

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS EN LOS EQUIPOS DE
LAVANDERIA DEL HOSPITAL REGIONAL DE CONCEPCIÓN.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero Ejecución Mecánico de
Procesos y Mantenimiento Industrial

Alumno: Sr. Gerson Illanes Molina.

Profesor Guía: Eduardo Aracena Cuellar.

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios, al cual le agradezco la oportunidad de estudiar y poder desempeñarme de buena manera en mi carrera.

A mis padres, los que siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado y guiado en cada paso que doy. A las grandes personas y amigos que pude conocer a lo largo de esta etapa y me ayudaron a crecer como estudiante y más importante aún, como persona.

RESUMEN

KEYWORDS:

AMEF, MODOS, EFECTOS, FALLAS, MANTENIMIENTO, LAVANDERIA, ANALISIS.

El Hospital Regional de Concepción, Dr. Guillermo Grantt Benavente es uno de los centros asistenciales más grandes del país, en el cual una gran cantidad de personal reciben el servicio de salud.

El mantenimiento, por ende, debe ser riguroso para poder satisfacer la necesidad de las personas y prestar la mejor atención.

En este apartado se habla acerca del mantenimiento preventivo que se realiza en las dependencias del área de lavandería, analizando los modos y efectos de fallas que se presentan en cada uno de los equipos, ya que, en los últimos años, estos han aumentado su tasa de detenciones no programadas, disminuyendo la disponibilidad y producción de ropa e indumentaria limpia para los distintos pacientes y diferentes áreas.

Se realiza este análisis con la herramienta AMEF, la que por norma UNE - EN 60812, indica el paso a paso de cómo llevarla a cabo.

Tras la realización de este análisis se dará a conocer la tasa de fallas que cada equipo presenta en el año 2016, indicando los equipos que son más críticos en cuanto a número de detenciones y fallas, para poder generar recomendaciones en el actual plan de mantenimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
RESUMEN	5
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS	10
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	11
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3 METODOLOGIA.	5
1.3.1. METODOLOGIA N°1	5
1.3.2. METODOLOGIA N°2	7
CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2.1 ANTECEDENTES.	18
2.1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA.	18
2.1.2 DPTO. DESARROLLO INDUSTRIAL.	19
2.1.3 SERVICIOS HOSPITALARIOS.	20
2.1.4 EQUIPOS CRITICOS.	21
2.1.5 Equipos Semi- Críticos	22
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
2.3 MOTIVACIÓN.	25
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	27
3.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN CENTROS CLINICOS.	29
3.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GESTION.	30
3.3 IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PACIENTE.	30
3.4 IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA GENERAL.	31
3.5 IMPACTO DEL MANTENIMIENTO EN LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS.	31
CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	37
4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL A.M.E.F (DISEÑO O PROCESO)	39

4.2	RECOLECCIÓN DE DATOS	47
4.2.1	IDENTIFICACION DE EQUIPOS.	48
4.2.2	REGISTRO FOTOGRAFICO.	49
4.3	ANALISIS GENERAL DE DETENCIONES EN LAVANDERÍA HGGB	50
4.4	TASA DE FALLAS POR EQUIPOS. (AÑO 2016)	52
4.4.1	CAUSAS DE FALLAS EN LAVADORAS.	53
4.4.2	CAUSAS DE FALLAS EN SECADORAS.	57
4.4.3	FALLA EN RODILLO PLANCHADOR.	63
4.5	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.	64
4.5.1	Lavadoras extractoras de ropa	65
4.5.2	Secadoras Industriales.	66
4.5.3	Rodillo Planchador.	66
4.6	PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL LAVANDERIA.	67
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	75
	ANEXOS	78
	ANEXO A: TABLAS AMEF LAVADORAS EXTRACTORAS DE ROPA.	80
	ANEXO B: TABLA AMEF SECADORAS.	84
	ANEXO C: TABLA AMEF RODILO PLANCHADOR.	88
	ANEXO D: PAUTA DE REGISTRO MANTENIMIENTO CORRECTIVO.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Proceso de la Productividad	31
Figura 3.2 Costos de tipos de mantenimiento con relación al tiempo.	34
Figura 4.1 Orden de Amef.....	46
Figura 4.2 Lavadoras Extractoras de Ropa	49
Figura 4.3 Secadoras de Ropa	49
Figura 4.4 Rodillo Secador de Ropa.....	49
Figura 4.5 Detenciones generales Lavandería.....	51
Figura 4.6 Detenciones Lavadora N°1	53
Figura 4.7 Detenciones Lavadora N°2.....	54
Figura 4.8 Detenciones Lavadora N°3.....	55
Figura 4.9 Detenciones Lavadora N°4.....	56
Figura 4.10 Detenciones Secadora N°1	57
Figura 4.11 Detenciones Secadora N°2	58
Figura 4.12 Detenciones secadora N°3.....	59
Figura 4.13 Detenciones Secadoras N°4.....	60
Figura 4.14 Detenciones Secadora N°7	61
Figura 4.15 Detenciones Secadora N°8	62
Figura 4.16 Detenciones Rodillo Planchador.....	63
Figura 4.17 Check list – Lavadora.....	67
Figura 4.18 Check list – Secadoras.....	68
Figura 4.19 Check list - Rodillo planchador	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Criterio de Grados de Severidad	42
Tabla 4-2 Criterios Grado de Ocurrencia	43
Tabla 4-3 Criterios De Grado De Detección.....	44
Tabla 4-4 Número de Fallas en Lavandería.....	47
Tabla 4-5 Identificación de Equipos.....	48
Tabla 4-6 Detenciones Equipos de lavandería	50
Tabla 4-7 Fallas lavadora N°1	53
Tabla 4-8 Detenciones Lavadora N°1	Error! Bookmark not defined.
Tabla 4-9 Fallas Lavadora N°2	54
Tabla 4-10 Fallas Lavadora N°3	55
Tabla 4-11 Fallas Lavadora N°4	56
Tabla 4-12 Detenciones Lavadora N°4	Error! Bookmark not defined.
Tabla 4-13 Fallas Secadora N°1	57
Tabla 4-14 Fallas Secadora N°2.....	58
Tabla 4-15 Fallas Secadora N°3.....	59
Tabla 4-16 Fallas Secadora N°4.....	60
Tabla 4-17 Fallas Secadoras N°7	61
Tabla 4-18 Fallas Secadora N°8.....	62
Tabla 4-19 Fallas Rodillo Planchador	63

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS:

AMEF: Análisis de Modos y Efecto de Fallas.
KPI: Indicador Clave de Rendimiento.
HGGB: Hospital Dr. Guillermo Grantt Benavente.
MCC: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
NPR: Número de Prioridad de Riesgo.
S: Grado de Severidad
O: Grado de Ocurrencia
D: Grado de Detección

SIMBOLOGIA:

[Hp]: Caballos de fuerza.
[mm]: Milímetros.
[m]: Metros.
[Kg]: Kilogramos.
[°C]: Grados Celsius, Centígrado.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la revolución industrial hasta la fecha, el concepto de mantenimiento ha estado presente a lo largo de los años, variando sus formas de aplicaciones gracias al avance de la tecnología y estudios en diversas áreas de procesos.

Cada proceso, maquina o herramienta necesita ser acudida por un plan de mantenimiento específico, debido a las distintas formas de trabajos y esfuerzos a las que son sometidas, cubriendo las necesidades de sus parámetros y elementos, desde lo más simple hasta lo más complejo, haciendo que la disponibilidad del activo sea la mayor posible evitando perdidas de materiales, insumos, dinero y hasta vidas humanas.

En el Hospital Regional de Concepción Dr. Guillermo Grantt Benavente existen muchos procesos industriales los cuales son asistidos obligatoriamente por planes de mantenimiento para su correcto funcionamiento, desde procesos asociados solo con el funcionamiento del recinto, como sistema de calefacción, ascensores, distribución de aguas, etc., hasta los que son netamente ligados a la salud de los pacientes.

En este documento se analizará uno de los tantos procesos que en el recinto hospitalario existen, el que corresponde al lavado de los distintos tipos de prendas e indumentarias que se utilizan en el hospital.

En esta área de lavandería se han detectado fallas ocurrentes de forma aleatoria, las cuales provocan que los equipos se detengan y haya una menor productividad al momento de entregar el recurso, en este caso, ropa limpia.

En este documento se realizará un estudio de los modos y efectos de fallas mediante la herramienta AMEF (análisis de modos y efectos de fallas), el cual consiste en analizar de forma técnica una serie de fallas, obteniendo cuales son las causas y efectos que producen en los equipos del proceso de lavado del Hospital Regional, con el fin de obtener información de ellas para la posterioridad y generar además recomendaciones a los encargados del mantenimiento preventivo para poder evitarlas en el mejor de los casos o repararlas de forma rápida y eficaz, con esto disminuyendo la tasa de detenciones que existe en los equipos y aumentando su disponibilidad.

1.2 **OBJETIVOS**

1.2.1. Objetivo general

Elaborar un estudio técnico de los modos de fallas que se presentan en los equipos del área de Lavandería en el Hospital Regional Dr. Guillermo Grantt Benavente.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar tasa de fallas de los equipos comprometidos en el sector de lavandería.
- Realizar un levantamiento de los modos de falla calificando la severidad de su efecto.
- Generar recomendaciones en el plan de mantenimiento preventivo para evaluar un posible rediseño en el actual identificando oportunidades de mejora.

1.3 METODOLOGIA.

En el siguiente apartado se hablará de cómo se resolverán los objetivos propuestos planteados en este trabajo, idealmente de una de forma ascendente o jerárquica, es de decir, de lo más general a lo particular, intentado abarcar todo de acuerdo a la problemática establecida.

En síntesis, se redactará la metodología o cuáles serán las técnicas para poder llevarlos a cabo, paso a paso.

Estas metodologías deben responder a cada objetivo específico propuesto de una forma lógica de los cuales obtendremos resultados, que serán los que podremos analizar y verificar si nuestro objetivo general se puede lograr.

1.3.1. METODOLOGIA N°1

Objetivo Específico: “Determinar tasa de fallas de los equipos comprometidos en el sector de lavandería.”

Para cumplir este primer objetivo, lo primero que se llevara a cabo es una investigación en la cual se estudiará el libro y hojas de vida de cada equipo comprometido en el proceso de lavado (Lavadoras – Secadora – Rodillo Planchador), con el fin de identificar cuáles son las fallas que provocan detenciones o retrasos en el proceso de lavado en el periodo del año 2016.

Cabe destacar que las fallas a estudiar serán solo las que ocurren de forma aleatoria y sin previo aviso, es decir, no las que se detectan en el momento de efectuarse un mantenimiento preventivo si no las que detienen el equipo de forma inesperada teniendo que ser asistidos de forma urgente por personal de mantención.

DIAGRAMA DE PARETO.

Para poder realizar un estudio de las fallas que queremos, acudiremos a una de las herramientas básicas para el control de calidad, el cual es el famoso Diagrama de Pareto, este nos permitirá analizar de mejor forma la información que recopilamos de las hojas o libro de vida de los equipos.

El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno.

El principio o regla de Pareto nos dice que, para diversos casos, el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. No son cifras exactas, pues se considera

un fundamento empírico observado por Vildredo Pareto y confirmado posteriormente por otros expertos de diversas áreas del conocimiento.

Algunos enunciados clásicos de la ley:

- El 80% del éxito proviene del 20% de tu esfuerzo
- El 80% de tu ingreso proviene del 20% de tu esfuerzo
- El 80% de los ingresos se generan con 20% de los clientes
- El 80% de las ventas se genera por el 20% de los productos

En una situación problemática:

- El 80% de “problema” se genera del 20% de “causas”

ELABORACION DIAGRAMA DE PARETO.

1. Determina la situación problemática: ¿Hay un problema? ¿Cuál es?
2. Determina los problemas (causas o categorías) en torno a la situación problemática, incluyendo el período de tiempo si es necesario.
3. Recolecta datos: Estos dependerán de la naturaleza del problema. Por ejemplo, número de defectos si analizamos averías en un producto.
4. Ordena de mayor a menor.
5. Realiza los cálculos: A partir de los datos ordenados, calculamos el total acumulado, el porcentaje y el porcentaje acumulado.
6. Graficamos las causas: El eje X lo destinamos a colocar las causas. Vamos a usar eje Y izquierdo y eje Y derecho. El izquierdo es para la frecuencia de cada causa, lo usamos para dibujarlas con barras verticales.
7. Graficamos la curva acumulada: El eje Y derecho es para el porcentaje acumulado, por lo tanto, va desde 0 hasta 100%. Lo usamos para dibujar la curva acumulada.
8. Analizamos el diagrama.

1.3.2. METODOLOGIA N°2

Objetivo Específico: “Realizar un levantamiento de los modos de falla calificando la severidad de su efecto”

Para poder llevar a cabo el segundo objetivo propuesto, el cual se basa en el estudio técnico de los modos de fallas, nos basaremos en una de las técnicas de fiabilidad de sistemas el cual lleva por nombre Análisis de modos y efectos de fallas o más conocido por su abreviación A.M.E.F, esta metodología de trabajo nos permitirá analizar cuáles son los modos de fallas que más afectan al funcionamiento de los equipos analizados, o cuales de los subsistemas son los más críticos de acuerdo al tipo de falla que presentan. Se analiza la frecuencia de estas fallas y cuáles son los riesgos que presentan al proceso y los operarios que están a cargo de la labor.

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

¿Para qué tener un método documentado de prevención?

Una de las ventajas potenciales del AMEF, es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones.

OBJETIVOS PRINCIPALES DEL AMEF

- Identificar los modos de falla potenciales, y calificar la severidad de su efecto.
- Evaluar objetivamente la ocurrencia de causas y la habilidad de los controles para detectar la causa cuando ocurre.
- Clasifica el orden potencial de deficiencias de producto y proceso.
- Se enfoca hacia la prevención y eliminación de problemas del producto y proceso

VENTAJAS POTENCIALES

Este procedimiento de análisis tiene una serie de ventajas potenciales significativas, por ejemplo:

- Identificar las posibles fallas en un producto, proceso o sistema.
- Conocer a fondo el producto, el proceso o el sistema.
- Identificar los efectos que puede generar cada falla posible.
- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Identificar las causas posibles de las fallas.
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y defectibilidad.
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Generar Know-how.
- Considerar la información del AMEF como recurso de capacitación en los procesos.

TIPOS DE AMEF.

El procedimiento AMEF puede aplicarse a:

Productos:

El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.

Procesos:

El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.

Sistemas:

El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento.

Otros:

El AMEF puede aplicarse a cualquier proceso en general en el que se pretendan identificar, clasificar y prevenir fallas mediante el análisis de sus efectos, y cuyas causas deban documentarse.

IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA

El AMEF es un procedimiento que enriquece a las organizaciones, de manera que considerar implementarlo no requiere de condiciones específicas de las operaciones. Sin embargo, pueden detectarse situaciones en los cuales el AMEF es una herramienta vital de soporte, por ejemplo:

- Al diseñar un nuevo producto o servicio
- Cuando se rediseñar o implementar nuevos procesos de producción
- Durante el establecimiento de los mantenimientos preventivos
- Si se determina que un proceso es complicado de llevar a cabo
- En los procesos administrativos y de documentación
- Al recabar información del producto o servicio
- Cuando el cliente exija una mejora (siendo este más un proceso correctivo que preventivo)

APLICACIONES AMEF

El AMFE es un método que se adapta principalmente al estudio de fallos de materiales y equipos y que puede aplicarse a categorías de sistemas basadas en diferentes tecnologías (eléctrica, mecánica, hidráulica, etc.) y combinaciones de las mismas o puede ser específico para piezas particulares del equipo, para sistemas o para proyectos en conjunto.

El AMFE también debería incluir consideraciones del software y de las actuaciones humanas cuando sean relevantes para la confiabilidad del sistema. Un AMFE puede ser un estudio de aplicación general para estudiar varios procesos (médico, laboratorio, fabricación, desarrollo, educacional, etc.) que normalmente toma el nombre de AMFE de Proceso o AMFEP. Cuando se realiza un AMFE de proceso, siempre se hace atendiendo a la meta final o al objetivo de un proceso y entonces considera cada paso dentro de ese proceso como un elemento potencial que puede producir un resultado desfavorable para los otros pasos en el proceso o para el objetivo final del mismo.

Aplicación dentro de un proyecto

El usuario debería determinar cómo y para qué se utiliza el AMFE dentro de su propia disciplina técnica. Puede usarse de forma exclusiva o para complementar y apoyar otros métodos de análisis de fiabilidad. Los requisitos para el AMFE se originan en la necesidad de entender el comportamiento del hardware y sus implicaciones para la

operación del sistema o equipo. La necesidad del AMFE puede variar ampliamente de un proyecto a otro.

El AMFE da soporte a la revisión de diseño y debería iniciarse lo más pronto posible en el periodo de diseño del sistema y del subsistema. El AMFE es aplicable a todos los niveles de diseño del sistema, pero es más apropiado para niveles más bajos donde está implicado un mayor número de elementos o la funcionalidad es compleja. Es esencial la formación especial del personal que realiza AMFE y debe haber una colaboración estrecha con los ingenieros y diseñadores del sistema. El AMFE debería actualizarse a medida que progresa el proyecto y se modifican los diseños. Al final del proyecto, el AMFE se utiliza para verificar el diseño y puede ser esencial para la demostración de conformidad de un sistema diseñado conforme a las normas, reglamentos y requisitos de usuario requeridos.

La información proporcionada por el AMFE identifica las prioridades para el control estadístico del proceso, muestreo y pruebas de inspección durante la fabricación e instalación y para las pruebas de calificación, aprobación, aceptación y puesta en marcha. Proporciona información esencial para los procedimientos de diagnóstico y mantenimiento que se incluyen en los manuales.

Para tomar una decisión de la magnitud y la forma en la que debería aplicarse el AMFE a un elemento o diseño, es importante considerar los objetivos específicos para los que se necesitan sus resultados, la sincronización con otras actividades y la importancia de establecer un grado predeterminado de sensibilidad y control sobre los modos de fallo y efectos no deseados. Esto lleva a la planificación del AMFE en términos cualitativos a niveles especificados (sistema, subsistema, componente, elemento) en relación con el proceso iterativo de diseño y desarrollo.

Para asegurar que es eficaz, debería establecerse claramente el lugar del AMFE en el programa de confiabilidad, junto con el tiempo, la mano de obra y otros recursos necesarios para hacerlo eficaz. Es vital que el AMFE no se abrevie para ahorrar tiempo y dinero. Si el tiempo y el dinero se recortan el AMFE debería concentrarse en las partes del diseño que son nuevas o se usan de forma novedosa. El AMFE puede dirigirse de forma rentable a áreas identificadas como cruciales por otros métodos de análisis.

Aplicación a un proceso.

Cuando se prepara para un proceso, la realización del AMFEP requiere lo siguiente:

Una definición clara de los objetivos del proceso. Cuando un proceso es complejo, su objetivo puede redefinirse como el objetivo global o el producto del proceso, objetivo o producto de un conjunto de secuencias o pasos del proceso y producto de un paso individual del proceso;

- a) Entender los pasos individuales en el proceso;
- b) Entender los defectos potenciales en cada paso del proceso;
- c) Entender el efecto que cada defecto individual (fallo potencial) puede tener en el producto del proceso;
- d) Entender las causas potenciales de cada uno de los defectos o potenciales fallos o averías del proceso.

Si un proceso tiene más de un producto, puede entonces analizarse teniendo en mente el producto específico; esto es, se realiza un AMFEP para productos individuales. El proceso también puede analizarse en términos de sus pasos y los resultados potenciales desfavorables, lo que resultaría en un AMFEP generalizado para el proceso independientemente de los tipos de productos individuales.

BENEFICIOS DEL AMEF

Algunas de las aplicaciones y beneficios detallados del AMEF son:

- a) Evitar modificaciones costosas mediante la temprana identificación de deficiencias de diseño;
- b) Identificar fallos que, cuando ocurren solos o en combinación, tengan efectos inaceptables o significativos y para determinar los modos de fallo que pueden afectar seriamente al funcionamiento esperado o requerido;

NOTA I: Tales efectos pueden incluir fallos secundarios.

- c) Determinar la necesidad de métodos de diseño para la mejora de la fiabilidad (redundancia, esfuerzos operativos, fallo seguro (sin daño), selección del componente y atenuación de esfuerzos, etc.);
- d) Proporcionar el modelo lógico requerido para evaluar la probabilidad o tasa de ocurrencia de condiciones anómalas de operación del sistema en la preparación del análisis de criticidad;
- e) Revelar áreas con problemas de seguridad y responsabilidad del producto o el incumplimiento de requisitos reglamentarios;

NOTA 2: Con frecuencia, se requerirán estudios individuales para la seguridad, pero el solapamiento es inevitable y por lo tanto es muy aconsejable la cooperación.

- f) Asegurar que el programa de pruebas de desarrollo puede detectar modos de fallo potenciales;
- g) Enfocar las áreas importantes en las que concentrar el control de calidad, inspección y los controles del proceso de fabricación;
- h) Ayudar definiendo diferentes aspectos de la programación y de la estrategia general de mantenimiento preventivo;
- i) Facilitar o apoyar la determinación de criterios de ensayo, planes de ensayo y procedimientos de diagnóstico, por ejemplo: pruebas de funcionamiento, pruebas de fiabilidad;
- j) Apoyar el diseño de secuencias de aislamiento de avería y apoyar la planificación de modos alternativos de funcionamiento y reconfiguración;
- k) Proporcionar a los diseñadores una comprensión de los factores que influyen en la fiabilidad del sistema;
- l) Proporcionar un documento final que demuestre que (y en qué grado) se ha tenido cuidado para asegurar que el diseño cumplirá su especificación en servicio. (Esto es especialmente importante en el caso de la responsabilidad del producto).

LIMITACIONES Y DEFICIENCIAS.

El AMFE es sumamente eficaz cuando se aplica al análisis de elementos que causan el fallo de todo el sistema o de una función importante del mismo. Sin embargo, el AMFE puede ser difícil y tedioso en el caso de sistemas complejos que tienen múltiples funciones que implican a conjuntos diferentes de componentes del sistema. Esto es debido a la cantidad de información detallada del sistema que hay que considerar. Esta dificultad puede aumentar por la existencia de varios posibles modos de operación, así como al considerar las políticas de reparación y mantenimiento.

El AMFE puede ser un proceso laborioso e ineficaz a menos que se aplique de forma razonable. Deberían definirse los usos a los que se aplicarán posteriormente los resultados y el AMFE no debería incluirse en las especificaciones de requisitos de forma indiscriminada.

Cuando el AMFE trata de abarcar varios niveles en una estructura jerárquica puede haber complicaciones, equivocaciones y errores si se aplica redundancia en el diseño del sistema.

No puede representarse eficazmente en el AMFE, cualquier relación entre modos de fallo o causas de modos de fallo individuales o colectivos, puesto que la suposición principal de dicho análisis es la independencia de los modos de fallo. Esta deficiencia se hace más pronunciada a la vista de las interacciones entre el software y el hardware dónde no se puede aplicar el supuesto de independencia. Puede encontrarse la misma dificultad al agregar las interacciones humanas con el hardware y el modelado de sus interdependencias. La suposición de independencia puede ocultar un modo de fallo que puede tener consecuencias drásticas como resultado de otro modo de fallo, aunque cada uno de ellos de forma independiente podría tener una baja probabilidad de ocurrencia. Los escenarios de interrelación se modelan mucho mejor cuando se emplea la aproximación al análisis de modo de fallo con la herramienta de AAF (IEC 60300-3-1, Edición 2).

Es por tanto preferible que un AMFE se limite a relacionar sólo dos niveles en la estructura jerárquica. Por ejemplo, es una tarea relativamente sencilla identificar los modos de fallo de elementos y determinar sus efectos en el conjunto. Estos efectos entonces se convierten en los modos de fallo del siguiente nivel superior, por ejemplo, el módulo y así sucesivamente. Sin embargo, a menudo se llevan a cabo AMFE a múltiples niveles de forma acertada.

Una deficiencia adicional del AMFE se halla en su incapacidad para proporcionar una medida de la fiabilidad del sistema global y por la misma razón no es capaz de proporcionar ninguna medida de las mejoras o de los compromisos de diseño.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES.

2.1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA.

El Hospital Regional de Concepción, cuyo nombre completo es Hospital Clínico Regional de Concepción Dr. Guillermo Grantt Benavente, es uno de los centros de atención ambulatoria más grandes de Chile. Este atiende a las operaciones más riesgosas de la Región del Biobío.

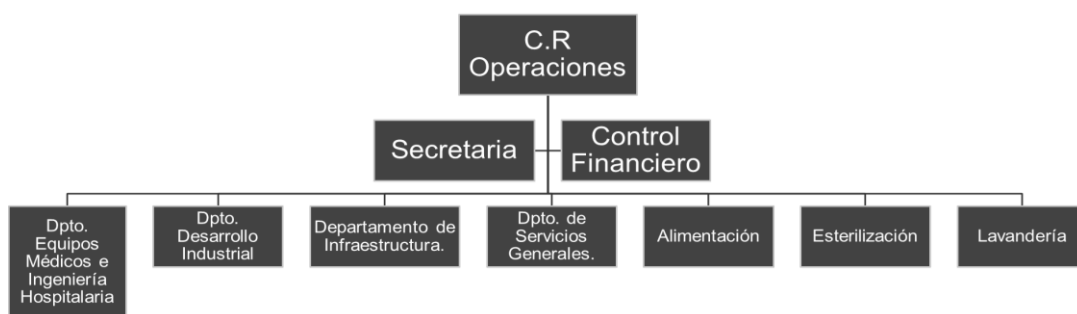
Su nombre completo se debe a uno de los más prestigiosos médicos de la ciudad, quien también fue el director del hospital durante varios años

El establecimiento se encuentra ubicado en el área centro urbano de la ciudad de Concepción, en el cuadrante conformado por las calles San Martín, Janequeo, Roosevelt y Galvarino. Su dirección es San Martín 1436 y cuenta con un total de 70.000 mt² construidos.

Dicho establecimiento cuenta con un departamento el cual se encarga de la organización y gestión de este, llamado Centro de Responsabilidades de Operaciones.

El Centro de Responsabilidad de Operaciones dentro de la Organización del Hospital, es una Área de Apoyo a las actividades propias del Servicio asistencial acorde a la estrategia de Redes Asistenciales, que responde al logro de dos objetivos:

- La autogestión de los hospitales: los cuales deben desarrollar un modelo de aplicación con la organización más adecuada para la gestión, de acuerdo a su realidad y a los recursos disponibles.
- Contar con un sistema de acreditación de hospitales a través de los CR.



El Centro de Responsabilidad de Operaciones, está compuesta por siete unidades que se despliegan de manera operativa dentro de las dependencias, apoyando de manera directa la gestión que se lleva a cabo al interior del Hospital Regional de Concepción.

El Centro de Responsabilidad está compuesto por los siguientes departamentos:

- Dpto. Equipos Médicos e Ingeniería Hospitalaria
- Dpto. Desarrollo Industrial
- Departamento de Infraestructura.

- Dpto. de Servicios Generales.
- Alimentación.
- Lavandería.
- Esterilización.

Además de un sector de secretariado y una unidad de control financiero para el C.R.

Cada unidad está compuesta por un equipo multidisciplinario capacitado para cumplir con los objetivos y requerimientos que implique el área.

2.1.2 DPTO. DESARROLLO INDUSTRIAL.

El Departamento de Desarrollo Industrial, está constituido por 3 Profesionales, 2 auxiliares y 6 operadores de Caldera.

Se mantienen convenios de mantenimiento, preventivos, predictivos y correctivos, vigentes con empresas certificadas, con el fin de mantener la confiabilidad de los equipos y costos asociados. Los planes de mantenimiento se realizan según, la disposición del equipo o fabricante, los cuales, pueden ser mensual, bimensual, semestral o trimestral.

Los equipos se clasifican según su grado de criticidad respecto al funcionamiento del Hospital.



2.1.3 SERVICIOS HOSPITALARIOS.

Como ya lo hemos mencionado, el hospital Dr. Guillermo Grantt Benavente, es uno de los más grandes recintos clínicos de salud pública de Sudamérica, albergando y atendiendo a la gran mayoría de las personas de la octava región.

Al ser este de gran tamaño existe una infinidad de equipos los cuales deben funcionar y estar en óptimas condiciones para poder brindar a los pacientes el mejor de los servicios. En los hospitales siempre se reconocen las diferentes áreas ligadas directamente a la salud, puesto que es uno de los aspectos que obviamente se debe priorizar para salvar las vidas humanas y es la esencia misma de un hospital, pero en los recintos clínicos también existen diferentes otras áreas y servicios que están por detrás de la pantalla de la medicina, las cuales también cumplen un rol fundamental para que todo el proceso clínico funcione a la perfección, con esto nos referimos como por ejemplo a las áreas de lavandería, alimentación, esterilización, infraestructura y otros servicios generales. Cada uno de estas áreas mencionadas cumplen un rol en específico para que todo marche bien en el recinto.

En este apartado se hará énfasis al área propiamente tal de lavandería puesto que la funcionalidad que desempeña no es menor en los recintos clínicos.

En este lugar es donde se procesa (lavar) ropa con la intención de eliminar todo agente ajeno a la fibra textil con la finalidad de higienizar y evitar posibles contagios por microorganismos que estén presentes o que se puedan desarrollar en la suciedad y ocasionen enfermedades.

Se presentará a continuación la jerarquía de las diferentes áreas y equipos de acuerdo a su criticidad en relación a la funcionalidad del hospital.

2.1.4 EQUIPOS CRITICOS.

El Hospital, cuenta con 2 Grupos electrógenos, marca Caterpillar y F.G Wilson de 1000 KVA, para edificios TPC y Monoblok. Dichos equipos mantienen un plan de mantenimiento mensual, con empresa Finning.

Edificio C.A.A; Cuenta con tres Grupo electrógenos de 450 KVA, marca Perkins. Plan de mantenimiento es realizado mensualmente por empresa A.R Sincronismo.

Para el sistema de calefacción, agua caliente y vapor, se disponen de dos calderas Generadoras de Vapor (Gas y Carbón) para edificio Monoblock y TPC.

El área de gases medicinales está dividida en:

- Puestos de tomas
- Bombas de Vacío
- Compresores de aire medicinal
- Estanque Criogénico de Oxígeno líquido

Equipo	Frecuencia	Empresa
Grupo electrógeno 1000 Kva	Mensual	Finning
Grupo electrógeno 450 Kva(3)	Mensual	Ar. Sincronismo
Calderas	Trimestral	Maplatterm
Bombas de Vacío	Semestral	Altofem
Compresores de aire Medicinal	Mensual	Altofem Indura
Estanque criogénico o2	bimensual	Praxair
Ascensores	Mensual	Roca
Puesto de tomas gases medicinales	Semestral	Projecta
Climatización y Refrigeración	Mensual	Servioctava Frío infinito

2.1.5 Equipos Semi- Críticos

En lavandería, esterilización y alimentación, encontramos diferentes equipamientos industriales.

Resumen Convenios de Equipos Semi - Críticos.

Equipo	Frecuencia	Área	Empresa
Lavadoras Secadoras Planchadoras	Mensual	Lavandería	Marsol
Marmitas Hornos Baño maría Despensas	Mensual	Alimentación	Servitecno del Sur
Autoclaves	Bimensual	Esterilización	I.Clinics
Esterilizador de protoxido	Trimestral		Johnson y Johnson

Funciones del Dpto. Desarrollo Industrial

- Generación de pedidos de gases clínicos.
- Suministrar gases clínicos a servicios solicitantes.
- Mantención central térmica del establecimiento (Caldera a carbón y gas).
- Reparación central térmica del establecimiento.
- Chequeo del funcionamiento de central térmica del establecimiento.
- Mantención de redes de gases.
- Mantención de compresores, bombas de vacío, hidro-packs, bombas de agua, calefacción, autoclaves, lavadoras y secadores de ropa, generadores de energía eléctrica (cinco unidades, funcionamiento a petróleo)
- Traslado cilindros de gases clínicos.
- Alimentación de calderas con combustibles (gas y carbón).
- Controlar el correcto funcionamiento diario de centrales de procesos industriales como: calderas generadoras de vapor, boilers de agua, generadores de corriente, autoclaves, centrales generadoras de gases clínicos, estanque de oxígeno criogénico, entre otros.

- Gestionar licitaciones para mantenencias de dichas centrales y de otros equipos dentro de las dependencias del hospital:
 - Redes de gases clínicos.
 - Ascensores.
 - Generadores de corriente.
 - Autoclaves.
 - Maquinaria de climatización y aire acondicionado.
 - Bombas de agua potable y de redes de incendios.
 - Hidropacks (estanques acumuladores de agua potable).
 - Calderas generadoras de vapor.
 - Maquinaria de lavandería (secadoras, lavadoras y planchadoras).
 - Refrigeradores y frigoríficos.
 - Compresores de aire y bombas de vacío.

- Supervisar las mantenencias realizadas en dichas centrales por parte de empresas contratistas.
- Gestionar la compra de insumos como gases clínicos, combustible para las calderas (carbón piedra y gas natural), entre otros.
- Gestionar la capacitación del personal a cargo en materias de seguridad, operación de equipamiento industrial, manejo de sustancias y residuos peligrosos, etc.
- Suministrar las dependencias del H.G.G.B (Hospital Guillermo Grant Benavente) con gases clínicos en cilindros en todos los servicios en que estos se requieran.
- Velar por el buen funcionamiento y seguridad de las calderas.
- Operar dispositivos para encender y apagar las calderas.
- Maniobrar válvulas que dan paso al agua dentro de las calderas, manteniéndoles el nivel dentro de los límites adecuados para su funcionamiento
- Controlar presión y temperatura del vapor observando los manómetros visibles.
- Verificar niveles de agua y retornos de condensado.
- Elaborar reportes diarios de trabajos realizados.
- Llevar control periódico mensual de consumos realizados.
- Realizar rondas por sub estaciones térmicas
- Atender emergencias.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El hospital Regional de Concepción “Dr. Guillermo Gantt Benavente” se caracteriza por ser uno de los recintos hospitalarios públicos más grandes de Chile, atendiendo y albergando a la gran mayoría de los pacientes de la región y sus alrededores.

Esta característica implica por ende tener una eficiencia elevada en los equipos de cada área del hospital, ya sea en los equipos médicos, lavandería, casinos, infraestructura, etc., para responder con la mayor calidad y prestación posible a las personas que necesitan de este servicio ligado a la salud.

Uno de los grandes problemas que se ha detectado en cuanto a la atención de los pacientes y sobre todo cuando estos se hospitalizan, es el tema del vestuario e indumentarias de camillas que se utilizan para albergar a los pacientes en el tiempo que estos estén en su correspondiente tratamiento.

Estos accesorios de ropa, no pueden ser nuevos para cada paciente ya que implicaría un gasto demasiado grande para suplirlo, por lo que la indumentaria es reciclada o en otras palabras lavada constantemente de acuerdo se necesite.

Diariamente la ropa debe ser desinfectada, ya que existe un alto porcentaje de enfermedades e infecciones a los cuales están sometidas estas prendas, ya sea por derrame de productos químicos usados como antídotos, sangre, fecas, etc.

El HGGB posee un área de lavandería en la cual posee distintos equipos para realizar la labor de desinfección y limpieza de las indumentarias, como, por ejemplo: Lavadoras industriales, secadoras de ropa y planchadoras de rodillo.

Estos equipos trabajan diariamente en un periodo aproximadamente de 14 horas consecutivas, por lo cual su rendimiento debe ser en lo posible al cien por ciento.

Al estudiar el historial de vida de los equipos para conocer su comportamiento en el tiempo de trabajo que realizan, nos percatamos que hay una alta tasa de fallas en los equipos, qué por diferentes motivos, ya sean fallas estructurales, fallas mecánicas, eléctricas entre otras, hacen que los equipos se detengan durante un tiempo determinado, teniendo que parar alguna línea de producción de lavado, retrasando la entrega de ropa limpia.

Que un equipo se detenga inesperadamente puede significar muchas variables, como, por ejemplo, que la mantención preventiva se esté aplicando de una mala manera de acuerdo a los síntomas que presentan los equipos, que los repuestos usados no son los recomendados por los fabricantes, que hay una mala operación de los equipos por parte de los funcionarios, etc.

Al realizar un análisis de fallas podremos determinar la real causa del alto porcentaje de fallas de estos activos, planteando una solución que intente disminuir este número de

fallas para tener una producción mucho más eficiente, sin tener que sobrecargar quizás los otros equipos para seguir entregando ropa a tiempo.

2.3 MOTIVACIÓN.

Esta inquietud por saber el por qué en el área de lavandería se hablaba que la tasa fallas aumentaba cada vez más surgió mientras realizaba mi práctica profesional en el recinto hospitalario Dr. Guillermo Grantt Benavente, tras conocer el proceso que había detrás del concepto lavandería y que este además era un proceso Semi-crítico para ellos, puesto que este proceso es de gran ayuda en la hospitalidad de los pacientes.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN CENTROS CLINICOS.

El sistema sanitario español como el de cualquier otro país tiene su razón de ser en LA SALUD de sus ciudadanos, mantener y recuperar ésta cuando se pierde ha de realizarse mediante un sistema productivo basado en tres pilares fundamentales: personal, recursos técnicos y tecnología (cultura aplicada).

La falta de existencia de cualquiera de las tres haría prácticamente imposible el funcionamiento de nuestro sistema. Ello quiere decir que resulta necesario disponer de una infraestructura técnica en las mejores condiciones de uso que sirve de soporte para producir salud.

Cualquier sistema sanitario de un país medianamente desarrollado posee numerosos centros sanitarios (hospitales, ambulatorios, centros de salud y consultorios) siendo su principal activo dentro de los cuales existen diversas instalaciones y equipos electro médicos complejos y costosos, cuyo correcto funcionamiento condiciona en gran medida la calidad de los servicios prestados por los mismos. El satisfactorio estado de utilización de este tipo de recursos depende fundamentalmente del:

- Adecuado diseño de las instalaciones y equipos.
- Buena ejecución de obra y montaje.
- Eficiente servicio de mantenimiento.

Entendiendo por servicio de mantenimiento el conjunto de medios materiales y humanos que están destinados a garantizar en todo momento el correcto funcionamiento de arquitectura e ingeniería, así como los equipos electro médicos de cualquier centro sanitario.

Partiendo de esta afirmación y admitiendo que en nuestra red sanitaria los edificios se encuentran ya equipados y, por tanto, los dos primeros aspectos son inalterables, resulta obvio de la importancia del servicio de mantenimiento en nuestro sistema actual.

3.2 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA GESTION.

Hemos de indicar, que, en el aspecto de gestión económica de la explotación de nuestros centros sanitarios, solamente se contabilizan como gasto del servicio de mantenimiento aquéllos que producen un coste con desembolso monetario y que son exclusivamente los debidos a mantenimiento y conservación de instalaciones y edificios y a reparación de equipos y mobiliario. Pero hay otra serie de costes que se originan y que generalmente no se valoran, tales como, coste de actualización, coste de parada, energía, gastos generales, etc.

Es pues función del servicio de mantenimiento del centro sanitario no solamente mantener una serie de equipos concretos en funcionamiento, sino conservar un cierto nivel de infraestructura técnica que impida un envejecimiento prematuro de los mismos lo que supondría una descapitalización y el aumento de los costes que pudiera llevar consigo la puesta en marcha de otros nuevos equipos y edificios. Conservar esta infraestructura supone dedicar recursos a mantenimiento del 5 al 7 por 100 del valor inmovilizado del hospital.

Como dato significativo hemos de indicar que el valor medio del mantenimiento en un centro hospitalario en el que se incluya, personal, repuestos, pagos de reparación a empresa, etc., está en torno al 4 por 100 del presupuesto total del hospital.

3.3 IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PACIENTE.

El cliente de un hospital es el paciente. El hospital, por tanto, debe cuidar, en extremo, la satisfacción personal del paciente.

La calidad asistencial viene definida como el cumplimiento de los objetivos en el estado de salud resultante de la interacción paciente-sistema, lo cual significa que la calidad no depende sólo de los profesionales de la medicina y/o enfermería, sino que es responsabilidad igualmente del resto de los profesionales que trabajan en las instituciones y organizaciones sanitarias. Es aquí donde el buen funcionamiento y estado del entorno físico que rodea al paciente influye enormemente en el grado de confortabilidad y satisfacción del usuario.

Por otra parte, nuestro paciente en muchos de los casos está ingresado en el hospital el cual tiene una sensación de aislamiento, durante su estancia vendrá a utilizar numerosas instalaciones y equipos; el que se encuentren en perfecto estado, con una seguridad integral máxima supone para el paciente un aspecto básico de la calidad asistencial.

3.4 IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA GENERAL.

Desde el punto de vista general, hoy día no se concibe la prestación de unos servicios sanitarios sino existe una infraestructura técnica que sirva de soporte y cobijo para desarrollar la asistencia sanitaria. El construir centros sanitarios y dotarles de medios es muy importante y supone un gran costo de inversión.

Desde el punto de vista de gestión del centro sanitario, el porcentaje que representan los gastos de mantenimiento y mucho más los gastos de explotación de edificios, instalaciones y equipos, sobre los gastos totales, es susceptible de considerarlo como importante.

Sin embargo, actualmente el servicio de mantenimiento está infravalorado, respecto a otros servicios, como consecuencia de no considerarlo como parte integrante del tratamiento médico.

El alza de los costes y la tendencia a la atenuación de la opinión anterior, harán posible que la importancia del servicio de mantenimiento sea creciente, respecto a otros servicios ocupando un lugar preponderante en el hospital.

3.5 IMPACTO DEL MANTENIMIENTO EN LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS.

La productividad es un concepto muy recurrente en los campos de la industria, economía y negocios en general. Una preocupación característica de la sociedad actual es el aseguramiento de la calidad, la productividad y disminución de los costos en las industrias. La productividad es un reto que quiere alcanzar cualquier empresa para poder tener una posición competitiva sostenida en el mercado nacional e internacional.

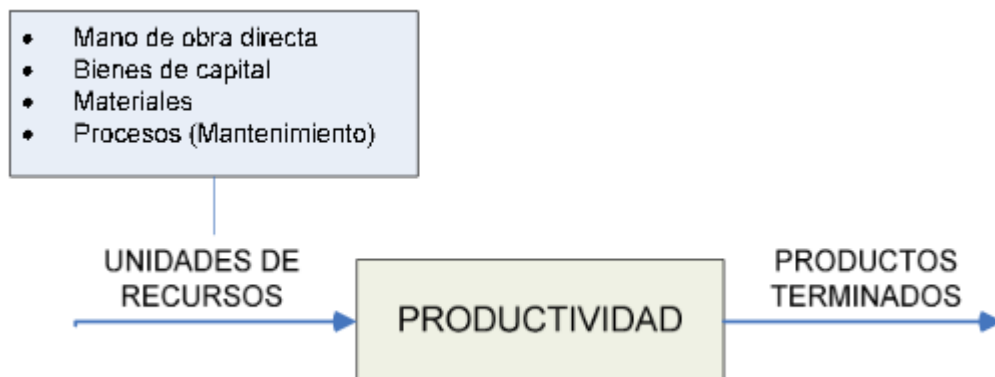


Figura 3.1 Proceso de la Productividad

(Salud, 1990)

La productividad ha sido definida tradicionalmente como la relación que existe entre las entradas y las salidas en el proceso de transformación. Las salidas corresponden al producto terminado de cada industria. Las entradas son las unidades de recursos típicamente usados en la fabricación, que generalmente se dividen en cuatro categorías principales:

Mano de obra directa: el número de horas de mano de obra asignadas directamente al proceso de transformación.

Bienes de capital: inversión en planta, maquinaria o sistemas de información.

Materiales: materias primas, componentes y materiales auxiliares que están presente en el proceso.

Procesos: los procedimientos que configuran la misión del proceso de fabricación.

Esta última categoría, incluye al mantenimiento, la ingeniería de procesos, la administración del personal de fabricación, los sistemas de control y supervisión, así como otras actividades necesarias para que el proceso de fabricación funcione correctamente.

La Productividad que se descompone en dos términos:

Producción y Actividad, ha conducido durante muchos años a creer que este concepto está asociado únicamente a la actividad productiva de ciertas áreas de una empresa y ha limitado su utilización en otras áreas que no clasifican como tal, una de ellas el mantenimiento.

El término de productividad está relacionado con la eficiencia y la eficacia. Donde la eficiencia es “la proporción de los resultados generados en relación con los resultados prescritos”, y la eficacia “es el grado con lo que se logran metas u objetivos de interés para la empresa”. Entonces la eficiencia en el mantenimiento es que tan bien la organización usa el equipo o maquinaria para producir sus productos, y la eficacia es que tanto la organización alcanza sus objetivos de cero fallas, mínimo mantenimiento correctivo y mayor disponibilidad de equipo.

El mantenimiento en sí, es un medio para obtener mayor productividad para una empresa, el hecho de lograr mayores niveles de disponibilidad de los equipos productivos incrementará la producción. Además, ayuda a mantener las condiciones adecuadas en los equipos para asegurar los estándares de calidad del producto y a reducir los costos de mantenimiento.

Es importante la productividad en el área de mantenimiento, porque invirtiendo en ésta se logra: mejorar los procesos productivos, haciéndolos más eficientes; mejorar la calidad del producto terminado según los requerimientos del cliente; se eliminan costos por: mantenimiento correctivo, tiempos muertos; velocidad en el proceso de fabricación, entre otros aspectos.

Como se ha comentado con anterioridad, muchas empresas y autores coinciden en que el mantenimiento ocupa un lugar importante dentro de los costos más significativos de las empresas, el segundo lugar en muchas de ellas. Y a pesar de ello, se siguen negando a un cambio en su administración, porque resulta muy costoso, requiere mucho tiempo para la implementación completa de un nuevo sistema administrativo, o porque la gerencia no está convencida de que el retorno de la inversión será rápido.

El planear, programar, coordinar y ejecutar las tareas de mantenimiento en forma eficiente logran disminuir los paros por fallas de equipo y maquinaria, además de mantener cierto estado del equipo, alargando su calidad y tiempo de vida.

Cuando se organizan los departamentos de producción y mantenimiento para dar el servicio adecuado a los equipos, se eliminan muchas pérdidas posteriores, desgraciadamente estos departamentos actualmente tienen objetivos definidos diferentes y opuestos, lo cual provoca una interminable guerra por la utilización del equipo y por culparse entre sí por los defectos que este presenta.

Al lograr la aceptación en el cambio de administración del mantenimiento, si se usa la técnica apropiada, con sus métodos, y en conjunto con algunas herramientas que se explicarán posteriormente, que incrementan la importancia de un mantenimiento efectivo, se alcanzarán unos índices mayores de productividad en toda la planta, ya que todos los departamentos están relacionados y tienen un objetivo en común, la obtención de productos de calidad al más bajo costo.

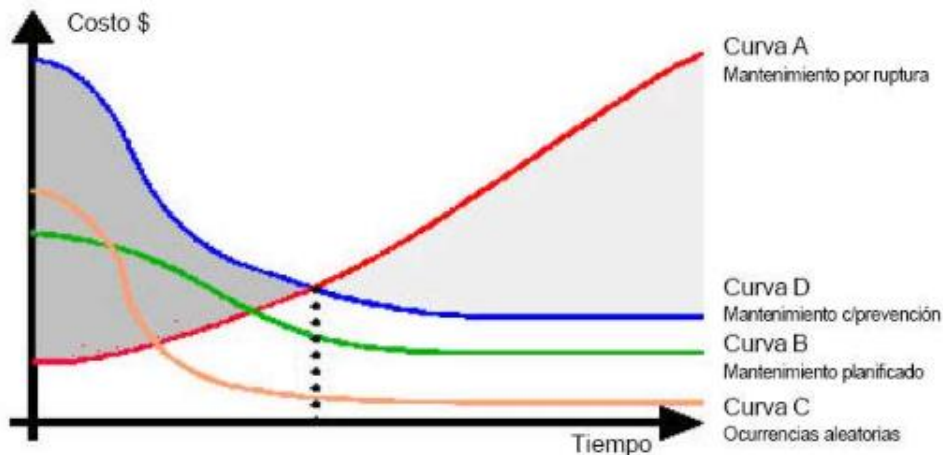


Figura 3.2 Costos de tipos de mantenimiento con relación al tiempo.

(Google imágenes)

En el aspecto de costos el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo presenta una tendencia ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes.

La implantación de un control y planificación del mantenimiento, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida y tendencia a valores estables, considerando el Costo Total de una parada de equipo, como la suma del Costo del Mantenimiento, que incluye: costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes y el Costo de Indisponibilidad que incluye: costo de Pérdida de Producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo, falta de equipos, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costo por repuestos de emergencia, penalidades comerciales e imagen de la empresa.

La inversión inicial de mantenimiento planificado es mayor que el de mantenimiento no planificado y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el

mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento planeado y aleatorio, identificado como mantenimiento preventivo, a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al de mantenimiento correctivo.

Consecuentemente los beneficios de la prevención solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento por rotura y con prevención, antes y después de ese punto sean iguales.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL A.M.E.F (DISEÑO O PROCESO)

1. Determinar el proceso o producto a analizar.

AMEF de diseño(FMAD): Enumerar que es lo que se espera del diseño del producto, que es lo que quiere y necesita el cliente, y cuáles son los requerimientos de producción. Así mismo listar el flujo que seguirá el producto a diseñar, comenzando desde el abastecimiento de materia prima, el(los) procesos (s) de producción hasta la utilización del producto por el usuario final. Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas.

AMEF de procesos(FMEAP): Listar el flujo del proceso que se esté desarrollando, comenzando desde el abastecimiento de la materia prima, el proceso de transformación hasta la entrega al cliente (proceso siguiente). Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas. En el caso de empresas de servicios no hay materias primas, para estos casos se toman en cuenta las entradas del proceso.

En este punto es importante:

- Desarrollar lista de Entradas, Salidas y Características / artículos - diagrama de bloque de referencia, QFD.
- Evaluar entradas y características de la función requerida para producir la salida.
- Evaluar Interfaz entre las funciones para verificar que todos los Posibles Efectos sean analizados.
- Asumir que las partes se manufacturan de acuerdo con la intención del diseño.

2. Establecer los modos potenciales de falla.

Para cada una de las áreas sensibles a fallar determinadas en el punto anterior se deben establecer los modos de falla posibles.

Modo de falla es la manera en que podría presentarse una falla o defecto. Para determinarlas nos cuestionamos ¿De qué forma podría fallar la parte o proceso?

Los modos de fallas potenciales o las categorías de falla pueden entonces ser identificadas describiendo la forma en la cual el producto o proceso falla. Los modos de fallas pueden catalogarse en una de cinco categorías posibles de falla: falla total, falla parcial, falla intermitente, falla antes de tiempo, falla por sobre carga de la función.

El propósito de agrupar los modos de fallas en esos cinco grupos es para ayudar al equipo de trabajo a identificar todos los posibles modos de fallas. Si se analizan los modos de fallas en esta forma, pueden ser reveladas posibles formas de falla inusuales que pudieran pasar desapercibidas. También puede revelarse una pobre definición de las funciones.

Ejemplos:

- Roto
- Flojo
- Fracturado
- Equivocado
- Deformado
- Agrietado
- Mal ensamblado
- Fugas
- Mal dimensionado

3. Determinar el efecto de la falla

Luego que las funciones y modos de fallas han sido establecidos, el siguiente paso en el proceso de un AMEF es identificar las consecuencias potenciales cuando se presente un modo de falla. Esto puede canalizarse, por ejemplo, con una tormenta de ideas dentro del equipo de trabajo, o aplicando analogía, empatía o inversión.

Una vez identificadas las consecuencias, estas deben ser ubicadas dentro del modelo AMEF como efectos.

Efecto: Cuando el modo de falla no se previene ni corrige, el cliente o el consumidor final pueden ser afectados.

Ejemplos:

- Deterioro prematuro
- Ruidoso

- Operación errática
- Claridad insuficiente
- Paros de línea.

4. Determinar la causa de la falla

Causa: Es una deficiencia que se genera en el Modo de Falla.

Las causas son fuentes de Variabilidad asociada con variables de Entrada Claves (KPIVs).

Causas relacionadas con el diseño (características de la parte):

- Selección de Material.
- Tolerancias / valores objetivo.
- Configuración.
- Componente de Modos de Falla a nivel de Componente.

Causas que no pueden ser Entradas de Diseño, tales como:

- Ambiente.
- Vibración.
- Aspecto Térmico.

Mecanismos de Falla

- Rendimiento.
- Fatiga.
- Corrosión.
- Desgaste

5. Describir las condiciones actuales

Anotar los controles actuales que estén dirigidos a prevenir o detectar la causa de la falla.

- Cálculos.
- Análisis de elementos limitados.
- Revisiones de Diseño.
- Prototipo de Prueba.
- Prueba Acelerada.

6. Determinar el grado de severidad.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10, en donde el número "1" indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave.

EFEECTO	RANGO	CRITERIO
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

Tabla 0-1 Criterio de Grados de Severidad

(NTP 679)

7. Determinar el grado de ocurrencia.

Es necesario estimar el grado de ocurrencia de la causa de la falla potencial. Se utiliza una escala de evaluación del 1 al 10. El “1” indica remota probabilidad de ocurrencia, el “10” indica muy alta probabilidad de ocurrencia.

OCURRENCIA	RANGO	CRITERIOS	PROBABILIDAD DE FALLAS
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Tabla 0-2 Criterios Grado de Ocurrencia

(NTP 679)

8. Determinar el grado de detección.

Se estimará la probabilidad de que el modo de falla potencial sea detectado antes de que llegue al cliente. El '1' indicará alta probabilidad de que la falla se pueda detectar. El '10' indica que es improbable ser detectada.

PROBABILIDAD.	RANGO.	CRITERIO.	PROBABILIDAD DE DETECCION DE FALLA.
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy Baja	9	No es fácil detecta la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Tabla 0-3 Criterios De Grado De Detección

(NTP 679)

9. Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR).

El número de prioridad de riesgo, también conocido como NPR, por sus siglas en inglés (Risk Priority Number), es el producto de multiplicar la severidad, la ocurrencia, y la detección o detectabilidad. El NPR es un número entre 1 y 1000 que nos indica la prioridad que se le debe dar a cada falla para eliminarla.

Cuando el RPN es superior a 100 es un claro indicador de que deben implementarse acciones de prevención o corrección para evitar la ocurrencia de las fallas, de forma prioritaria. Sin embargo, el objetivo general es el de tratar todas las fallas; muchos expertos coinciden en que un RPN superior a 30 requiere de un despliegue enfocado en el tratamiento del modo de falla.

$$NPR = GRADO DE OCURRENCIA \cdot SEVERIDAD \cdot DETECCIÓN$$

Prioridad de NPR:

- Entre 500 – 1000 → Alto riesgo de falla.
- Entre 125 – 499 → Riesgo de falla medio.
- Entre 1 – 124 → Riesgo de falla bajo.
- 0 → No existe riesgo de falla.

Se deben atacar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia no importando si el NPR es alto o bajo.

10. Acciones recomendadas.

Anotar la descripción de las acciones preventivas o correctivas recomendadas, incluyendo responsables de las mismas. Anotando la fecha compromiso de implantación.

Se pueden recomendar acciones encaminadas hacia:

Eliminar o disminuir la OCURRENCIA de la causa del modo de falla. (modificaciones al diseño o al proceso, Implementación de métodos estadísticos, ajuste a herramental, etc.

Reducir la SEVERIDAD del modo de falla. (Modificaciones en el diseño del producto o proceso).

Incrementar la probabilidad de DETECCIÓN. (Modificaciones en el diseño del producto o proceso para ayudar a la detección).

- Una vez realizadas las acciones correctivas o preventivas, se recalcula el grado de ocurrencia, severidad, detección y el NPR.

- Cada vez que haya alguna modificación en el proceso o en el producto se debe de actualizar el A.M.E.F.

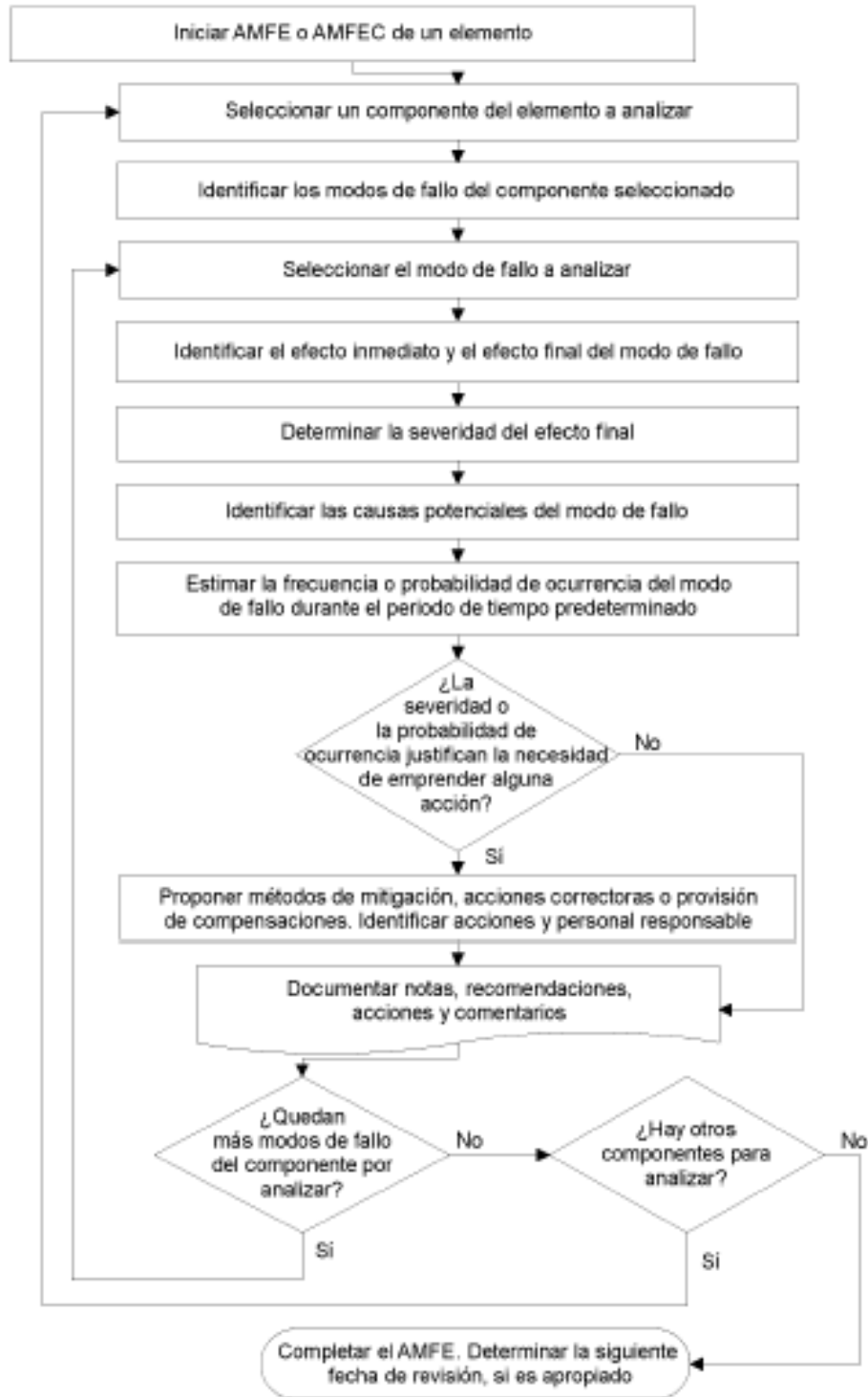


Figura 4.1 Orden de Amef

(Google imágenes)

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos, como su nombre lo indica es básicamente reunir información la cual nos pueda ayudar a realizar nuestro objetivo.

En este caso lo que nos convoca es identificar las diferentes fallas que hagan detener el proceso en el área de lavandería y conocer sus diferentes modos en los que puedan fallar y sus efectos. Cabe destacar que las fallas que se analizaran son solo las que ocurren en modo “emergencia”, es decir las que ocurren de forma aleatoria, sin previo aviso y paran el proceso. No las fallas que son detectadas en mantenimiento preventivo, donde la detención es programada.

Como primer paso se cuantificaron las detenciones que ocurrieron en el año 2016 y luego la de años anteriores para poder hacer una breve comparación y verificar si se presenta alguna anomalía a lo largo de la vida de estos equipos.

Los resultados obtenidos de la primera recolección fueron los siguientes:

	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Fallas Lavandería	178	204	235

Tabla 0-4 Número de Fallas en Lavandería

(Elaboración Propia)

Como se puede observar en estos tres últimos años el número de detenciones va en aumento, obviamente esta cifra llama la atención ya que las detenciones son proporcionales al paso del tiempo.

A continuación, se presentarán los equipos que están comprometidos en el sector de lavandería y se profundizará la investigación para saber cuáles son las causas de estas cifras.

4.2.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS.

Como indica el primer paso de un AMEF, se identificarán los equipos que se encuentran en el área de lavandería del HGGB.

Cada uno de ellos está identificado por una numeración, modelo y su número de serie como se muestra en la tabla adjunta.

En el análisis de modos de fallas que se llevaran a cabo no se contabilizara el compresor ya que no hay información asociada por parte de los encargados de la mantención ni del área de mantención del recinto hospitalario.

DESCRIPCION	N°	MARCA	ESPECIFICACIONES		
			MODELO	SERIE	CAPACIDAD
LAVADORAS - EXTRACTORAS DE ROPA	1	MILNOR	420445P3AAV	6089004	90 KG
	2	MILNOR	60044SP3AAZ	6089005	205 KG
	3	MILNOR	60044SP3AAZ	6089007	205 KG
	4	MILNOR	60044SP3AAZ	6089006	205 KG
RODILLO PLANCHADOR	1	SHARPER FINISCH	SAF1600X90	14832	3 M
SECADORA INDUSTRIAL	1	CISSEL	CT120SRDM2S1W01	712013036	54 KG
	2	CISSEL	CT120SRDM2S1W01	712013035	54 KG
	3	CISSEL	L440D42S	15021-492	54 KG
	4	CISSEL	L440D42S	15022-493	54 KG
	5	CISSEL	H0125S	2001024622	54 KG
	6	CISSEL	H0125S	2001024622	54 KG

Tabla 0-5 Identificación de Equipos.

(Elaboración Propio)

4.2.2 REGISTRO FOTOGRAFICO.



Figura 4.2 Lavadoras Extractoras de Ropa
(Captura Propia)



Figura 4.3 Secadoras de Ropa
(Captura Propia)

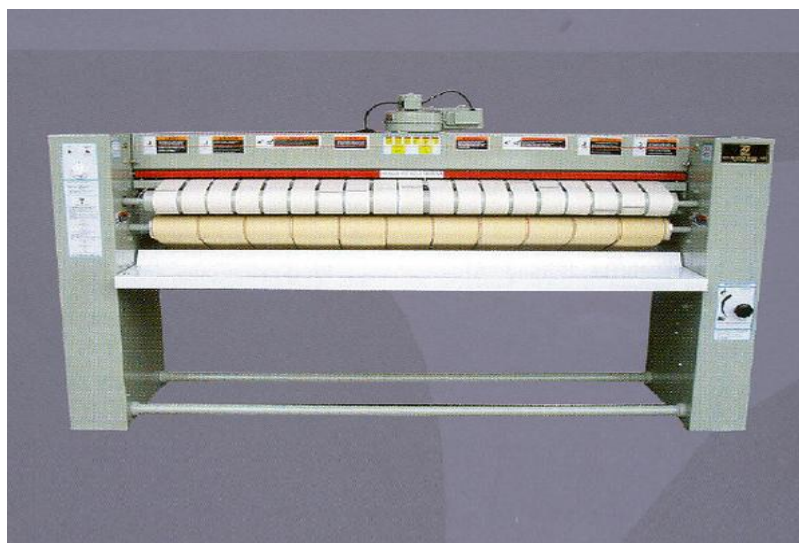


Figura 4.4 Rodillo Secador de Ropa.
(Google imagenes)

4.3 ANÁLISIS GENERAL DE DETENCIONES EN LAVANDERÍA HGGB

Tras la recolección de datos obtenida en los libros de registros de cada uno de los equipos de lavandería se desprende que hay un total de 235 detenciones en el área de lavandería durante el año 2016, esto sin contar la secadora número 5 y 6, ya que estas están en periodo de garantía y observación por la empresa encargada de mantenimiento y no cuentan con registros.

En esta ocasión se indagará un poco más a fondo cuales son los factores que influyen en esta cifra y cuál de los equipos posee un índice mayor de fallas.

Para una mejor visualización de la información se utilizará la metodología antes mencionada del Diagrama de Pareto, desglosando cada equipo para observar su comportamiento.

LAVANDERIA HGGB			
EQUIPOS	DETENCIONES	PORCENTAJE	% ACUMULADO
Lavadora N°3	45	19,15	19,15
Lavadora N°2	37	15,74	34,89
Lavadora N°1	32	13,62	48,51
Secadora N°8	29	12,34	60,85
Secadora N°1	22	9,36	70,21
Lavadora N°4	20	8,51	78,72
Secadora N°2	12	5,11	83,83
Secadora N°7	11	4,68	88,51
Secadora N°3	11	4,68	93,19
Rodillo Planchador	9	3,83	97,02
Secadora N°4	7	2,98	100,00
Secadora N°5	0	0,00	100,00
Secadora N°6	0	0,00	100,00
Total Detenciones	235		

Tabla 0-6 Detenciones Equipos de lavandería

(Elaboración Propio)

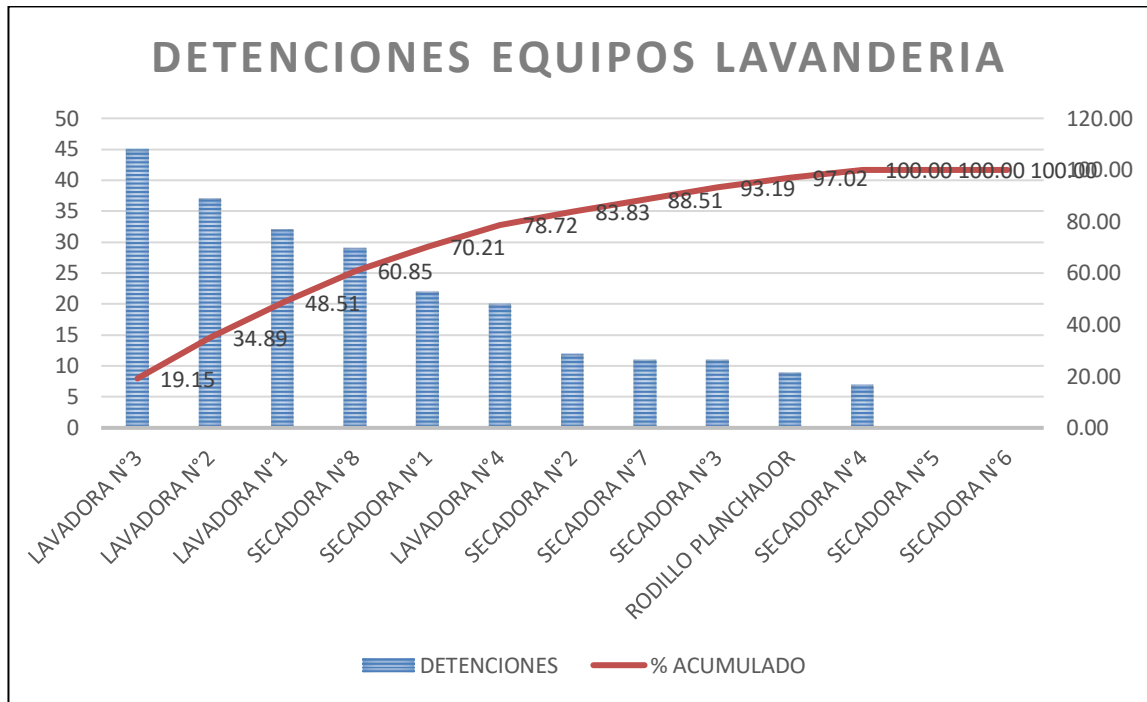


Figura 4.5 Detenciones generales Lavandería.

(Elaboración Propia)

Al analizar la gráfica obtenida mediante Pareto podemos observar claramente que lavadoras son las que poseen la mayor tasa de detenciones con respecto a los demás equipos, sumando entre ellas el 57,37 % del total.

Esto nos indica objetivamente que el mayor problema dentro del proceso de lavandería son las lavadoras, partiendo por la N°3, N°2, N°1 y las secadoras N°8 y N°1.

Puesto estos resultados nos enfocaremos al análisis de modos de fallas de estos equipos los que llamaremos críticos, por presentar un alto número de fallas que llevan a que el proceso de lavar indumentaria hospitalaria sea interrumpido.

4.4 TASA DE FALLAS POR EQUIPOS. (AÑO 2016)

Lavadoras, 134 fallas aleatorias. (57,37 %)

- Lavadora N°1: 13,62 % (32 detenciones)
- Lavadora N°2: 15,74 % (37 detenciones)
- Lavadora N°3: 19,15 % (45 detenciones)
- Lavadora N°4: 8,51 % (20 detenciones)

Secadoras, 92 fallas aleatorias. (39,15 %)

- Secadora N°1: 9,36 % (22 detenciones)
- Secadora N°2: 5,11 % (12 detenciones)
- Secadora N°3: 4,68 % (11 detenciones)
- Secadora N°4: 2,98 % (7 detenciones)
- Secadora N°5: No se registra información.
- Secadora N°6: No se registra información.
- Secadora N°7: 4,68 (11 detenciones)
- Secadora N°8: 12,34 % (29 detenciones)

Rodillo Planchador, 9 fallas aleatorias. (3,83 %)

4.4.1 CAUSAS DE FALLAS EN LAVADORAS.

Fallas Lavadora N°1	Cantidad Detenciones	Porcentaje (%)	P. Acumulado
Válvulas Dispensadoras	9	28,13	15,00
Pestillo de la Puerta	4	12,50	27,50
Porta Fusible	3	9,38	36,88
Fusible de Control	3	9,38	46,25
Tarjeta de Fuente de poder	2	6,25	52,50
Tarjetas de Entradas/Salidas	2	6,25	58,75
Empaquetadura de Puerta	2	6,25	65,00
Pernos Suelos	2	6,25	71,25
Manguera de dispensador	1	3,13	74,38
Tornillos de burlete de tapa	1	3,13	77,50
Embrague de pulmón	1	3,13	80,63
Válvula de Descarga	1	3,13	83,75
Tarjeta de Memoria	1	3,13	86,88
Total Detenciones	32		

Tabla 0-7 Fallas lavadora N°1
(Elaboración Propia)

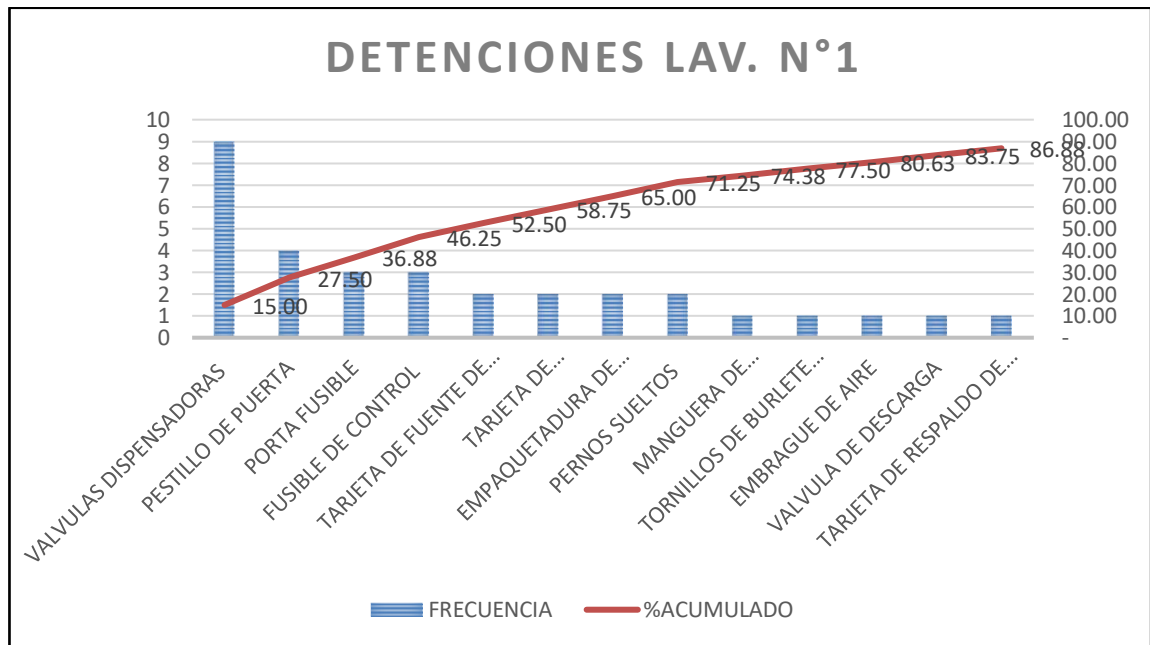


Figura 4.6 Detenciones Lavadora N°1
(Elaboración Propia)

Fallas Lavadora N°2	Frecuencia	Porcentaje (%)	% Acumulado
Sistema de frenos	10	27,03	27,03
Puerta de lavadora	7	18,92	45,95
Sistema de transmisión motor	7	18,92	64,86
Pulmón Neu. Suspensión	4	10,81	75,68
Reductor	3	8,11	83,78
Embrague - Velocidad	3	8,11	91,89
Val. Dispensadora detergente	2	5,41	97,30
Soporte reductor	1	2,70	100,00

Total Detenciones	37
-------------------	----

Tabla 0-8 Fallas Lavadora N°2

(Elaboración Propia)

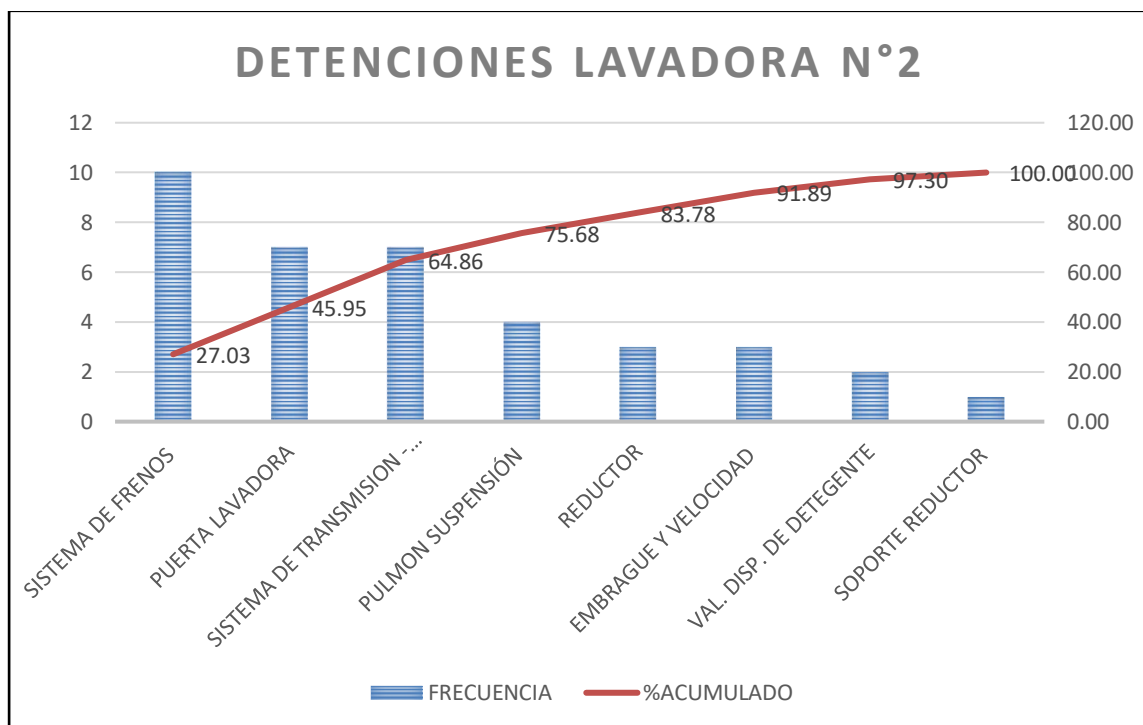


Figura 4.7 Detenciones Lavadora N°2

(Elaboración Propia)

Fallas Lavadora N°3	Frecuencia	Porcentaje	% Acumulado
Sistema de transmisión	14	31,11	31,11
Válvula distribuidora de agua	6	13,33	44,44
Puerta de lavadora	6	13,33	57,78
Faldón deformado	3	6,67	64,44
Manguera de entrada de agua	2	4,44	68,89
Fusible de Fuerza	2	4,44	73,33
Sistema de freno	2	4,44	77,78
Empaquetaduras puerta	2	4,44	82,22
Falla eléctrica	2	4,44	86,67
Cilindro de sist. frenos	2	4,44	91,11
Válvula piloto de aire	2	4,44	95,56
Embrague	2	4,44	100,00

Total de detenciones	45
----------------------	----

Tabla 0-9 Fallas Lavadora N°3

(Elaboración Propia)

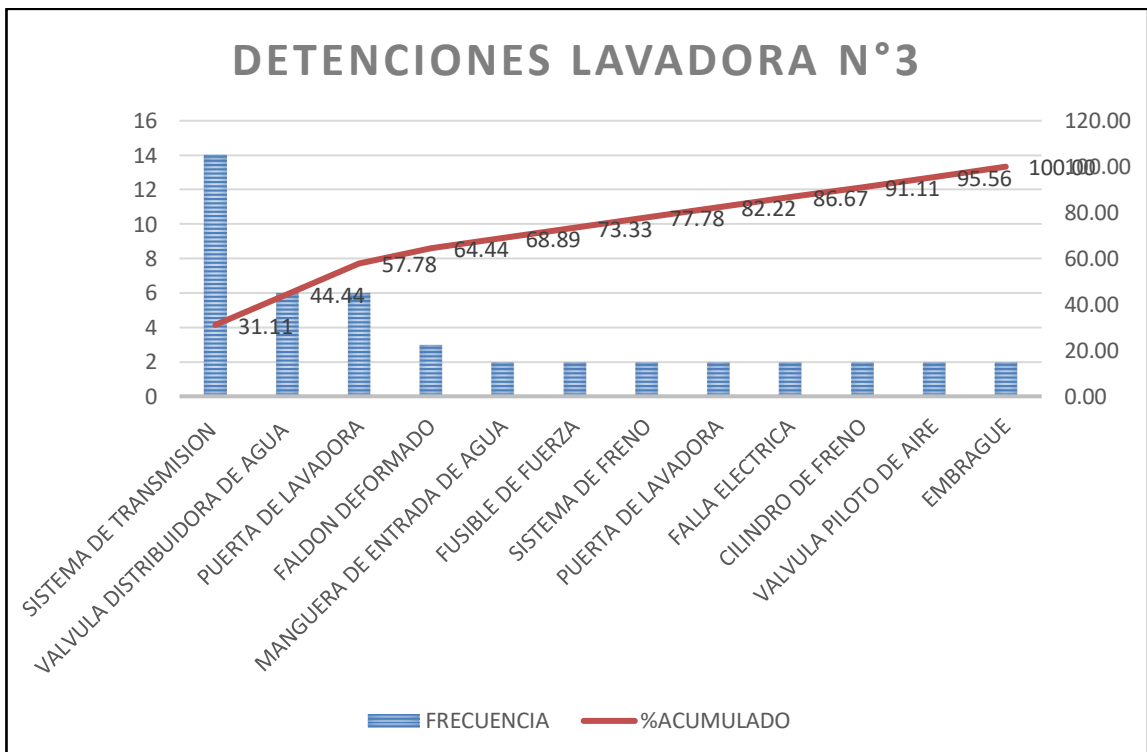


Figura 4.8 Detenciones Lavadora N°3

(Elaboración Propia)

Fallas Lavadora N°4	Cantidad	PORCENTAJE	% ACUMULADO
Sistema de transmisión	10	50	50
Puerta de lavadora	3	15	65
Filtración de agua	2	10	75
Válvula de agua	2	10	85
Pernos sujeción sueltos	2	10	95
Embrague neumático	1	5	100

Total detenciones	20
-------------------	----

Tabla 0-10 Fallas Lavadora N°4

(Elaboración Propia)

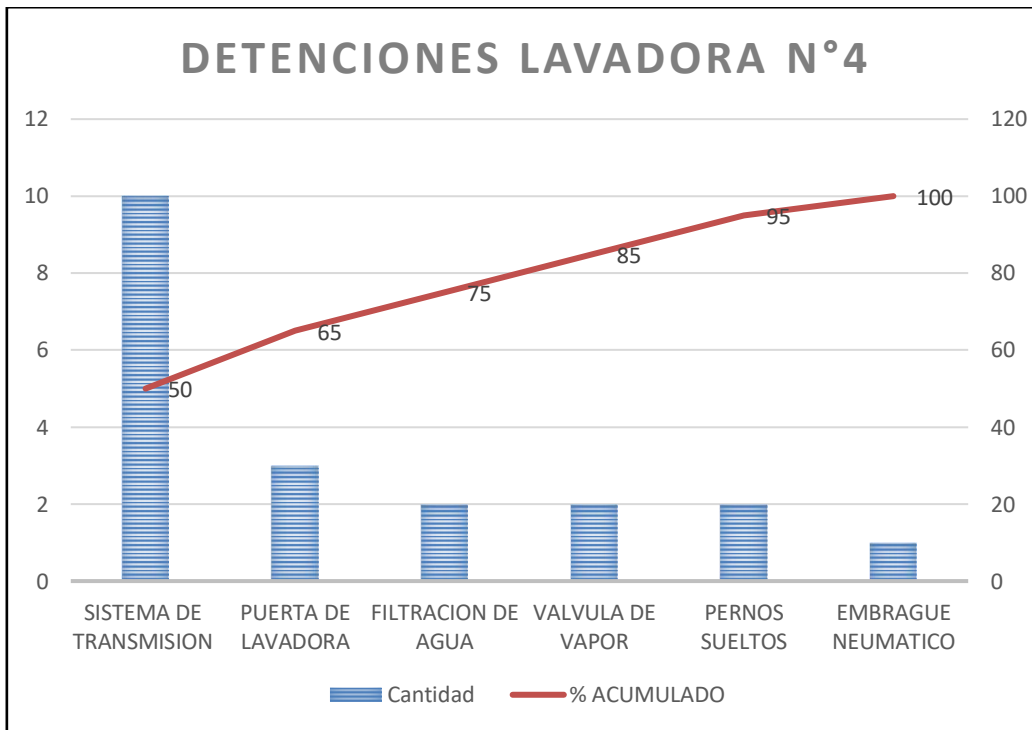


Figura 4.9 Detenciones Lavadora N°4

(Elaboración Propia)

4.4.2 CAUSAS DE FALLAS EN SECADORAS.

Fallas Secadora N°1	Cantidad de Detenciones	porcentaje	% Acumulado
Correa de Distribución	9	40,91	40,91
Error BBT	6	27,27	68,18
Tarjeta de control	4	18,18	86,36
Sensor de Giro	3	13,64	100,00

Total de detenciones	22
----------------------	----

Tabla 0-11 Fallas Secadora N°1

(Elaboración Propia)

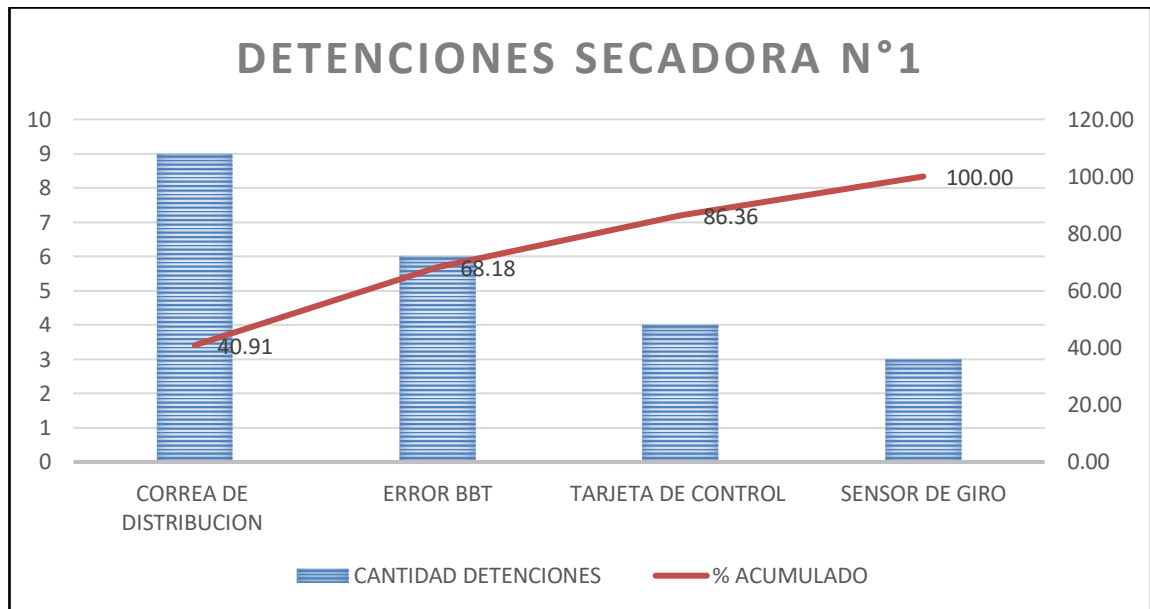


Figura 4.10 Detenciones Secadora N°1

(Elaboración Propia)

Fallas Secadora N°2	Cantidad Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Válvula de Vapor	5	41,67	41,67
Correa de transmisión	4	33,33	75,00
Puerta	2	16,67	91,67
Sensor de Giro	1	8,33	100,00

Total de Detenciones	12
----------------------	----

Tabla 0-12 Fallas Secadora N°2

(Elaboración Propia)

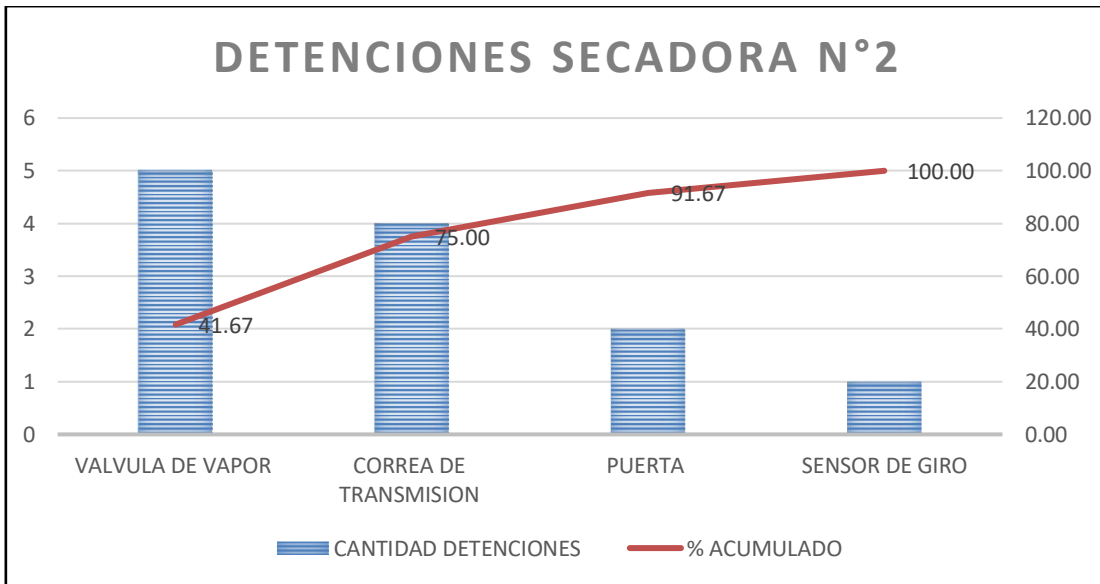


Figura 4.11 Detenciones Secadora N°2

(Elaboración Propia)

Falla Secadora N°3	Cantidad Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Fusible	3	27,27	27,27
Error AF	3	27,27	54,55
Flaper	3	27,27	81,82
Válvula de Vapor	2	18,18	100,00

Total de Detenciones	11
----------------------	----

Tabla 0-13 Fallas Secadora N°3

(Elaboración Propia)

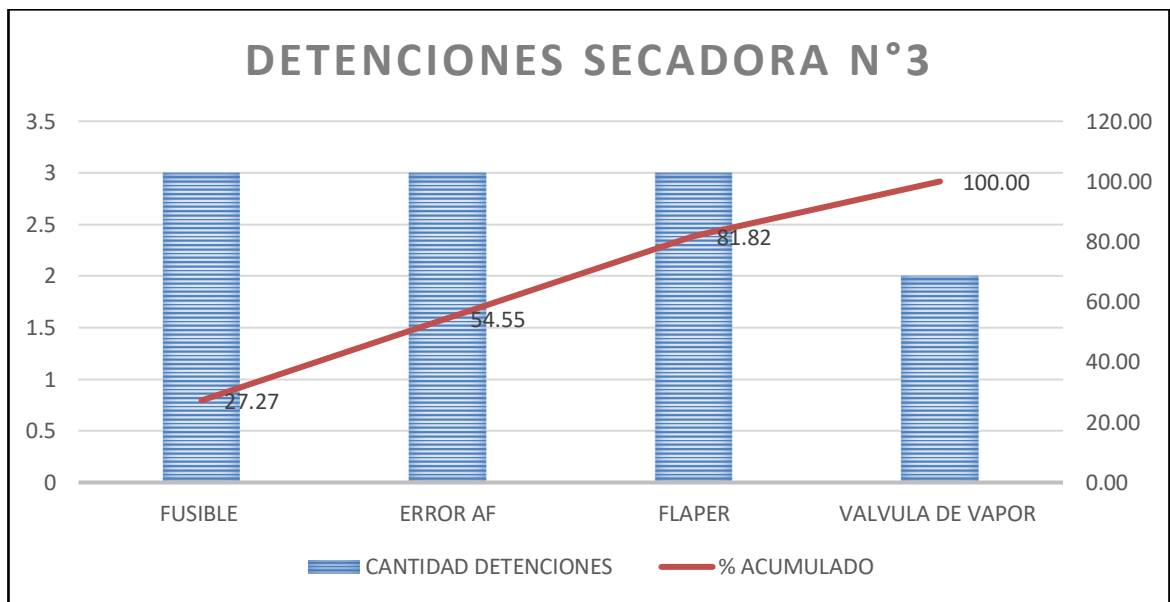


Figura 4.12 Detenciones secadora N°3

(Fuente propia)

Fallas Secadora N°4	Cantidad Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Válvula de vapor	3	42,86	42,86
Eje Blower	2	28,57	71,43
Turbina	2	28,57	100,00

Total de Detenciones	7
----------------------	---

Tabla 0-14 Fallas Secadora N°4

(Elaboración Propia)

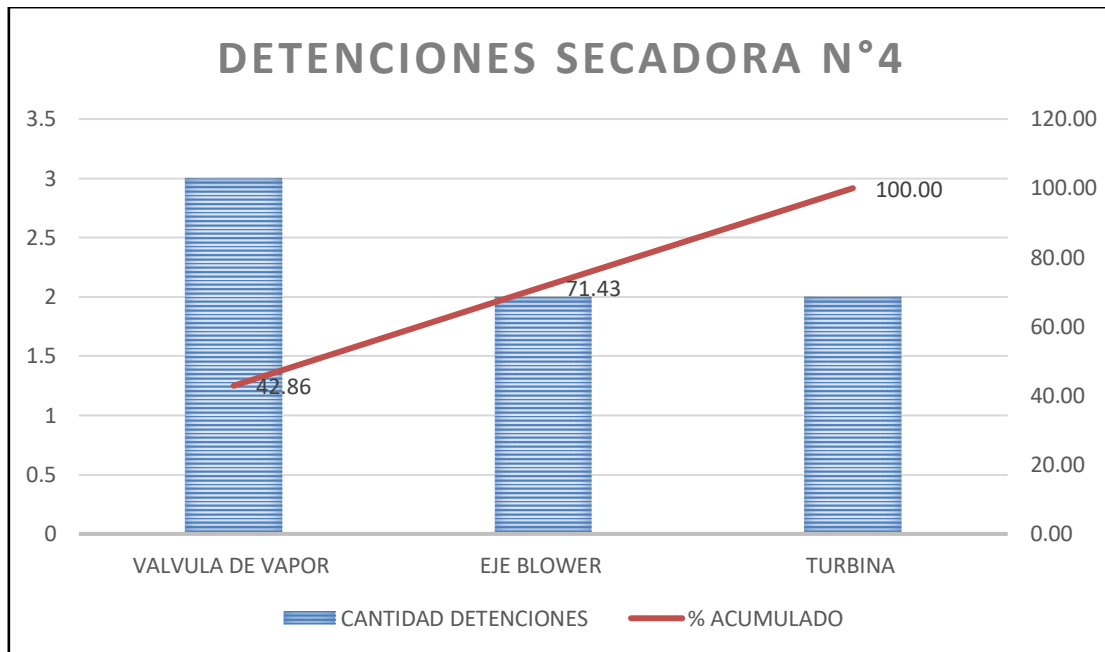


Figura 4.13 Detenciones Secadoras N°4

(Elaboración propia)

Fallas Secadora N°7	Cantidad de Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Correas eje Blower	5	45,45	45,45
Puerta	3	27,27	72,73
Eje	1	9,09	81,82
Correa de Turbina	1	9,09	90,91
Serpentines	1	9,09	100,00

Total de Detenciones	11
----------------------	----

Tabla 0-15 Fallas Secadoras N°7

(Elaboración Propia)

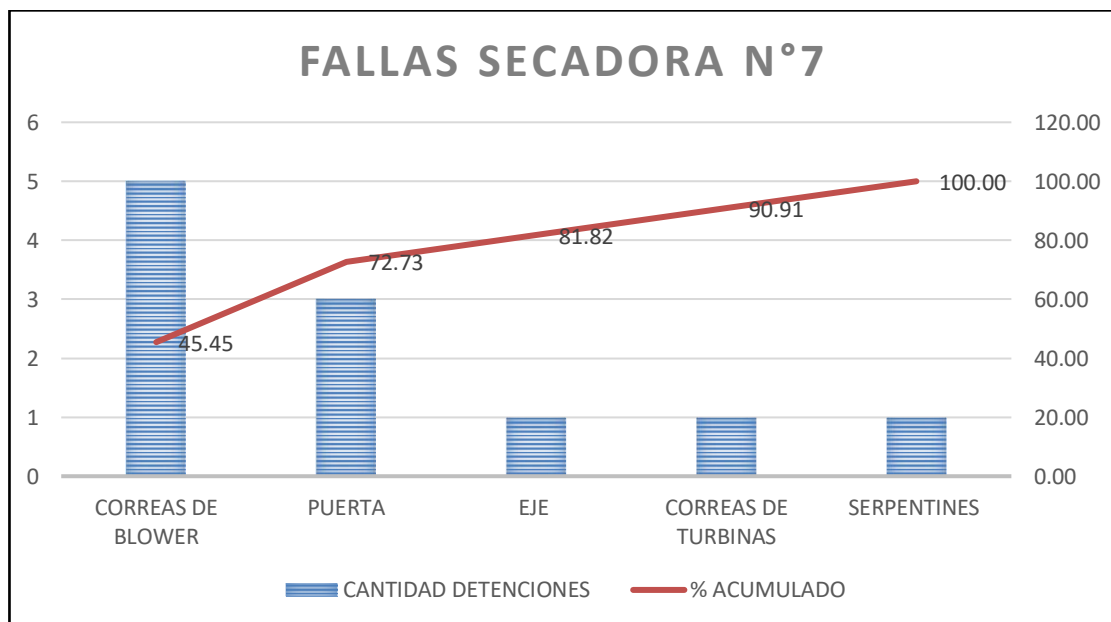


Figura 4.14 Detenciones Secadora N°7

(Elaboración Propia)

Fallas Secadora N°8	Cantidad De Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Transmisión de Canasto	9	31,03	31,03
Motor Blower	6	20,69	51,72
Transmisión de turbinas	5	17,24	68,97
Puerta	4	13,79	82,76
Tablero de encendido	3	10,34	93,10
Válvula de vapor	2	6,90	100,00

Total de Detenciones	29
----------------------	----

Tabla 0-16 Fallas Secadora N°8

(Elaboración Propia)

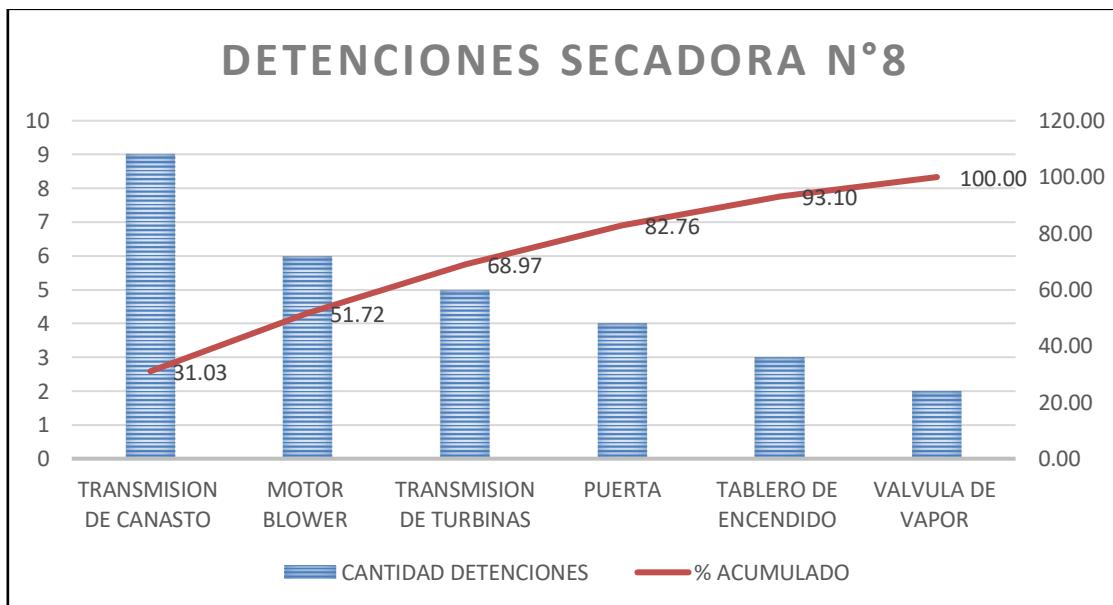


Figura 4.15 Detenciones Secadora N°8

(Elaboración Propia)

4.4.3 FALLA EN RODILLO PLANCHADOR.

Fallas Rodillo Planchador	Cantidad de Detenciones	Porcentaje	% Acumulado
Cintas Guía	5	55,56	55,56
Rodillo de compresión	3	33,33	88,89
Filtración de Vapor	1	11,11	100,00

Total de Detenciones	9
----------------------	---

Tabla 0-17 Fallas Rodillo Planchador

(Elaboración Propia)

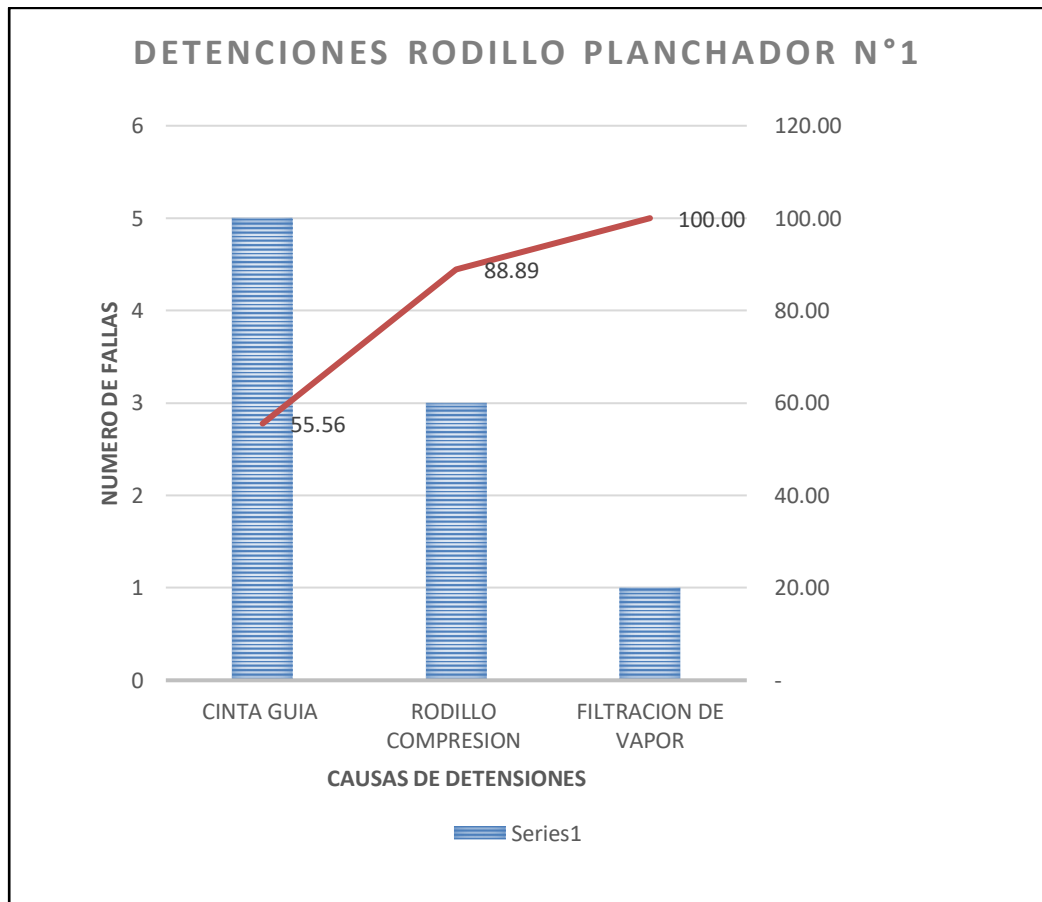


Figura 4.16 Detenciones Rodillo Planchador

(Elaboración Propia)

4.5 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.

En esta etapa del documento se llevará a cabo el análisis modal de las fallas y efectos en cuestión, basándonos en la norma la cual nos indica el paso a paso a seguir, para tener resultados óptimos y reales.

Normas usadas: Norma ISO 14224 y SAE J-1739

Se usará el análisis AMEF tipo diseño, ya que se verá cada equipo por separado, es decir, lavadoras, secadoras y rodillos planchadores.

Cada AMEF se realizó mediante una tabla normada la cual contiene una síntesis del procedimiento, donde se da a conocer los modos de fallas, sus causas y sus efectos además calificando la severidad de su efecto, ocurrencia y detectabilidad para posteriormente calcular su número prioridad de Riesgo.

Estas tablas se encuentran adjuntas en Anexos.

De acuerdo al procedimiento de este análisis se realizó un levantamiento de todas las fallas que se llevaron a cabo durante el año 2016 (las registradas en el libro de llamados de emergencia de equipos), las cuales se clasificaron en diferentes Subsistemas para referenciar los tipos de fallas y asociarlos a cada área de la máquina. (esto se aplica a cada máquina)

Por ejemplo:

Referencia – componentes – modos de fallas.

Mangueras y válvulas de distribución están referenciadas al subsistema del dispensado y distribución de agua y químicos detergentes.

Porta fusibles/fusibles, tarjeta de fuente de poder, tarjeta de entradas/salidas y tarjeta de memoria están ligadas al Sistema de Control. Entre otros.

Con esto se logra ordenar un poco la información para que sea as amigable con el lector y fácil de identificar.

Tras el análisis en los equipos de lavandería se logra identificar los tipos de fallas que se producen con mayor frecuencia y cuales tienen mayor efecto perjudicial en el proceso de acuerdo al NPR.

Prioridad de NPR:

- Entre 500 – 1000 → Alto riesgo de falla.
- Entre 125 – 499 → Riesgo de falla medio.
- Entre 1 – 124 → Riesgo de falla bajo.
- 0 → No existe riesgo de falla.

Los resultados obtenidos fueron:

4.5.1 Lavadoras extractoras de ropa

Riesgo de falla Baja.

- Válvulas distribuidoras de caudal (Agua y químicos detergentes)
- Pernos y tuercas de fijación de puerta de lavadora y estructura.
- Pestillo de puerta lavadora
- Porta fusible y fusible.
- Tarjetas de fuente de poder.
- Tarjetas de entradas y salidas.
- Tarjeta de memoria.

Riesgo de fallas medio.

- Mangueras dispensadoras.
- Empaquetaduras. (puerta de lavadora)
- Cilindros Neumáticos del sistema de Frenos

En los equipos de lavandería no se registran fallas que posean un alto riesgo, es decir, que pongan en peligro el equipo, el proceso productivo ni a los operarios del recinto de lavandería.

4.5.2 Secadoras Industriales.

Riesgo de falla Bajo.

- Motor.
- Tarjeta de control/tarjeta de entradas y salidas.
- Tablero de encendido.
- Porta Fusible/Fusible.
- Válvulas de vapor.

Riesgo de falla Medio.

- Correas de transmisión.
- Sensor de Giro.
- Ejes.
- Turbina (Blower)

No se registran fallas de alto riesgo.

4.5.3 Rodillo Planchador.

Riesgo de falla Bajo.

- Cintas guía.
- Líneas de vapor.

Riesgo de falla Medio.

- Rodillo de compresión.

No se registran fallas de alto riesgo.

4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL LAVANDERIA.

El mantenimiento de los equipos de lavandería del Hospital Regional de Concepción actualmente está a cargo de la empresa Marsol S.A, la cual una vez cada dos meses asiste a cada uno de los equipos comprometidos en el área, realizando un chequeo general de los diferentes componentes y estado de las maquinas. También realiza mantenimiento preventivo si el plan lo establece.

Además de la visita cada dos mensual por equipo, Marsol cuenta con una especie de compromiso en el contrato con el HGGB, la cual establece que al fallar un equipo de forma repentina la empresa debe enviar técnicos capacitados al recinto para resolver la falla en el menor tiempo posible. A estas fallas les conocemos como “emergencias”.

A continuación, se presenta un extracto del plan de mantenimiento mensual que se le aplica a cada equipo mencionado.

Revisión del equipo	OK	MAL
Revisar fugas de mangueras de agua (si aplica)	✓	
Revisar fugas de mangueras y conexiones de vapor (si aplica)	✓	
Revisar aislación de cables y conexiones eléctricas (si aplica)	✓	
Revisar enclavamiento de la puerta (si aplica)	✓	
Realizar limpieza de filtros de ventilación en control (si aplica)	✓	
Realizar limpieza de comando eléctrico (si aplica)	✓	
Realizar limpieza de motores de lavado y extracción (si aplica)	✓	
Revisar Bultete de la puerta (si aplica)	✓	
Realizar limpieza de válvula de desagüe (si aplica)	✓	
Revisar válvulas de entrada de agua (si aplica)	✓	
Revisar válvulas de vapor (si aplica)	✓	
Realizar lubricación de sellos y rodamientos (si aplica)	✓	
Revisar Correas de Transmisión (si aplica)	✓	
Realizar reapriete de pernos de motores (si aplica)	✓	
Realizar reapriete de pernos de rodamiento eje Jackshaft al torque recomendado (si aplica)	✓	
Realizar reapriete de pernos de anclaje (si aplica)	✓	
Revisar y limpiar dispensador de detergentes (si aplica)	✓	
Realizar desincrustación (si aplica)	✓	
Revisar consumos eléctricos (si aplica)	✓	
Observación:		

Figura 4.17 Check list – Lavadora.

(Plan Mantenimiento, Marsol S.A)

Revisión del equipo	OK	MAL
Revisar y limpiar filtro de pelusas	✓	
Revisar estado de burletes	✓	
Revisar estado de chapa	✓	
Revisar estado de bisagras	✓	
Revisar estado de switches	✓	
Revisar estado comando eléctrico	✓	
Revisar timer de Secado	✓	
Revisar timer de enfriado	✓	
Revisar canasto de excentricidad	✓	
Revisar araña	✓	
Revisar eje de canasto	✓	
Revisar rodamiento de canasto	✓	
Revisar polea	✓	
Revisar caja Reductora	✓	
Revisar nivel de caja reductora	✓	
Revisar correa de transmisión	✓	
Revisar Motores	✓	
Revisar turbina	✓	
Revisar sensores	✓	
Revisar quemadores	✓	
Revisar la no existencia de fuga de gas (si aplica)	✓	
Revisar trampas de vapor	✓	
Revisar filtro de vapor	✓	
Observaciones:		

Figura 4.18 Check list – Secadoras

(Plan mantenimiento Marsol S.A)

Revisión del equipo	OK	MAL
Realizar Limpieza General	✓	
Revisar cadenas de transmisión	✓	
Revisar correas de transmisión	✓	
Realizar limpieza de motores	✓	
Realizar limpieza de comando eléctrico	✓	
Revisar estado de conexiones y cables	✓	
Revisar Bandas de Nomex	✓	
Revisar bandas de Canvas	✓	
Revisar Rodamientos con descanso	✓	
Revisar Rodillos de transmisión	✓	
Revisar Rodillos de Compresión	✓	
Revisar Flaper (ducto de salida)	✓	
Realizar reapriete de prisioneros (todos)	✓	
Revisar cambio de aceite de reductor (cambiar una vez al año)	✓	
Revisar junta rotatoria (vapor)	✓	
Revisar sensores de temperatura	✓	
Realizar lubricación	✓	
Realizar Medición de Consumos	✓	
Revisar quemador (gas)	✓	
Revisar la no existencia de fuga de gas	✓	
Revisar Calefactores (eléctrico) Amperaje	✓	
Observaciones		

Figura 4.19 Check list - Rodillo planchador

(Plan mantenimiento, Marsol S.A)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras el análisis realizado en los equipos de lavandería y gracias a nuestra primera metodología de trabajo aplicada, la cual es el diagrama de Pareto, podemos ver de una manera más clara la información y poder percatarnos de las anomalías que existen en el proceso de lavado, las cuales nos indican en este caso que las lavadoras poseen el más alto porcentaje de detenciones con respecto a los demás equipos comprometidos en el área. Aproximadamente el 57,37% de las fallas radica en ellas.

Gracias a este resultado pudimos saber cuáles son los equipos más críticos en cuanto a número de fallas aleatorias y poder realizar un estudio de ellos para mejorar su comportamiento y funcionamiento.

Pareto nos recomienda tras su lógica, que, al mejorar el mantenimiento solo en las lavadora N°3,2 y 1, se reduciría la tasa de fallas de lavandería a la mitad.

Al aplicar nuestro segundo método de análisis, el cual constó de un estudio de modos y efectos de fallas en cada uno de los equipos se lograron los siguientes resultados.

En el caso de las lavadoras ni una detención se presenta como una falla de alto riesgo, si no que la mayoría son de bajo riesgo, por lo que significa que no hay que tener mayor cuidado ellas, salvo con diversos componentes como lo son las mangueras que distribuyen fluido dentro de las lavadoras, pernos y tuercas de fijación de las puertas y componentes varios, las fracturas de los pestillos y pasadores de las puertas y las empaquetaduras los cuales tras el estudio AMEF, nos indica que son fallas de rango medio, lo que significa que puede afectar proceso de lavado teniendo que detener el equipo afectado un tiempo prolongado.

En el caso de las secadoras hay un menor porcentaje de fallas, pero la gran mayoría de ellas son fallas con un riesgo medio, que quiere decir esto, que son fallas que pueden sacar de funcionamiento el equipo por un tiempo más prolongado a los demás, poniendo en riesgo partes vitales del equipo, teniendo que detener el proceso de secado bajando la productividad, en este caso disminuyendo la cantidad de ropa limpia para los pacientes.

Con respecto al rodillo planchador, las fallas y detenciones son mínimas, alcanzado un 3% del total de fallas anuales. Estas se presentan con un número de prioridad bajo, por lo que su rendimiento no se ve afectado.

Para mejorar la tasa de fallas de los equipos de lavandería, evidentemente hay que enfocarse en las lavadoras extractoras de ropa, ya que estas son las que poseen mayor porcentaje de detenciones anualmente.

Tras los estudios y análisis hechos nos damos cuenta que estas no presentan fallas de alto riesgo y solo fallas comunes y de mediano riesgo, pero con una frecuencia muy a menudo, lo que es un tanto inusual, ya que en años anteriores no ocurría y el número de detenciones no sobrepasaba el centenar.

El plan de mantenimiento preventivo actual, realizado por Marsol S.A. desde hace ya 7 años, contempla un chequeo mensual en los cuales se revisa el equipo completamente, por lo que no se explica que cada vez aumenten las fallas por llamados de emergencia.

Esto lleva a concluir simplemente que dichos equipos están experimentando el efecto del envejecimiento, ya que estos llevan aproximadamente 31 años de servicio y el ciclo de vida de estos es de 15 a 20 años.

De acuerdo a la curva de la bañera de mantenimiento o bien conocida como curva de Davies, nos indica que los equipos cumplen 3 etapas en su vida; etapa de mortalidad infantil, vida útil y etapa de envejecimiento, es en esta última etapa en la cual la tasa de fallas aumenta debido a que los componentes fallan por degradación de sus características por el transcurso de tiempo. Aún con reparaciones y mantenimiento, la tasa de fallo aumenta, hasta que resulta demasiado costoso el mantenimiento, por lo que es recomendable considerar una renovación de lavadoras, innovar tanto en tecnología y mejorar el servicio para los pacientes.

Recomendaciones

- Lavadoras están sobrepasadas en cuanto a su vida útil, por lo que las fallas irán aumentando irremediablemente puesto que están en su última etapa, “etapa de vejez”, se recomienda aumentar la frecuencia de mantenimiento de una vez cada mensual a dos veces por mes cada lavadora, puesto que las fallas se presentan con mayor frecuencia.
- Utilizar repuestos originales recomendado por el fabricante.
- Capacitar a los operarios de los equipos para que tengan noción de los tipos de fallas a los que se pueden ver enfrentados y si está al alcance reparar de inmediato y registro de horas de detención.
- A pesar de poseer una cantidad o listado de fallas y/o detenciones, nos es bastante difícil determinar qué equipo posee menor disponibilidad/confiabilidad, ya que no se tienen los tiempos medios entre reparaciones ni tiempos medios entre fallas para obtener dichos parámetros. Se recomienda establecer pauta de horarios para cada una de las detenciones ocurrentes a futuro, en donde se agregue los tiempos medios entre reparación y entre fallas. Pauta agregada en anexos.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

ANEXOS

ANEXO A: TABLAS AMEF LAVADORAS EXTRACTORAS DE ROPA.

REFERENCIA	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODOS DE FALLO	EFFECTOS DE FALLO	CAUSA DEL FALLO	S	O	D	NPR
Dispensador de Detergente - Agua	Válvula Distribuidora de Caudal	Distribución de Detergente para cada proceso de Lavado.	Falta de estanqueidad	Fugas del Fluido	Corrosión y/o fisuras Interna	7	3	2	42
			Fallo en Operación	No proporciona la cantidad de Detergente o agua para lavado ideal	Obstrucción o bloqueo de la Válvula.	6	3	3	54
					Cierre Defectuoso	6	3	3	54
					Acciones Incontroladas	8	3	2	48
					Sobrepresión de Demanda	7	3	3	63
			Roto	Perdida del Fluido	Corrosión Erosión Cavitación	8	2	4	64
					Factor Humano	8	3	3	72
					Impacto – Vibraciones	8	3	5	96
					Sobrepresión de trabajo	8	3	4	96
	Mangueras Dispensadoras	Distribución de fluido de un punto a otro	Obstrucción de la manguera	No hay paso de Fluido	Partículas o elementos alojado en el interior de ella	6	2	3	36
			Desconexión	No hay paso de Fluido	Sobre Presión	7	4	1	28
					Factor Humano				
	Fisuras	Perdida del Fluido	Desgaste por Fatiga Partículas Sólidas en el Interior	8	4	4	128		

REFERENCIA	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODOS DE FALLO	EFECTO DE FALLO	CAUSA DEL FALLO	S	O	D	NPR
Puerta de Lavadora	Pernos y Tuercas de Fijación	Fijación de distintos componentes de la puerta del equipo	Fractura	Apertura de la puerta, expulsando indumentaria y fluido dentro de la lavadora	Sobre esfuerzo	10	5	2	100
					Corrosión	10	4	2	80
					Mala Elección de Material	10	3	4	120
					Factor Humano	10	4	2	80
					Concentrador de Esfuerzo	10	5	2	100
	Pestillo De Puerta	Bloqueo de apertura cuando la maquina está en funcionamiento	Fractura de pasadores	Apertura indeseada de la puerta del equipo, liberando fluidos y ropa del interior.	Factor Humano	10	4	3	120
					Sobre Esfuerzo	10	4	3	120
					Mala elección de material	10	4	3	120
	Empaquetadura	Impide la Fuga de fluidos hacia el exterior	Desgaste	Posibles Fugas al exterior	Fatiga	6	4	7	168
					Rotura	Fugas de fluidos al exterior	Mala calidad del componente	7	5
Factor Humano			7	5			5	175	

REFERENCIA	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODOS DE FALLO	EFFECTOS DE FALLO	CAUSA DEL FALLO	S	O	D	NPR
Sistema de Control	Fusible – Porta Fusible	Componente de seguridad utilizado para prevenir daños por exceso de corriente eléctrica en un circuito.	Se Quema	Corta el paso de la energía eléctrica del circuito	Sobre Carga Eléctrica	8	2	6	96
					Mala conexión del circuito	8	2	6	96
					Corto Circuito	8	2	6	96
	Tarjeta de Fuente de Poder	Otorga la energía necesaria para alimentar el equipo.	Se Quema	Des energiza el equipo completamente, no hay paso de corriente eléctrica.	Sobre carga eléctrica	8	2	6	96
			Desconexión		Exceso de vibraciones o movimientos bruscos del componente	8	2	6	96
	Tarjetas de Entradas y Salidas	Genera señales de pulso para los distintos puntos de distribución.	Se Quema	No se generan señales en el dispositivo para su correcto funcionamiento	Sobre Carga Eléctrica	9	2	6	108
	Tarjeta de Memoria	Almacena información necesaria de distintos programas de lavado.	Se Quema	Distintos programas de lavado se pierden y se debe volver a integrar programas	Sobre Carga Eléctrica	9	1	6	54

REFERENCIA	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODOS DE FALLO	EFFECTOS DE FALLO	CAUSA DEL FALLO	S	O	D	NPR
Sistema de Frenos	Cilindros Neumáticos	Transformar Energía del Aire comprimido en Mecánica, de forma rectilínea.	Fugas	No permite que se lleven a cabo las carreras del vástago con la fuerza requerida.	Sellos en mal estado.	6	4	6	144
					Grietas por Sobre esfuerzos.	7	3	6	126
					Instalación Defectuosa.	5	4	6	120
					Desgaste componentes	7	5	6	210
			Deformación.	Dificulta la carrera del vástago, provocando además la rotura del cilindro en sí.	Sobre esfuerzos.	8	4	7	224
					Mal Dimensionamiento.	8	4	7	224
					Exceso de vibraciones.	8	4	7	224

ANEXO B: TABLA AMEF SECADORAS.

SUBSISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR
Sistema de rotación Tambor	Correas	Encargadas de la transmisión de energía mecánica	Rotura	Se pierde la transmisión completa del mecanismo. No hay giro de tambor	Mala elección de la correa	10	3	4	120
					Sobre Esfuerzos	10	7	4	280
					Desgaste excesivo o grietas	10	7	4	280
			Correas se giran o salen de las poleas	No se transmite la energía necesaria de giro, se pierde fuerza.	Mala elección de la correa o poleas	8	7	2	112
					Exceso de vibraciones en el sistema	8	7	4	224
					Desalineación o ejes torcidos	8	7	4	224
					Tensión Incorrecta	8	7	5	280
	Sensor de giro	Detectan los cambios del número de revoluciones y de la velocidad de sistemas transportadores y máquinas rotativas	Desconexión	No se puede controlar proceso de secado por medio de Rpm. Es decir no se puede utilizar la maquina	Exceso de vibraciones	9	7	4	252
					Mala instalación	7	6	4	168
			No Sensa		Conexión defectuosa	9	5	4	180
					Sobrecalentamiento (se quema)	10	4	6	240
					Programa integrado no responde	10	5	6	300
					Distancia de sensado inadecuada	6	5	5	150
					Des configuración del programa integrado	8	5	4	160
Sensado erróneo	8	4	6	192					

REFERENCIA	COMPONENTE	FUNCION	MODOS DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	S	O	D	NPR
Sistema de rotación del tambor	Ejes	Guía el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas	Fractura	No hay transmisión de movimiento rotativo y energía	Alta carga de torsión	10	3	3	90
					Mala elección del material y diseño	10	3	3	90
					Grietas severas	10	3	3	90
					Fatiga	10	3	3	90
			Deformación	Se genera gran cantidad de vibraciones en el sistema, dañando elementos asociados	Cargas de flexión	6	5	6	180
					Exceso de vibraciones	6	5	6	180
					Mala elección del material y diseño	6	5	6	180
					Temperatura elevada	6	5	6	180
			Desgaste	provoca vibraciones perjudicando la transmisión	Mala Lubricación	5	5	3	75
					Baja dureza superficial	5	5	3	75
	Juego excesivo entre componentes	5			5	3	75		
	Motor	Genera energía o movimiento rotativo	No arranca	No genera movimiento rotatorio	Circuito o componentes eléctricos defectuosos	10	3	4	120
					No hay energía eléctrica	7	3	3	63
			Se quema	No hay movimiento rotatorio	Componentes eléctricos defectuosos	10	3	4	120
Mala instalación eléctrica					10	3	4	120	

SUBSISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODOS DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR
Sistema de control	Tarjeta de control	Permite conectar componentes como microcontroladores para agregar funciones en un programa	Se quema	No hay pulso o señales para el accionamiento de componentes	Mal conexionado	8	2	4	64
			Desconexión		Corto circuito	8	2	3	48
					Exceso de vibraciones	7	3	4	84
	Porta Fusible - fusible	Componente de seguridad utilizado para prevenir daños por exceso de corriente eléctrica en un circuito.	Se Quema	Corta el paso de la energía eléctrica del circuito	Sobre carga eléctrica	8	2	6	96
					Mala conexión del circuito	8	2	6	96
					Corto circuito	8	2	6	96
	Tablero de encendido	Señaliza y comanda distintas acciones (on/off)	Desconexión	No acciona on/off	Mala conexión	7	2	4	56
					Exceso de vibraciones	7	2	4	56
			Se Quema	No acciona on/off	Mala conexión	8	3	4	96
					Corto circuito	8	3	4	96
	Tarjeta de entradas y salidas	Genera señales de pulso para los distintos puntos de distribución.	Se quema	No se generan señales en el dispositivo para su correcto funcionamiento	Mala conexión	8	2	6	96
Sobre carga					9	2	6	108	

SUBSISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR
	Válvula de vapor	Distribución de Detergente para cada proceso de Lavado	Falta de estanqueidad	Fugas del Fluido	Corrosión y/o fisuras Interna	7	3	2	42
			Fallo en Operación	No proporciona la cantidad de vapor para lavado ideal	Obstrucción o bloqueo de la Válvula.	6	3	3	54
					Cierre Defectuoso	6	3	3	54
					Acciones Incontroladas	8	3	2	48
					Sobrepresión de Demanda	7	3	3	63
			ROTO	Perdida del Fluido	Corrosión Erosión Cavitación	8	2	4	64
					Factor Humano	8	3	3	72
					Impactos – Vibraciones	8	3	5	96
					Sobrepresión de trabajo	8	3	4	96
			Turbinas (Blower)		Vibraciones	Exceso de ruido	Cojinetes en mal estado	7	4
	No gira	No hay fuerza centrifuga			Cojinetes en mal estado	7	4	5	140
					Mala lubricación	6	5	3	90
					Eje dañado	9	4	3	108
					Acoplamiento dañado	9	5	4	180
	Rotura de alabe	Perdida fuerza centrifuga			Corrosión/Cavitación	7	3	5	105

ANEXO C: TABLA AMEF RODILO PLANCHADOR.

SUBSISTEMA	COMPONENTE	FUNCION	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA	CAUSA DE FALLA	S	O	D	NPR
Guía	Cintas Guía	Guiar las Diferentes prendas a través del Rodillo Planchador	Rotas	No hay movimiento de las prendas a través del rodillo planchador	Desgaste	10	5	2	100
					Mala Instalación	10	5	2	100
Sistema De Rotación Central	Rodillo de Compresión	Planchar las prendas por medio de la compresión	No hay rotación	No se puede llevar acabo el planchado	Sistema de Transmisión	10	5	1	10
					Alimentación eléctrica	9	5	3	135
					Ropa atorada	9	5	1	45
			Sobrecalentamiento	Planchado defectuoso	Termostato dañado	9	3	4	108
Líneas de Vapor	transportar vapor al equipo para un mejor proceso de planchado	Fractura	Deformación	Filtración de vapor	Sobre esfuerzo	7	3	2	42
					Desgaste por corrosión o incrustaciones	7	2	2	28
					Sobresfuerzo	5	2	3	30
					Mala Instalación	7	3	4	84
					Sobrepresión en la línea	7	3	3	63
					Desconexión en las uniones o accesorios	Mal estado de Accesorios	7	3	4

