	2	1	2	1	A

Fuente: Elaboración propia

Con la tabla anterior y de la tabla del inventario, se llevó a cabo un conteo, tomando en cuenta la categoría de los equipos y se logró cuantificar cuántos de ellos de cada clase hay en el hospital, como se muestra a continuación:

- 2134 equipos clase A.
- 2121 equipos clase B.
- 32 equipos clase C.

Distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 5. 4: Desglose de equipos por piso.

	Sotano	PB	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Casa Máquinas	Azotea
Clase A	75	46	543	820	645	5	
Clase B	92	146	536	848	499		
Clase C	1	1					30

Fuente: Elaboración propia

5.4 Cronograma de inspecciones preventivas

Una parte fundamental en el programa de mantenimiento preventivo es la de definir cuándo se efectuarán las inspecciones de mantenimiento. No obstante, estas se planificaron dependiendo de la duración de las inspecciones, la cantidad de técnicos disponibles y la disponibilidad de cada uno de los equipos a intervenir.

Con base en lo anterior, se desarrolló un cronograma flexible en cuanto a los rangos de tiempos, porque ya que los técnicos también atienden las solicitudes de trabajos correctivos, es muy probable que mientras estén realizando actividades preventivas tengan que posponer momentáneamente para la atención de estas solicitudes y después continuar con las inspecciones preventivas.

En esta parte se excluyeron por completo las inspecciones diarias, debido a que dichas inspecciones sirven para identificar si los equipos o sistemas están trabajando de manera normal. Por lo general se revisa si los equipos tienen alguna alarma, se toman presiones y la temperatura y si dichas lecturas se encuentran en el rango de funcionamiento normal.

Las frecuencias se determinaron según el análisis de criticidad realizado anteriormente, es decir, la frecuencia va a depender si el sistema o equipo es tipo A, B o C, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. 5: Relación criticidad y frecuencia de mantenimientos.

Clasificación	Frecuencia
Tipo A	Trimestral
Tipo B	Semestral
Tipo C	Anual

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, la programación de los mantenimientos preventivos queda la siguiente manera:

Tabla 5. 6: Sistemas y frecuencia de mantenimientos.

Sistema	Frecuencia
Sistema de Alarma de incendio	Trimestral
Sistema de Supresión de incendio	Trimestral
Sistema de Gases médicos	Trimestral
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia	Trimestral
Iluminación y tomacorrientes de emergencia	Trimestral
Generadores	Trimestral
Transferencias automáticas	Trimestral
UPS	Trimestral
Tableros eléctricos y transformadores	Semestral
Iluminación y tomacorrientes	Semestral
Transformador de pedestal	Semestral
Sistema de llamado de enfermeras	Semestral
Calentadores de agua	Semestral
Sistema de bombeo de agua	Semestral
Generador de agua caliente solar	Anual
Pararrayos y puesta a tierra	Anual

Fuente: Elaboración propia

Aparte del criterio del nivel de criticidad se consultaron las respectivas normas que regulan a cada sistema y también se consultó a los proveedores la frecuencia mínima para realizar los mantenimientos. Esto con el propósito de no quedar fuera de lo mínimo establecido en las normas y recomendaciones de los fabricantes. Las normas o estándares consultados fueron los siguientes:

NFPA 25 para mantenimiento de sistemas fijos contra incendio.

NFPA 70B para mantenimiento para sistemas eléctricos.

NFPA 72 para para mantenimiento sistemas de alarma de incendio.

NFPA 99 para para mantenimiento de sistemas de gases médicos.

Manual ASHE de gestión de mantenimiento de centros de salud.

De la revisión de las normas antes mencionadas, se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 5. 7: Sistemas y frecuencia de mantenimientos según normas.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	NORMA
Sistema de Alarma de incendio	Semestral	NFPA 72 tabla 7-3,1
Sistema de Supresión de incendio	Semestral/ Anual	NFPA 25 tabla 8.1.1.2
Sistema de Gases médicos	1) Según recomendación del fabricante. 2) Trimestral	1)NFPA 99 5.1.14.2.2.4 2) Certificación ASSE 6000
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia	Anual	Manual ASHE, pág. 36
Iluminación y tomacorrientes de emergencia	Trimestral	Manual ASHE, pág. 40
Generadores	Trimestral	Manual ASHE, pág. 38
Transferencias automáticas	Anual	Manual ASHE, pág. 37
UPS	Semestral	NFPA 70B tabla L.1
Tableros eléctricos y transformadores	Anual	Manual ASHE, pág. 36
Iluminación y tomacorrientes		Manual ASHE, pago 40
Transformador de pedestal	Anual	NFPA 70B tabla L.1
Sistema de llamado de enfermeras	Semestral	Según recomendación del fabricante
Calentadores de agua	Cuatrimestral	Según recomendación del fabricante
Sistema de bombeo de agua	Trimestral	Manual ASHE
Generador de agua caliente solar	Anual	Según recomendación del fabricante
Pararrayos y puesta a tierra	Anual	Según recomendación del fabricante

Fuente: Elaboración propia

De la tabla expuesta anteriormente, es posible notar que el cronograma realizado en esta propuesta está dentro de lo exigen las diferentes normas e indicaciones de los fabricantes. Es importante recalcar que en las normas también se señala que la frecuencia de los mantenimientos va a depender del medio en el que se encuentran los equipos. Tal y como es el caso del edificio del CISOP que cuenta con una situación especial, ya que se acumula en los equipos mucha pelusa proveniente de la ropa que usan los funcionarios, por lo que se optó que los mantenimientos, en su mayoría, debían realizarse con mayor frecuencia o por lo recomendado en las normas.

Para el cronograma propuesto se tomó en cuenta un horario de trabajo de 7 am a 4 pm y se consideró también el tiempo del almuerzo del personal. Para eso se trató, en la medida de lo posible, no asignar labores los días lunes, ya que estos días los supervisores y técnicos aprovechan para terminar actividades pendientes que se hayan reportado durante en el fin de semana. Se tuvo también la consideración de no asignar trabajos los días feriados porque el personal técnico en esos días es reducido.

Como parte de la estrategia y para que los mantenimientos se realicen de la mejor manera, en la mayoría de los casos solo se asigna un sistema por semana, lo que permite que el personal en esa semana se enfoque en el sistema que se está revisando y se da también disponibilidad para la atención de las averías que reciban

A continuación, se muestra la propuesta del primer año de mantenimiento.

	Lunes	14/8/2023	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado
	Martes	15/8/2023	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio		Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio
	Miércoles	16/8/2023	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio		Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio
33	Jueves	17/8/2023	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio		Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio	Alarma de incendio
	Viernes	18/8/2023										
	Sábado	19/8/2023										
	Domingo	20/8/2023										
	Lunes	21/8/2023										
	Martes	22/8/2023	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio		Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio
	Miércoles	23/8/2023	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio		Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio
34	Jueves	24/8/2023	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio		Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio	Supresión de incendio
	Viernes	25/8/2023										
	Sábado	26/8/2023										
	Domingo	27/8/2023										
	Lunes	28/8/2023										
	Martes	29/8/2023	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos		Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos
	Miércoles	30/8/2023	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos		Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos
35	Jueves	31/8/2023	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos		Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos	Sistema de gases médicos
	Viernes	1/9/2023										
	Sábado	2/9/2023										
	Domingo	3/9/2023										
	Lunes	4/9/2023										
36	Martes	5/9/2023	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)		Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)	Tableros eléctricos y transformadores secos (emergencia)

	Miércoles	6/9/2023	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)		Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)
	Jueves	7/9/2023	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)		Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)	Tableros eléctricos (emergencia)
	Viernes	8/9/2023										
	Sábado	9/9/2023										
	Domingo	10/9/2023										
	Lunes	11/9/2023										
	Martes	12/9/2023	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos		Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos	Tableros eléctricos y transformadores secos
37	Miércoles	13/9/2023	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos		Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos
	Jueves	14/9/2023	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos		Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos	Tableros eléctricos
	Viernes	15/9/2023	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado	Feriado
	Sábado	16/9/2023										
	Domingo	17/9/2023										
	Lunes	18/9/2023										
	Martes	19/9/2023	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes		Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes
	Miércoles	20/9/2023	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes		Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes
	Jueves	21/9/2023	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes		Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes
	Viernes	22/9/2023	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes		Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes	Iluminación y tomacorrientes
	Sábado	23/9/2023										
	Domingo	24/9/2023										

37

38

Martes	9/4/2024	Pararrayos y puesta a tierra	Pararrayos y puesta a tierra	Pararrayos y puesta a tierra							
Miércoles	10/4/2024										
Jueves	11/4/2024										
Viernes	12/4/2024										
Sábado	13/4/2024										
Domingo	14/4/2024										

Fuente: Elaboración propia

5.5 Rutinas de Mantenimiento Preventivo

Durante la operación de los equipos es necesario realizar un monitoreo constante de las condiciones en las que se está trabajando, por lo que es necesario llevar a cabo actividades sencillas, pero de mucha importancia, como son los ajustes de partes mecánicas, verificación de niveles de aceite, temperatura de operación de los equipos, solo por mencionar algunas.

Es claro mencionar que estas inspecciones de mantenimiento preventivo se deben realizar teniendo en cuenta las averías más comunes y los componentes que están propensos a mayor desgaste. La intención de estas rutinas es hacer una lista de chequeo en la que se marque con una equis o de otra manera, en un espacio específico, para poder verificar que las tareas descritas en la rutina se realizaron.

Para la elaboración de las tareas de las rutinas propuestas en primera instancia, se recopilaron los manuales técnicos de los equipos instalados, para extraer la mayor información posible. Después de esa revisión se consultó con los servicios de post venta de los proveedores, ya que en la mayoría de los casos son representantes exclusivos en el país de cada una de las marcas de los equipos.

Una vez recopilada la información, se analizan que actividades son propias de mantenimiento preventivo y cuáles no. Y ya teniendo completa la lista de actividades se procede a darle un formato a cada una de las rutinas que contengan, aparte de las actividades a realizar y la información mínima para que su pueda llevar control histórico.

A continuación se muestran las rutinas para cada uno de los sistemas considerados en esta propuesta:

Reporte Inspección de Interruptor Automático de Transferencia

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° Serie: _____ Modelo: _____
 Amp: _____ Fases: _____ Voltaje: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Realice limpieza del equipo				
Realice limpieza del recinto				
Revise que el gabinete este en buenas condiciones y que no presente golpes				
Revise y resoque terminales de cableado de control				
Revise que los cables de potencia estén correctamente identificados				
Revise que la transferencia tenga comunicación con los demás sistemas asociados				
Reporte condiciones Irregulares en el recinto:				
Realice pruebas de operación:				

Pruebas de Operación

Tiempo Arranque de Planta _____
 Tiempo de Transferencia (N-E) _____
 Tiempo de Re-transferencia (E-N) _____
 Tiempo de Alivio _____

Normal

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____
 Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____
 Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Emergencia

A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____
 A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____
 A: _____ B: _____ C: _____

 Firma Supervisor

 Firma técnico

Reporte Inspección de intercambiador solar

Localización del Equipo: _____

Nº de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Nº de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Limpieza puntual de cada de los colectores solares.				
Revisión de estado de las cañuelas, cambiar si es necesario.				
Revisión de temperatura del tanque.				
Revisar si hay fugas en tuberías, corregir si es necesario.				
Revisión de funcionamiento de bomba de recirculación				
Revisión de estado de válvulas.				
Revisión de panel de control.				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de bombeo de agua

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Compruebe que el giro del motor sea el indicado.				
Verifique el torque de los terminales de potencia.				
Revise las protecciones térmicas y ajuste de ser necesario.				
Revise los contactores y verifique el torque de los terminales de potencia				
Verifique el funcionamiento de las luces piloto				
Revise las conexiones de puesta a tierra				
Revise el estado de las tuberías de succión y suministro				
Realice inspección general del equipo (Ruidos extraños y vibraciones)				
Realice limpieza general y organización del área del trabajo				
Verifique la presión en los filtros en la descarga, sustituya de ser necesario				
Anote la Presión en Panel				
Anote la Presión en Filtro				
Verificación de diferenciales de presión				
Realice Inspección de fugas, corrija si es necesario				
Realice inspección de sujeción de las bombas				
Realice Inspección de estado de válvulas				
Realice mediciones eléctricas				

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de cloración

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Limpieza general de los equipos				
Revisión de funcionamiento de electroválvula				
Calibración de los sensores				
Verifique que no hay fugas en tuberías				
Verifique que el panel cuente con alimentación eléctrica.				
Revisión del nivel del tanque de cloro				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de protección contra rayos y puesta a tierra

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión general del estado del contador de eventos				
Revisión de soportaría de bajantes de cable tierra.				
Ajuste o cambio de soportes de puntas				
Revise es estado de los soportes plásticos de los cables, cambie si es necesario				
Limpieza de cajas de registro y varillas de tierra.				
Medición de resistividades de mallas				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de llamado de enfermeras

Localización del Equipo: _____

Nº de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Nº de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Limpieza exterior mediante uso de espumas antiestáticas especiales.				
Revise que las consolas estén conectadas y sin alarmas.				
Revise que cada uno de los equipos cuente con su etiqueta, corrija e ser necesario.				
Revise y compruebe el estado del Gateway				
Revise y compruebe el estado del Switch de comunicación				
Realice pruebas de funcionamiento.				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección transformador de pedestal

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Limpieza general del equipo				
Revisión de golpes y estado de la pintura				
Revise y anote la temperatura del transformador				
Revise y anote la presión del Transformador				
Revise y anote el nivel de aceite del transformador				
Termografía				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección transformadores secos

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Inspeccione y reporte el estado del gabinete y tapa				
Inspeccione y reporte el estado de las terminaciones (Canalizaciones)				
Verifique la limpieza en el interior del gabinete, corrija si es necesario				
Inspeccione si hay presencia de cables o terminales deteriorados				
Verifique que los transformadores estén debidamente aterrizados				
Mediciones de voltajes y amperajes				

MEDICIONES ELÉCTRICAS

	A-N	B-N	C-N	A-B	B-C	C-A	A	B	C	N	T
Entrada											
Salida											

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de iluminación

Localización del Equipo: _____

Nº de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Nº de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Corroborar que todas las luminarias encienden				
Verificar funcionamiento de luminarias de emergencia				
Verificación de etiquetas				
Revisión visual del estado físico de las luminarias				
Revisión de sensores de movimiento y apagadores				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Tomacorrientes

Localización del Equipo: _____

Nº de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marcas: _____ Nº de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión física del estado de los dispositivos				
Verificar sujeción firme de la placa				
Verificación de polaridad				
Verificación de etiquetas				
Medición de tensiones (tomas especiales)				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de supresión de incendio

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Inspección visual de los cableados eléctricos.				
Compruebe que no existan vibraciones excesivas.				
Compruebe que no exista calentamiento excesivo en sus componentes.				
Compruebe el funcionamiento de las alarmas de control.				
Comprobar el estado de las baterías.				
Compruebe es estado del filtro de combustible y reemplace de ser necesario.				
Compruebe es estado del filtro de toma aire y reemplace de ser				
Revise el nivel del tanque de combustible y reportar si es neces-				
Compruebe el estado del sistema de enfriamiento y revise los				
Compruebe el estado del sistema eléctrico, realice resoque y				
Compruebe el estado del filtro de aceite y reemplace si es neces-				
Compruebe el estado y funcionamiento del cargador de baterías.				
Compruebe el estado y funcionamiento del calentador de cami-				
Compruebe el estado de la placa de la base.				
Compruebe el estado de la tubería de descargas y válvulas aso-				
Compruebe el funcionamiento de bomba jockey.				
Realizar pruebas de funcionamiento de la bomba.				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección tubería accesorios sistema contra incendio

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marcas: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Inspeccionar el estado y funcionamiento de las válvulas de corte				
Revisar el estado de las tuberías y accesorios.				
Revisión del estado físico de los gabinetes y sus componentes				
Verificar que los gabinetes no presenten obstrucciones y estén				
Revisar el estado y funcionamiento de la cerradura del gabinete.				
Verificar rotulación de tuberías y gabinetes				
Revisión de presión de válvulas de reguladoras de los Riser				

RISER 1

Presión entrada válvula reguladora _____

Presión salida válvula reguladora _____

RISER 2

Presión entrada válvula reguladora _____

Presión salida válvula reguladora _____

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección sistema de agua caliente

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Compruebe el funcionamiento de la válvula de seguridad de sobrepresión y temperatura				
Inspección y limpieza de tubería de ventilación				
Compruebe el funcionamiento de las bombas de recirculación				
Compruebe funcionamiento de válvulas de control de gas LPG				
Compruebe el funcionamiento de manómetros de línea de gas				
Compruebe la presión del tanque de expansión				
Limpieza de panel de control				
Limpieza general del área				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección Alarma de incendio

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Verificar y consultar si se han realizado modificaciones en relación a la ultima visita, documentar si es necesario				
Comprobación general de funcionamiento y revisión de fallas y alarmas				
Revisión de baterías				
Prueba de conmutación de baterías por fallo de alimentación				
Verificar que se mantiene el espacio libre alrededor de los detectores				
Verificar que los detectores se encuentren fuera de la influencia de corrientes de aire o de condiciones atmosféricas que provoquen falsas alarmas				
Comprobar el funcionamiento de las notificaciones a terceros				
Comprobar el funcionamiento del anunciador remoto				
Comprobar el funcionamiento de las señales hacia paneles externos (Elevadores, A/C				
Comprobar el funcionamiento del sensor de gas y accionamiento de la válvula solenoide				
Limpieza de detectores y estaciones manuales				

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Tableros Eléctricos

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Modelo: _____ Voltaje : _____
 Amp: _____ Fases: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisar el estado del gabinete, cubiertas, puertas y pintura				
Revisar el estado de bisagras y llavines				
Revisar el estado de las terminaciones de tubería.				
Verificar que los cables se encuentren ordenados y en buen estado				
Verificar la limpieza del tablero y corregir de ser necesario				
Verificar que los tableros cuenten con su directorio actualizado				
Revisar presencia de cables y terminales deteriorados				
Verificar la rotulación de cables y breakers				
Revisar torque en terminales de neutro, corregir de ser necesario				
Revisar torque en terminales de tierra, corregir de ser necesario				
Revisar torque en terminales de breakers, corregir de ser necesario				
Verificar la presencia de grasa antioxidante en cables de aluminio				
Verificar que no exista calentamiento anormal en los cables (Termografía)				
Inspeccionar el estado de los supresores de transientes				
Mediciones de variables eléctricas				

Voltajes (Línea)		Voltaje (Fases) D.A		Corrientes	
V (A-B)		V(A-N)		Fase A	
V (A-C)		V(B-N)		Fase B	
V (B-C)		V(C-N)		Fase C	
		V (N-T)		Neutro	
				Tierra	

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de UPS

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Modelo: _____ Voltaje : _____
 KVA _____ Fases: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revise alarmas en display de UPS, reporte si es necesario				
Revise estado del gabinete				
Verifique el estado del cableado				
Verifique la terminaciones de las tuberías estén bien sujetas				
Revise el estado del filtro de la tapa, cambie de ser necesario				
Revise la temperatura (termografía)				
Limpieza general del equipo				
Realice prueba de carga				
Realice prueba de transferencia				
Realice mediciones de variables eléctricas				

PRUEBAS ELÉCTRICAS

	A-N	B-N	C-N	A-B	B-C	C-A	A	B	C	N	G
Entrada											
Salida											

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Generador eléctrico

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión de golpes y estado de la pintura y limpieza				
Revisión del sistema de protecciones de fallas de motor				
Revisión de sensor de nivel de refrigerante				
Revisión de sensor de presión de aceite				
Revisión de sensor de temperatura				
Revisión y limpieza de panel de control				
Revisión de nivel de aceite, rellenar si es necesario				
Revisión de nivel de refrigerante, rellenar si es necesario				
Revisión de nivel de combustible, rellenar si es necesario				
Revisión de sistema de escape (Empaques y juntas flexibles)				
Revisión del estado de las baterías				
Revisión del estado del calentador de camisas				
Revisión del estado del cargador de baterías				
Revisión de estado de fajas y mangueras				
Realice pruebas de funcionamiento				
Corrobore el ejercitador semanal				
Medición de variables eléctricas				

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Compresor de aire medico

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

 Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión del sistema eléctrico, resoque terminales				
Tome datos de horas de funcionamiento.				
Revisión de estado de poleas y fajas				
Revisión de compresores no presentes fugas de aire en los cabezotes y tuberías de conexión del compresor.				
Revisión de manómetros indicadores				
Revisión de purgas automáticas y de drenaje				
Revise que no existan ruidos anormales en el compresor				
Revisión y ajuste de presiones de salida (50-55 PSI)				
Alterne los secadores				
Revisión de estado de los filtros de aire, cambie si es necesario				
Limpieza general del equipo				
Medición de variables eléctricas en el panel de control				

 Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

 Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

 Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

 Firma Supervisor

 Firma técnico

Reporte Inspección de Compresor de vacío medico

Localización del Equipo: _____

Nº de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ Nº de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión del sistema eléctrico, resoque terminales				
Tome datos de horas de funcionamiento.				
Revisión de nivel de aceite, rellene si es necesario				
Revisión de compresores no presentes fugas de aceite				
Revisión de purgas automáticas y de drenaje				
Revisión de manómetros indicadores				
Revise que no existan ruidos anormales en el compresor				
Revisión y ajuste de presiones de salida (18-22 inHg)				
Limpieza general del equipo				
Medición de variables eléctricas en el panel de control				

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Compresor evacuación de gases

Localización del Equipo: _____ N° de reporte _____
 Nombre del equipo: _____ Hora de inicio _____ Hora Final _____
 Frecuencia: _____ Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión del sistema eléctrico, resoque terminales				
Tome datos de horas de funcionamiento.				
Revisión de purgas automáticas y de drenaje				
Revise que no existan ruidos anormales en el compresor				
Revisión de manómetros indicadores				
Revisión y ajuste de presiones de salida (18-22 inHg)				
Limpieza general del equipo				
Medición de variables eléctricas en el panel de control				

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Firma Supervisor

Firma técnico

Reporte Inspección de Compresor de aire

Localización del Equipo: _____

N° de reporte _____

Nombre del equipo: _____

Hora de inicio _____ Hora Final _____

Frecuencia: _____

Tipo de mantenimiento: _____

Marca: _____ N° de serie: _____ Modelo: _____

Inspección General

DESCRIPCION DE LA TAREA	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
Revisión del sistema eléctrico, resoque terminales				
Tome datos de horas de funcionamiento.				
Revisión de purgas automáticas y de drenaje				
Alterne los secadores				
Revise que no existan ruidos anormales en el compresor				
Revisión de manómetros indicadores				
Revisión del estado de las trapas de agua				
Revisión y ajuste de presiones de salida (105-105 PSI)				
Limpieza general del equipo				
Revise el estado de los filtros de aire, cambie si es necesario				
Medición de variables eléctricas en el panel de control				

Voltaje (Fases) A-N: _____ B-N: _____ C-N: _____

Voltajes (Línea) A-B: _____ B-C: _____ C-A: _____

Corrientes: A: _____ B: _____ C: _____

Firma Supervisor

Firma técnico

5.6 Análisis financiero

En este apartado se realizará la comparación económica, por lo que en primera instancia se considera que el personal técnico del hospital sea quien realice las actividades o tareas del plan de mantenimiento preventivo por el periodo de un año. Con estos fines en el cronograma de esta propuesta se contabilizaron las horas requeridas para cada uno de los mantenimientos de los sistemas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. 9: Lista de sistemas.

Sistema Alarma de incendio
Sistema Supresión de incendio
Sistema Gases médicos
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia
Tableros eléctricos y transformadores
Iluminación y tomacorrientes de emergencia
Iluminación y tomacorrientes
Sistema Llamado de enfermeras
Generadores
Transferencias automáticas
Transformador de pedestal
UPS
Calentadores de agua
Generador de agua caliente solar
Bombeo de agua
Pararrayos y puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del costo de la mano de obra, se toma en cuenta el salario de un técnico 1, un técnico 2 y el de un supervisor. Para el monto del salario, se consultó el índice salarial de la Caja Costarricense del Seguro Social, pero no se consideró el monto de las anualidades, debido a que no se puede asegurar que sean los mismos técnicos los que realicen los mantenimientos.

Tabla 5. 10: Costos de mano de obra.

Cargo	Salario Mensual	Costo por hora
Técnico 1	₡ 441 900,00	₡ 2 510,80
Técnico 2	₡ 463 400,00	₡ 2 632,95
Supervisor	₡ 509 400,00	₡ 2 894,32

Fuente: Elaboración propia

Para que el costo por hora de cada uno de los técnicos sea lo más preciso posible se tomaron en cuenta también los rubros de las cargas sociales que son un 26.67% que corresponde al aporte patronal a la Caja Costarricense del Seguro Social; el 8% que corresponde a la póliza de riesgo del trabajo del INS y de la cesantía un 5.12%. Al costo final de la hora se le agregó un 39.79%, con lo que los montos por hora quedan de la siguiente manera.

Tabla 5. 11: Costo de mano de obra con cargas sociales.

Cargo	Salario Mensual	Cargas sociales (39,79%)
Técnico 1	₡ 2 510,80	₡ 3 509,85
Técnico 2	₡ 2 632,95	₡ 3 680,60
Supervisor	₡ 2 894,32	₡ 4 045,97

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el costo del mantenimiento que realizará el personal del hospital sería el mostrado a continuación:

Tabla 5. 12: Costo de mantenimientos por mano de obra de técnicos.

Sistema	Cantidad de horas	Costo total técnico 1	Costo total técnico 3	Costo total supervisor	Total del costo por sistema
Sistema Alarma de incendio	108	₡379 063,51	₡ 397 504,89	₡ 43 696,48	₡ 820 264,87
Sistema Supresión de incendio	108	₡379 063,51	₡ 397 504,89	₡ 43 696,48	₡ 820 264,87
Sistema Gases médicos	108	₡379 063,51	₡ 397 504,89	₡ 43 696,48	₡ 820 264,87
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia	108	₡379 063,51	₡ 397 504,89	₡ 43 696,48	₡ 820 264,87
Tableros eléctricos y transformadores	54	₡189 531,76	₡ 198 752,44	₡ 21 848,24	₡ 410 132,44
Iluminación y tomacorrientes de emergencia	72	₡252 709,01	₡ 265 003,26	₡ 29 130,98	₡ 546 843,25
Iluminación y tomacorrientes	144	₡505 418,01	₡ 530 006,52	₡ 58 261,97	₡ 1 093 686,50
Sistema Llamado de enfermeras	36	₡126 354,50	₡ 132 501,63	₡ 14 565,49	₡ 273 421,62
Generadores	24	₡ 84 236,34	₡ 88 334,42	₡ 9 710,33	₡ 182 281,08
Transferencias automáticas	16	₡ 56 157,56	₡ 58 889,61	₡ 6 473,55	₡ 121 520,72
Transformador de pedestal	4	₡ 14 039,39	₡ 14 722,40	₡ 1 618,39	₡ 30 380,18
UPS	28	₡ 98 275,72	₡ 103 056,82	₡ 11 328,72	₡ 212 661,26
Calentadores de agua	10	₡ 35 098,47	₡ 36 806,01	₡ 4 045,97	₡ 75 950,45
Generador de agua caliente solar	7	₡ 24 568,93	₡ 25 764,21	₡ 2 832,18	₡ 53 165,32
Bombeo de agua	10	₡ 35 098,47	₡ 36 806,01	₡ 4 045,97	₡ 75 950,45
Pararrayos y puesta a tierra	3	₡ 10 529,54	₡ 11 041,80	₡ 1 213,79	₡ 22 785,14
TOTAL					₡ 6 357 052,76

Fuente: Elaboración propia

Como contraparte de este comparativo de costos, se toman de referencia las cotizaciones que se le realizaron en su momento a la empresa electromecánica encargada de los mantenimientos, por cada uno de los proveedores de los sistemas. Cabe destacar que los costos dados por los proveedores de los sistemas son del año 2021 y se mantienen de esa manera hasta julio del 2023.

Tabla 5. 13: Costo de mantenimiento subcontratado.

Alarma de incendio	₡ 1 281 420,00
Supresión de incendio	₡ 440 700,00
Gases médicos	₡ 2 657 760,00
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia	₡ 3 970 820,00
Tableros eléctricos y transformadores	₡ 4 266 880,00
Iluminación y tomacorrientes	₡ 2 118 750,00
Llamado de enfermeras	₡ 966 150,00
Generadores	₡ 1 139 492,00
Transferencias automaticas	₡ 284 873,00
Transformador de pedestal	₡ 169 500,00
UPS	₡ 2 732 905,00
Calentadores de agua	₡ 28 815,00
Generador de agua calientete solar	₡ 794 390,00
Pararrayos y puesta a tierra	₡ 266 680,00
Bombeo de agua	₡ 190 405,00
TOTAL	₡ 21 309 540,00

Fuente: Elaboración propia

Al efectuar la comparación entre las dos tablas anteriores, se puede observar que, llevando a cabo el mantenimiento con técnicos del hospital, se tendría un costo estimado de ₡6.357.052,76 (seis millones trescientos cincuenta y siete mil cincuenta y dos con 76/100 colones), mientras que si se realizara por medio de contratos el costo sería de ₡21.309.540,00 (Veinte un millón trescientos nueve mil quinientos cuarenta colones). Por ende, entre las dos opciones hay una diferencia significativa de ₡14.284.123,27 (Catorce millones doscientos ochenta y cuatro mil ciento veinte y tres con 27/100 colones).

En la realización del análisis por el método CAUE, mencionado en el apartado 3.4 de este trabajo, se tuvo que solicitar los costos de los sistemas instalados y que son los que en esta propuesta serán sometidos a mantenimiento, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. 14: Costo inicial de sistemas electromecánicos.

Nombre del Sistema o equipo	Costo
Alarma de incendio	₪ 23 892 155,00
Supresión de incendio	₪ 69 665 630,00
Gases médicos	₪ 201 033 215,00
Tableros eléctricos y transformadores de emergencia	₪ 204 423 780,00
Iluminación y tomacorrientes	₪ 67 993 490,00
Llamado de enfermeras	₪ 110 000 000,00
Generadores	₪ 202 195 420,00
Transferencias automáticas	₪ 42 416 810,00
Transformador de pedestal	₪ 32 814 070,00
UPS	₪ 102 763 895,00
Calentadores de agua	₪ 37 758 385,00
Generador de agua calentete solar	₪ 22 349 140,00
Pararrayos y puesta a tierra	₪ 17 345 324,00
Bombeo de agua	₪ 42 667 670,00
TOTAL	₪1 177 318 984,00

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis del indicador financiero CAUE se considera lo siguiente:

- Inversión inicial = ₪ 1 177 318 984,00
- Vida Útil =10 años
- Tasa de interés= 9.21% (Se obtiene de la tasa de interés de proyectos de inversión de obra pública del Banco Central)
- Costo de periodo con mano de obra del Hospital= ₪ 6 357 052,76
- Costo de mantenimiento contratado= ₪ 21 309 540,00
- % de inflación = 3.12% (Se obtiene del promedio de la inflación interanual desde el año 2018 al 2022) Este porcentaje se agrega al monto anual de los mantenimientos contratados para que el cálculo sea lo más real posible.

Tabla 5. 15: Tabla de análisis de CAUE con mano de obra del hospital.

	Inversion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Valor de rescate
Mantenimiento Mano de obra del Hospital	-₪ 1 177 318 984,00	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	-₪ 6 357 052,76	₪ -
Valor Actual (VNA)	-₪ 1 217 745 498,30											
CAUE	₪191 489 979,26											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. 16: Tabla de análisis CAUE con subcontratos de mantenimientos.

	Inversion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Valor de rescate
Mantenimiento Contratado	-C\$ 1 177 318 984,00	-C\$ 21 309 540,00	-C\$ 21 976 528,60	-C\$ 22 664 393,95	-C\$ 23 373 789,48	-C\$ 24 105 389,09	-C\$ 24 859 887,77	-C\$ 25 638 002,25	-C\$ 26 440 471,72	-C\$ 27 268 058,49	-C\$ 28 121 548,72	C\$ -
Valor Actual (VNA)	-C\$ 1 330 169 017,52											
CAUE	C\$ 209 168 531,46											

Fuente: Elaboración propia

Al considerar la información anterior, se observa que el CAUE de la opción de mantenimiento realizado por mano de obra del hospital es de C\$191 489 979,26, y el CAUE de la opción de contratos de mantenimiento es de C\$208 861 058,82, por lo que la primera opción sería la más factible, tomando en cuenta el análisis financiero efectuado.

Cabe aclarar que el costo de las capacitaciones de mantenimiento y las charlas sobre el uso de los sistemas, están incluidos dentro del precio inicial de cada uno de esos sistemas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Conclusión 1: Para tener noción de la cantidad de activos con los que cuenta el Hospital México en el nuevo edificio del CISOP, se obtuvo como resultado que cuentan con 4287 componentes los cuales están sometidos a alguna actividad de mantenimiento. Dentro de este inventario se describe cada uno de los equipos, el fabricante, el modelo y, uno de los aspectos más importantes, su ubicación física dentro del edificio.

Conclusión 2: Por medio de análisis de criticidad realizado se puede determinar que debe prestársele mayor atención al nivel 2 del edificio, porque es el que más posee equipos tipo A y B. Además, hay que agregar que en ese sector se ubican las salas de operaciones, lo que lo convierte en términos de mantenimiento, en la zona más crítica del edificio.

Conclusión 3: Se desarrollo un cronograma de actividades donde se programaron las actividades de una manera flexible, tomando en cuenta la situación actual de cada uno de los sistemas como es el análisis de criticidad, ubicación, disponibilidad, tratando de afectar lo menos posible los servicios ofrecidos por el centro hospitalario.

Conclusión 4: Se logran recopilar los manuales de los equipos instalados, se consulta con técnicos especializados en los sistemas y con esta información se generan las rutinas de mantenimiento propuesta para este plan. Estos manuales ya cuentan con un formato que contiene la información necesaria de cada equipo o sistema que permita crear datos para análisis posteriores, y también puede servir como base para el resto de los sistemas que tienen el resto de los edificios del hospital.

Conclusión 5: En cuanto a lo económico, se puede observar que la forma más viable sería que el personal técnico del centro hospitalario sea quien realice las rutinas de mantenimiento, considerando el aspecto financiero. Pero si se toma en cuenta la parte técnica, si se realiza por contratación externa, existe la ventaja de que las tareas serían llevadas a cabo por personal especializado en cada uno de los sistemas.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que el Hospital México tome en consideración optar por la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto en este trabajo.

Se recomienda que los técnicos obtengan un mayor conocimiento sobre los equipos instalados a los que se les dará mantenimiento, por medio de talleres o charlas que, en la mayoría de los casos, los mismos proveedores de los sistemas las imparten.

Se recomienda implementar este plan de mantenimiento preventivo de una manera que se ajuste a los modelos tecnológicos actuales, mediante software especializado para la gestión de mantenimiento.

Se recomienda que para los equipos que se adquieran por parte de la institución, se tenga en cuenta agregarlos a los formatos propuestos de inventario y de análisis de criticidad.

Se recomienda, dentro de lo posible, contar con personal exclusivo para labores de mantenimiento preventivo, ya que como se mencionó anteriormente, el recurso humano existente está enfocado la mayoría del tiempo a atender averías en el edificio principal

En vista que el edificio principal del hospital también posee equipos similares a los instalados en el nuevo edificio, se recomienda tomar como base las rutinas entregadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Buelvas Díaz, C. E. (2014). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L. <http://hdl.handle.net/11619/813>
- Cuatrecasas Arbós, L. (2000). TPMr: hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción (No. 658.56/C96t). Disponible en: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=n5qUDVbPA6wC&oi=fnd&pg=PA21&dq=Cuatrecasas,+Lluis+2000+TPM:+Hacia+la+competitividad+a+trav%C3%A9s+de+la+eficiencia+de+los++equipos+de+producci%C3%B3n.+Barcelona:+PROFIT,+2010.&ots=nywXbBV6f9&sig=LqL6fZ6M35W2oL-tO-KiiCh9Bok>
- Duffua, S., Raouf, A., & Dixon, J. (2005). Planeación y control (pp. 968-18). ISBN. Disponible en: https://www.academia.edu/download/60712225/dlscib.com_sistemas-de-mantenimiento-duffua-y-otros20190926-94383-3vvxs.pdf.
- Garrido, S. G. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de santos. (p1). Disponible en: <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Organizacion+y+gestion+integral+de+mantenimiento&ots=UfDf1mpI1w&sig=y3nwcZ-rKtdrgSMxoUr-0qVsfU0>
- Garrido, S. G. (2010). Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Diaz de santos. (p1) <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=Organizacion+y+gestion+integral+de+mantenimiento&ots=UfDf1mpI1w&sig=y3nwcZ-rKtdrgSMxoUr-0qVsfU0>
- GONZÁLEZ, F.J. (2004). Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid.
- Llontop Mendoza, L. A. (2018). Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1426>.
- López López, J. J., & Castillo Padilla, E. A. (2014). Elaboración de un plan mantenimiento preventivo en las válvulas del sistema de Bypass para la empresa Zona Franca Celsia SA ESP de la ciudad Barranquilla.

Pascual, R. (2002). Gestión moderna del mantenimiento. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Disponible en:

https://www.academia.edu/download/52449284/manual_del_ingeniero_de_mantenimiento.pdf

Pauro, R. (2007). Indicadores de mantenimiento. Buenos aires: coldi.

Rivas Riffo, D. (2017). Estudio técnico y económico del reemplazo de la iluminación convencional de la Escuela de San Vicente, Talcahuano (Doctoral dissertation, Universidad Católica de la Santísima Concepción). <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/992>.

Roa Valderrama, J. (1996). Métodos y pruebas del factor preventivo en bujes transformadores interruptores y pararrayos. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/341.