

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

**EVALUACIÓN MEDIANTE RCM DE UN AUTOCLAVE DEL  
HOSPITAL CLÍNICO REGIONAL GUILLERMO GRANT  
BENAVENTE (HGGB)**

Proyecto de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero de Ejecución en Mecánica de  
Procesos y Mantenimiento Industrial.

Alumno:

Eduardo Esteban Mendoza Muñoz

Profesor Guía:

Ing. Eduardo Aracena Cuellar

*Dedicatoria:*

*Las gracias primero a Dios, que me ayudo en toda mi vida universitaria. A mi abuelo y abuela que en paz descansan. Que siempre creyeron en mi y en mis capacidades y a mis padres y hermanos, que gracias a ellos soy todo lo que soy y todo lo que he logrado hasta hoy.*

## **RESUMEN**

KEYWORDS: MANTENIMIENTO, ANÁLISIS DE FALLAS, CONFIABILIDAD, RCM.

Este trabajo se desarrolla bajo la premisa de reducir los tiempos de detención (debido a mantenimientos o a fallas) de uno de los autoclaves de la central de esterilización del Hospital Clínico Regional Dr. Guillermo Grant Benavente.

Se realizó un estudio con metodología RCM (por sus siglas en inglés Realibility Centred Maitenance) mediante los datos recopilados por empresas contratistas (registros de intervenciones, catálogos del fabricante, etc) bajo el mandato del departamento de desarrollo industrial del hospital, para luego proponer un plan de mantenimiento que de solución a los actuales tiempos muertos producidos por fallas no previstas en el equipo estudiado.

Luego de los análisis se detectaron problemáticas en cuanto a la frecuencia de los mantenimientos se refiere y en la forma de registro de la ejecución de actividades ligadas a mantenciones programadas, para lo cual se recomiendan algunas soluciones que mejoren considerablemente los estándares a los que se debe someter un proceso de esterilización de material clínico.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos .....	2
METODOLOGÍA .....	3
MARCO TEÓRICO .....	4
CAPÍTULO 1:    DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL AUTOCLAVE Y ÁREA DE EMPLAZAMIENTO .....	6
1.1    Antecedentes del hospital .....	7
1.2    Diagnóstico de funcionamiento y operación del área de esterilización .....	8
1.2.1    Detalle del proceso .....	8
1.2.2    Suministros requeridos .....	8
1.2.3    Productos del proceso .....	10
1.3    Contexto operacional del área de esterilización .....	12
1.3.1    Descripción autoclave Matachana S-1000 .....	13
CAPÍTULO 2:    ANÁLISIS DEL AUTOCLAVE MATACHANA S-1000 MEDIANTE METODOLOGÍA RCM .....	23
2.1    Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) .....	24
2.2    Conceptos del RCM .....	24
2.2.1    Contexto Operacional .....	25
2.2.2    Funciones .....	25
2.2.3    Fallas Funcionales o Estados de Falla .....	25
2.2.4    Modos de falla .....	25
2.2.5    Efectos de falla .....	26
2.2.6    Categoría de consecuencias .....	26
2.2.7    Diferencia entre efectos y consecuencias de falla .....	27
2.2.8    Diferencia entre fallas funcionales y modos de falla .....	27
2.2.9    Fallas ocultas .....	27
2.3    Distintos tipos de mantenimiento .....	28

2.3.1	Mantenimiento predictivo.....	28
2.3.2	Mantenimiento preventivo.....	29
2.3.3	Mantenimiento correctivo.....	29
2.3.4	Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas .....	30
2.4	Análisis de confiabilidad.....	31
2.4.1	Recopilación de datos .....	31
2.4.2	Hoja de información RCM del autoclave Matachana S-1000 .....	32
CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ESTUDIO DE CONFIABILIDAD .....		54
3.1	hoja de decisión RCM.....	55
3.1.1	Diagrama de decisión RCM.....	55
3.1.2	Evaluación de las consecuencias de la falla.....	56
3.1.3	Factibilidad técnica de tareas proactivas .....	57
3.1.4	Las preguntas “a falta de” .....	58
3.2	Hojas de decisión rcm del autoclave matachana s-1000.....	60
3.3	Programa de inspecciones periódicas al AUTOCLAVE MATACHANA S-1000... .....	70
CONCLUSIONES .....		75
BIBLIOGRAFÍA .....		76
ANEXOS .....		77
HOJA DE DECICIÓN RCM .....		78
.....		78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Diagrama de flujo de autoclave.....	10
Figura 1-2: Gráfico (perfil de Presión) de un ciclo de producción .....	14
Figura 1-3: Vista frontal autoclave S-1000.....	16
Figura 1-4: Vista posterior autoclave S-1000 .....	17
Figura 1-5: Vista lateral autoclave S-1000 .....	18
Figura 1-6: Normativas del autoclave S-1000 .....	19
Figura 1-7: Autoclave Matachana S-1000 .....	20
Figura 1-8: Sistema Venturi para vaciado de cámara .....	21
Figura 1-9: Depósito de agua con serpentín.....	21
Figura 1-10: Microordenador industrial.....	22
Figura 1-11: Conexiones del PLC.....	22
Figura 3-1: Estructura hoja de decisión RCM .....	55
Figura 3-2: Metodología de registro de las consecuencias de falla en la hoja de decisión.....	56
Figura 3-3: Resumen de las consecuencias de la falla .....	57
Figura 3-4: Criterios de factibilidad técnica.....	58
Figura 3-5: Las preguntas “A Falta de” .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Listado de programas estándar para autoclave S-1000 .....	14
Tabla 2-1: Hoja de información RCM del módulo de control y registro .....	32
Tabla 2-2: Hoja de información RCM de la unidad de regulación del aire comprimido.	40
Tabla 2-3: Hoja de información RCM de unidad de vacío y enfriamiento.....	45
Tabla 2-4: Hoja de información RCM del generador vapor – vapor .....	49
Tabla 2-5: Hoja de información RCM de la unidad de desagüe .....	52
Tabla 2-6: Hoja de información RCM del panel de control eléctrico.....	53
Tabla 3-1: Hoja de decisión RCM del módulo de control y registro .....	60
Tabla 3-2: Hoja de decisión RCM de la unidad de regulación de aire comprimido .....	63
Tabla 3-3: Hoja de decisión RCM de la unidad de vacío y enfriamiento .....	65
Tabla 3-4: Hoja de decisión RCM del generador vapor – vapor .....	67
Tabla 3-5: Hoja de decisión RCM de la unidad de desagüe .....	68
Tabla 3-6: Hoja de decisión RCM del panel de control eléctrico .....	69
Tabla 3-7: Descripción de funciones .....	70
Tabla 3-8: Programa de inspecciones diarias del autoclave Matachana S-1000 .....	70
Tabla 3-9: Programa de inspecciones semanales del autoclave Matachana S-1000.....	70
Tabla 3-10: Programa de inspecciones mensuales del autoclave Matachana S-1000 .....	71
Tabla 3-11: Programa de inspecciones cuatrimestrales del autoclave Matachana S-1000.....	72
Tabla 3-12: Programa de inspecciones trimestrales del autoclave Matachana S-1000 ...	72
Tabla 3-13: Programa de inspecciones a condición del autoclave Matachana S-1000....	73

## SIGLA Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS

ASME : American society of mechanical engineers (sociedad americana de ingenieros mecánicos).

CAA : Centro de atención ambulatoria.

CE : Conformité Européenne (conformidad europea).

DEP : Directiva de equipos a presión (comunidad europea).

HGGB : Hospital Guillermo Grant Benavente.

ISO : International organization for standardization (Organización internacional de normalización).

MINSAL : Ministerio de salud de Chile.

PLC : Programmable Logic Controller (controlador lógico programable).

RCM : Reliability centred maintenance (mantenimiento centrado en confiabilidad).

SAE : Society of automotive engineers (sociedad de ingenieros automotrices).

TPC : Torre de pacientes críticos.

OM : Operador mecánico

OE : Operador eléctrico

TA : Técnico autoclave

OT : Operador mantención

DDI : Departamento de desarrollo industrial HGGB

## SIMBOLOGÍA

bar : Bar

HP : Caballo de fuerza

gal/min : Galones por minuto

°C : Grado Celsius

Hz : Hercio

h : Hora

kW : Kilovatio

PSI : Libras por pulgada cuadrada

L : Litro

L/min : Litros por minuto

µm : Micrón

mm : Milímetro

mmol/L : Milimol por litro

min<sup>-1</sup> : Minuto a la menos uno

Pa : Pascal

V : Voltio

pH : Coeficiente de acidez o alcalinidad de una disolución

v/v : Concentración volumen - volumen

ppm : Partes por millón

% : Porcentaje

## **INTRODUCCIÓN**

El Hospital Clínico Regional Dr. Guillermo Grant Benavente de Concepción es un establecimiento asistencial tipo 1 que cuenta con 16 servicios clínicos a nivel general, con una capacidad de 906 camas y una atención a más de 700.000 personas en la región, que comprende a las comunas de Concepción, San Pedro De La Paz y Chiguayante, es el hospital más grande y uno de los más antiguos del país lo que lo revierte de cierta importancia a nivel nacional en cuanto a variedad y áreas críticas de atención se refiere.

Actualmente esto infiere un alto flujo de trabajo en la mayoría de sus áreas y que, dependiendo de la época del año este flujo aumenta o disminuye, saturando o aliviando los diversos procesos que se llevan a cabo en sus instalaciones.

Más específicamente en el área de esterilización, que es una de las áreas críticas del hospital se procesa una alta cantidad de material usado en variados procedimientos como cirugías, almacenamiento de sustancias, etc. Esta esterilización de material se realiza las 24 horas del día, para mantener constantemente abastecido al hospital de material esterilizado. Este proceso se lleva a cabo por medio de equipos específicos, algunos como: lavadoras termodesinfectadoras, esterilizadores de plasma y autoclaves. Este último es uno de los equipos más indispensables en el área, la cual requiere que funcione óptimamente la mayor cantidad de tiempo posible. Actualmente en el hospital esto no es así, puesto que en ocasiones no se tiene la disponibilidad de estos equipos debido a mantenimientos, fallas imprevistas, sobrecargas en el suministro central de vapor, etc.

Por esta causa se realizará un análisis con metodología RCM que pueda dar una visualización de la confiabilidad que actualmente posee la máquina, para luego proponer un plan de mantenimiento que mejore los resultados inicialmente obtenidos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la disponibilidad de un equipo de esterilización de instrumental hospitalario mediante un análisis RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad).

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el funcionamiento y operación del área de esterilización.
- Analizar el autoclave Matachana S-1000 mediante metodología RCM.
- Proponer un plan de mantenimiento basado en los resultados obtenidos del estudio de confiabilidad.

## **METODOLOGÍA**

El estudio se realizó en la central de esterilización del hospital clínico regional Dr. Guillermo Grant Benavente (HGGB) perteneciente al zócalo de la torre de pacientes críticos (TPC).

Para lograr los objetivos propuestos, fue necesario comprender detalladamente el funcionamiento del autoclave Matachana S-1000 y su participación en el proceso de esterilizado de la central.

Mediante la recopilación de datos técnicos relacionados al proceso de esterilizado en su mayoría manuales y catálogos, así como de visitas en terreno, se realiza el diagnóstico del funcionamiento, su área de emplazamiento y condiciones de operación del autoclave.

Para una mayor comprensión, se representó el funcionamiento del sistema en un diagrama de flujo del autoclave que esquematiza a rasgos generales el proceso de esterilizado. Visualizando cada una de las etapas y productos resultantes del autoclave Matachana S-1000, así como también los suministros requeridos por el proceso.

La realización del estudio de confiabilidad se basó en las condiciones de operación anteriormente observadas y aplicadas según la norma SAE JA 1011 a la información relacionada tanto del sistema estudiado y conociendo el contexto operacional del equipo seleccionado, se realiza el proceso RCM, identificando sus funciones, fallas funcionales y analizando sus modos y efectos de falla.

Una vez efectuado el análisis, se plantean las tareas propuestas y se definen las acciones de mantenimiento basado en hojas de decisiones. Finalmente se plantean las recomendaciones y optimizaciones que se pueden implementar.

## MARCO TEÓRICO

Actualmente el área de la salud en Chile está en constante expansión, esto se puede explicar por una combinación de factores, algunos como: el aumento de las expectativas de vida, el incremento del ingreso per cápita o por el creciente interés por parte de las personas de su cuidado personal y la vida más sana. Esto causa que la infraestructura hospitalaria deba crecer constantemente para lograr satisfacer a todos los usuarios del sistema de salud público. (MINISTERIO DE SALUD, 2013).

Junto con el crecimiento de la infraestructura se tiene también el incremento de equipamiento necesario para todas las áreas clínicas de un hospital. Esto abarca desde sistemas de comodidad para usuarios y funcionarios como también equipos indispensables para los procedimientos médicos llevados a cabo en las instalaciones de un hospital.

El Hospital Regional Guillermo Grant Benavente (HGGB) no es la excepción en lo que respecta a equipamiento y procesos necesarios en un hospital. Por lo cual necesita tener todos sus sistemas críticos operativos las 24 horas del día. Es en esta condición de funcionamiento donde se hace necesario un mantenimiento planificado y en base a esto asegurar la confiabilidad de los equipos, para de esta forma garantizar la operatividad del equipamiento.

Este estudio se enfoca en una de los equipos críticos del Hospital Regional Guillermo Grant Benavente (HGGB): Autoclave. La función de este equipo es higienizar y esterilizar el material clínico utilizado en diversos procedimientos médicos, algunos como: cirugías, curaciones, tratamientos, terapias, etc. (MATACHANA, 2015).

Para asegurar la confiabilidad operacional, pudiendo así, definir parámetros se opta por un análisis RCM (Reliability Centred Maitenance – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), el cual permitirá conocer la permanencia del funcionamiento de este equipo en condiciones de uso intenso, además posibilitaría conocer en qué momento sustituirlo. (MOUBRAY, 1997).

La central de esterilización juega un rol imprescindible para el hospital, puesto que de ella dependen muchas otras áreas críticas, las cuales necesitan los más altos estándares de calidad en la producción. Siendo una de las áreas más importantes del hospital implica un constante proceso de mantenimiento de su funcionamiento, el cual es llevado a cabo actualmente por empresas contratistas, las cuales cumplen con los planes de mantenimientos predispuestos por el hospital o en el caso más puntual por el C.R. operaciones subdivididas en el departamento de desarrollo industrial.

**CAPÍTULO 1:**      **DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO Y**  
**OPERACIÓN DEL AUTOCLAVE Y ÁREA DE**  
**EMPLAZAMIENTO**

## 1.1 ANTECEDENTES DEL HOSPITAL

Entre 1570 y 1835 las diversas construcciones destinadas a hospital de la ciudad fueron destruidas por sublevaciones indígenas y violentos terremotos que asolaron esta parte de país. Así durante muchos años, en diversas ubicaciones este recinto hospitalario recibió el nombre de Hospital San Juan de Dios o de la Misericordia.

Sin embargo, el nacimiento formal de un recinto llamado Hospital Regional de Concepción se remonta a 1943. Ese año la Universidad de Concepción cede dos edificios donde funcionaban las facultades de Leyes y Educación, para hacer funcionar un establecimiento sanitario de emergencia, mientras se reconstruye el anterior hospital devastado por el Terremoto de 1939. En julio de 1940 se dio inicio a las obras, el cual se abrió al servicio público en marzo de 1943, siendo inaugurado oficialmente el 27 de Mayo de 1945, denominándose inicialmente Hospital Clínico Regional de Concepción, nombre que se modifica por Ley 17.222 de fecha 28 de Octubre de 1969, desde entonces “Hospital Clínico Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant Benavente”.

Allí se construye un edificio de cinco pisos y un subterráneo, que fue concebido para 600 camas de hospitalización y un pequeño policlínico para la atención de la época, todo cobijado en más de 20 mil metros cuadrados.

Luego, dado el brusco aumento de la población, en 1987 se construye un edificio contiguo al ya existente, con seis pisos y un subterráneo, cuya superficie es de 11 mil metros cuadrados, denominado “Torre de servicios de urgencia” y en marzo de 1989 se agrega el Servicio de Psiquiatría.

El año 2010 se inaugura el nuevo Centro de Atención Ambulatoria, edificio de 6 pisos y 18.000 mt<sup>2</sup> que cobija el Consultorio Adosado de Especialidades, que atiende 25 especialidades médicas y cuenta con pabellones de Cirugía Mayor Ambulatoria

## **1.2 DIAGNÓSTICO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL ÁREA DE ESTERILIZACIÓN**

### 1.2.1 Detalle del proceso

La central de esterilización del Hospital Clínico Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant Benavente, ubicada en el zócalo del edificio TPC (Torre Pacientes Críticos), abarca casi la totalidad del instrumental usado en el hospital, dando cubrimiento a los edificios: TPC, CAA (Centro de Atención Ambulatoria) y en ocasiones producto de la sobredemanda a la torre Monoblock.

Funciona las 24 horas del día, siendo controlada por operarios en diferentes turnos, los cuales velan por el correcto funcionamiento del área. Su principal función es controlar parámetros de los diferentes suministros utilizados en el área. Siendo los principales: agua caliente, agua fría, agua tratada, aire comprimido y electricidad.

La central de esterilización esta provista además de sistemas de evacuación de los desechos resultantes de los procesos. Esto se refiere a un sistema de alcantarillado para las aguas sucias y un sistema de extracción de vapores.

Luego de pasar por el proceso de esterilización, el material obtenido (producto) Pasa por un proceso de deshumidificación que consiste en secado con aire comprimido mediante pistolas operadas por trabajadores para luego ser empacado y clasificado para su posterior uso.

### 1.2.2 Suministros requeridos

Desde esta unidad se genera el vapor necesario para el proceso de esterilización. Para esto se utilizan dos calderas acuotubulares de 4000 litros de capacidad que por medio de ductos transporta el vapor generado hacia la Subestación Térmica del edificio TPC. Una vez en esta área y por medio de un intercambiador de calor se transforma el vapor recibido en agua caliente, el cual es dirigido directamente a la autoclave en cuestión.

#### 1.2.2.1 Suministro de agua potable y agua tratada

La autoclave recibe el suministro de agua potable mediante la entrega de agua del sistema de agua potable que abastece a la región, la cual se conduce a una planta elevadora de agua potable, la cual eleva la presión de esta para poder ser conducida por todas las instalaciones. Esta agua obtenida es dirigida a la autoclave en forma de agua fría.

Esta cadena cuenta con una variante, que consta en el suministro de agua tratada. Para esto el agua, luego de pasar por la planta elevadora de agua potable se conduce a la planta de osmosis, la cual cumple la función de desmineralizar el agua dejándola con un 99 por ciento de pureza. Una vez desmineralizada el agua se envía a la autoclave.

#### 1.2.2.2 Suministro eléctrico

Este suministro tiene origen en la subestación eléctrica del hospital, donde se adecua el voltaje y amperaje para ser utilizado por los diversos equipos de la central de esterilización. En el caso de la autoclave este suministro es controlado en la sala de control del zócalo, donde equipamiento eléctrico controla las alzas inesperadas de voltaje, protegiendo así los sistemas eléctricos de los equipos. Luego de atravesar por estas áreas, el suministro eléctrico llega finalmente a la autoclave.

### 1.2.3 Productos del proceso

La figura 1-1 esquematiza a rasgos generales el proceso de esterilizado. Visualizando cada una de las etapas y productos resultantes del autoclave Matachana S-1000, así como también los suministros requeridos en el proceso.

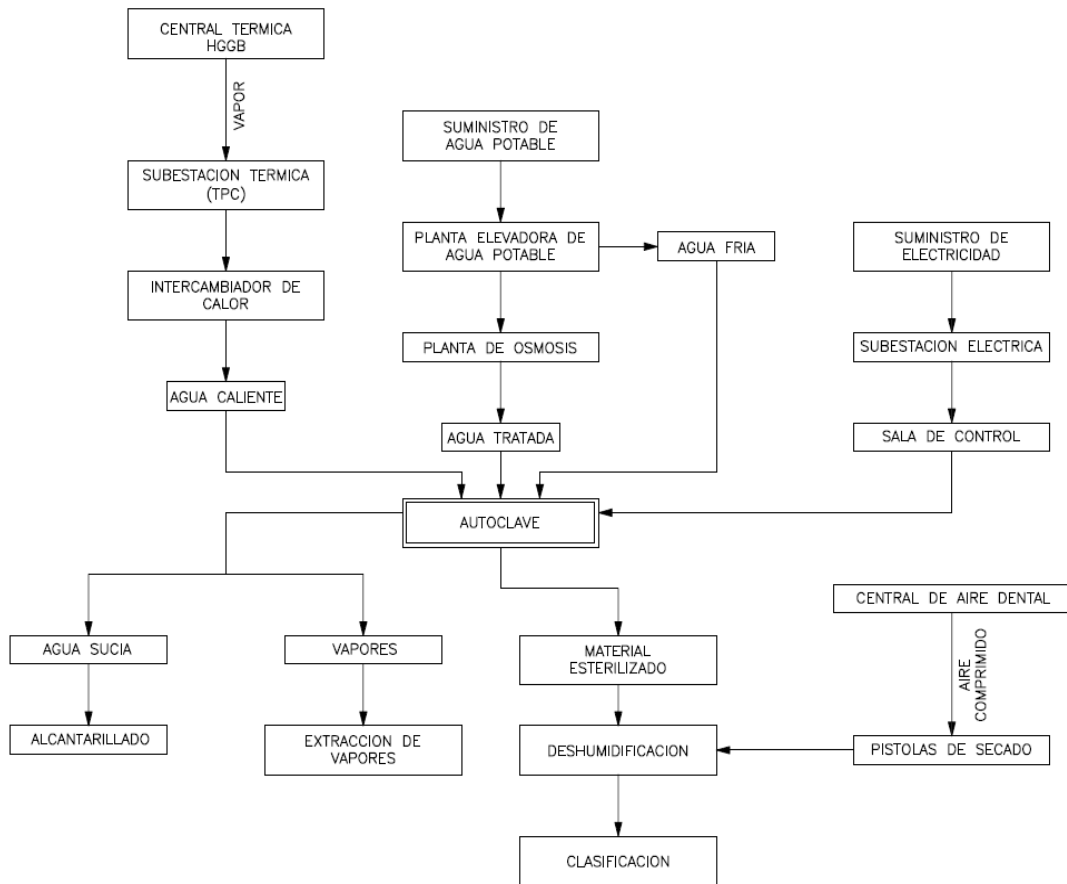


Figura 1-1: Diagrama de flujo de autoclave

Fuente: Elaboración propia

#### 1.2.3.1 Material esterilizado

Una vez realizado el proceso de esterilización se extrae el producto terminado de la cámara de la autoclave (material esterilizado) el cual generalmente resulta con una humedad relativa post-proceso, esta humedad es eliminada con pistolas de aire comprimido operadas por funcionarios. Este aire comprimido proviene de la Central de Aire Dental la cual comprime y purifica el aire eliminándole los residuos e impurezas.

### 1.2.3.2 Agua sucia

Esta agua obtenida luego del proceso de esterilización, la cual contiene diversos contaminantes debe ser eliminada. Para estos efectos se utiliza el sistema de alcantarillado donde es descargada luego del proceso.

### 1.2.3.3 Vapores

Los vapores son evacuados mediante un sistema de ductos de extracción hacía del exterior de las instalaciones.

Los vapores resultantes del proceso son extraídos directamente de la autoclave mediante un sistema de ductos y ventiladores de extracción al aire libre.

### **1.3 CONTEXTO OPERACIONAL DEL ÁREA DE ESTERILIZACIÓN**

Se define la esterilización como un Proceso, debido a que es un conjunto de acciones, actividades o procedimientos (recepción, lavado, preparación, esterilización, almacenaje de material) que están destinadas a eliminar o inactivar la mayor cantidad de seres vivos contenidos en objetos o sustancias basados en altos estándares de calidad.

Las infecciones intrahospitalarias son uno de los principales problemas de salud que conlleva graves repercusiones tanto para los pacientes como para la economía del Hospital. El personal que trabaja en la Central de Esterilización tiene un papel muy importante en la prevención de la infección nosocomial mediante la correcta realización de la limpieza, desinfección y esterilización de los materiales reutilizables, de una forma metódica y precisa, garantizando la eficacia, seguridad y calidad de los procesos, bajo un mismo criterio y responsabilidad. El éxito del proceso de esterilización dependerá de la aplicación previa de las técnicas de limpieza y desinfección.

La Central De Esterilización del Hospital Clínico Regional Dr. Guillermo Grant Benavente presta sus servicios a casi la totalidad del hospital desde el 14 de Julio de 2015, año en el que fue reasignada al zócalo de la TPC (Torre De Pacientes Críticos), luego del terremoto que afectó a la región y que la tuvo emplazada en el tercer piso del edificio Monoblock de forma transitoria por unos 5 años aproximadamente.

La Central de esterilización está dotada de variado equipamiento de los más altos estándares de calidad, entre los que se encuentran: Autoclaves, Lavadoras Termodesinfectadoras, Lavadoras Ultrasónicas, etc. Estos equipos altamente complejos funcionan en conjunto, siendo utilizados para la esterilización de una amplia gama de materiales algunos como: acero quirúrgico, acero inoxidable, titanio, plásticos o vidrios.

### 1.3.1 Descripción autoclave Matachana S-1000

La definición de autoclave es una cámara de presión que se utiliza para realizar procesos industriales que requieren temperatura y presión elevadas diferentes a la presión del aire en el ambiente. Un autoclave se utiliza para esterilizar equipo quirúrgico, instrumentos de laboratorio, artículos farmacéuticos, en la industria alimentaria entre otras aplicaciones. Puede esterilizar los sólidos, líquidos e instrumentos de varias formas y tamaños. Los autoclaves varían en tamaño, forma y funcionalidad dependiendo del área al cual va a ser destinado

Un autoclave muy básico es similar a una olla a presión ya que ambos utilizan la energía del vapor para matar bacterias, las esporas y los gérmenes resistentes al agua hirviendo y a los detergentes.

#### 1.3.1.1 Características generales autoclave Matachana S-1000

- Tecnología: Pantalla táctil TFT para zona de carga con PLC integrado. Frontal fabricado con un innovador material que evita acumulación de suciedad y reflejos. De fácil limpieza.
- Sostenibilidad: Consumos de agua y energía reducidos gracias a los sistemas economizadores incorporados.
- Eficacia: Sistema de vacío por Venturi.
- Compatibilidad: Secado perfecto para embalajes complejos.
- Conexión con sistemas de gestión y trazabilidad vía puerto Ethernet.
- Accesibilidad: Disposición ergonómica de circuitos y componentes que facilita la accesibilidad del servicio técnico para el mantenimiento.
- Tele-diagnóstico: Conexión remota vía puerto ethernet para conocer el estado del esterilizador y permitir al servicio técnico diagnosticar incidencias/averías a distancia.

#### 1.3.1.2 Normas y especificaciones asociadas al equipo

- Norma europea EN 285.
- Normas internacionales de Calidad ISO 9001 y EN ISO 13485.
- Directiva europea 93/42/CEE relativa a los productos sanitarios Directiva europea 97/23/CE sobre equipos a presión (DEP).

- Directiva europea 2004/108/CE de compatibilidad electromagnética.
- Directiva europea 2006/95/CE de baja tensión.
- Directiva europea 2006/42/CE relativa a las máquinas.

### 1.3.1.3 Programas

Existen dos tipos de programas:

- Programas de test: verificación del correcto funcionamiento del esterilizador.
- Programas de producción: programas de esterilización o de producción de material estéril.

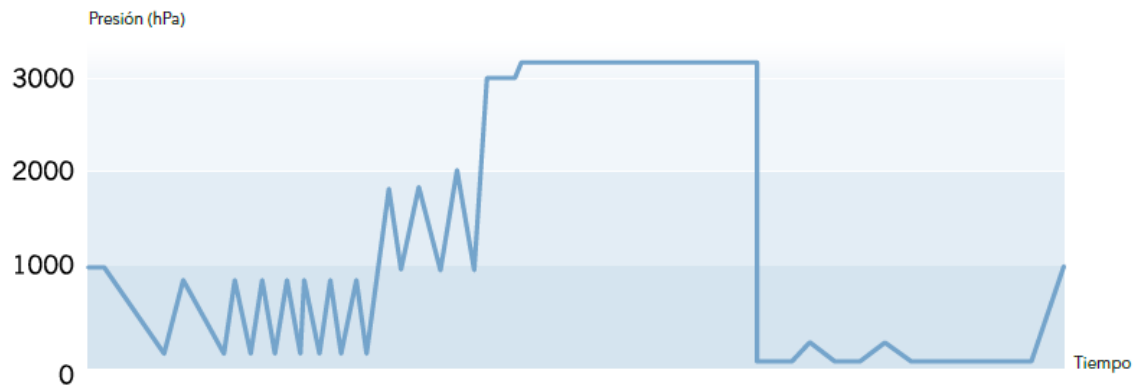


Figura 1-2: Gráfico (perfil de Presión) de un ciclo de producción

Fuente: Ficha técnica S-1000

El autoclave S-1000 se compone de los siguientes programas de producción:

Tabla 1-1: Listado de programas estándar para autoclave S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000

<b>Programas de producción</b>	<b>Aplicación</b>
Estandar 134 °C	Para materiales embalados (instrumental solido o con cavidades).
Estandar 121 °C	Para materiales termosensibles embalados.

Contenedores 134 °C	Para materiales embalados (instrumental solido o con cavidades o cargas pesadas en cestas o contenedores).
Rapid 134 °C	Para materiales solidos con embalaje simple (una capa).
Especial P 134 °C	Para materiales supceptibles de estar contaminados con priones.
Programas del Test	Aplicacion
Test de Vacio	Comprobar la hermeticidad de la cámara.
Test de Bowie & Dic	Comprobar la correcta eliminación del aire y la correcta penetración del vapor sobre la carga.
Pre calentamiento	Pre calentamiento de la cámara (al inicio de la jornada).

#### 1.3.1.4 Etapas realizadas

1. Marcha: Se cierran las puertas herméticamente para que la cámara quede estanca.
2. Purga de aire: En esta fase se eliminará el aire contenido en la cámara y se favorecerá a la eliminación posterior del aire dentro de los paquetes y de los contenedores. Para ello se inyecta vapor en la cámara y se activa el sistema de vacío.
3. Preparación: Para la extracción del aire de los productos y de la cámara, se realiza una serie de fases (hasta cuatro) de inyección de vapor (de recámara a cámara) seguidas de fases de vacío (prevacío), mediante el sistema de vacío, para eliminar completamente el aire restante.
4. Calentamiento: Se introduce vapor en la cámara y en el interior de los contenedores, hasta alcanzar la temperatura y presión de esterilización.
5. Esterilización: Se mantiene constante la temperatura y presión en la cámara durante el correspondiente tiempo de esterilización.
6. Desvaporización: El vapor de la cámara es eliminado por el sistema de vacío y se produce un descenso de la presión.
7. Secado: Se inicia un vacío final, profundo y duradero. Se mantiene el vapor en la recámara, para mantener caliente la cámara y ayudar a secar el producto a fin de evitar todo tipo de recontaminación bacteriana durante el transporte y el almacenamiento.

8. Igualación: Entrada de aire atmosférico a la cámara, a través de un filtro de aire estéril, para compensar la presión de la cámara (que estaba en depresión) con la atmosférica. El vapor utilizado se condensa y se convierte en agua transportándose a un depósito.
9. Finalización del proceso: Se liberan las puertas para que puedan ser abiertas.

#### 1.3.1.5 Dimensiones principales del equipo

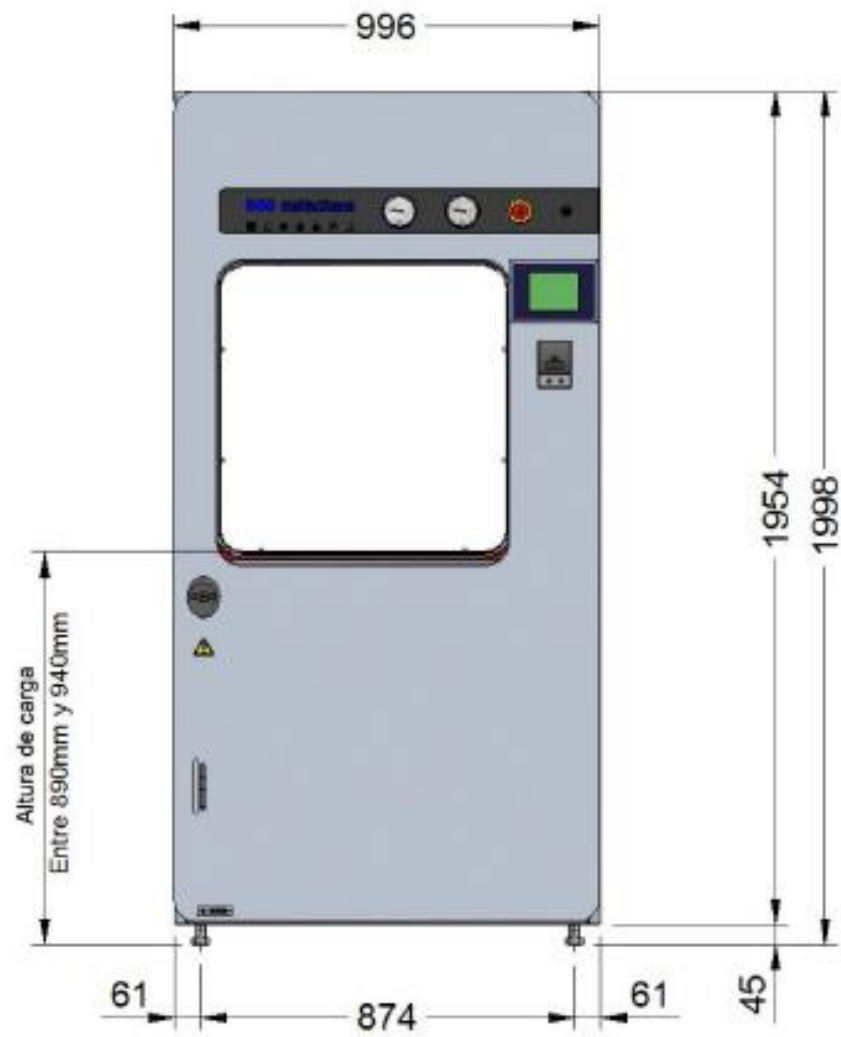


Figura 1-3: Vista frontal autoclave S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000



Figura 1-4: Vista posterior autoclave S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000



Figura 1-5: Vista lateral autoclave S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000

#### 1.3.1.6 Aspectos técnicos y cualidades

Los esterilizadores Matachana S-1000 están contruidos conforme a las especificaciones de la Norma europea EN 285 y siguiendo las directrices de las normas de calidad EN ISO 9001 y EN ISO 13485.

La implantación de este sistema permite una mejora constante para su mayor satisfacción.

Cuando su uso previsto es el de la esterilización de productos sanitarios en el ámbito sanitario, están dentro del alcance de la Directiva 93/42/CEE relativa a los productos sanitarios (DPS).

Por otra parte, los esterilizadores también son un equipo a presión y por tanto están dentro del alcance de la Directiva 97/23/CE sobre equipos a presión (DEP). Los equipos de la

serie S-1000 se clasifican como categoría III de acuerdo con esta directiva. Para la verificación de la conformidad con la DEP, se ha aplicado el código de diseño AD-2000 y la Norma europea EN 14222.

Además, los esterilizadores de la serie S-1000 también cumplen los requisitos esenciales de las siguientes Directivas Europeas:

- 2004/108/CE: Directiva de Compatibilidad Electromagnética
- 2006/95/CE: Directiva de Baja Tensión
- 2006/42/CE: Directiva de Máquinas



Figura 1-6: Normativas del autoclave S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000

#### 1.3.1.7 Características generales

Los esterilizadores de la serie S1000 incorporan en su diseño técnico los últimos avances en seguridad y eficacia reflejados en la Norma europea EN 285, garantizándole un control perfecto de todos los procesos de esterilización

- Cámara y recámara continúa en acero inoxidable de alta calidad.
- Puertas automáticas con bloqueo de seguridad.
- Generador de vapor integrado (opcional) totalmente en acero inoxidable.
- Conducciones primarias en contacto con el vapor totalmente en acero inoxidable.
- Control y registro independientes mediante doble controlador y pantalla táctil de fácil uso.
- Sistema de vacío mediante eyector de agua.
- Sistema economizador de agua.
- Frontales de apertura total para fácil acceso a mantenimiento, contruidos en acero revestido con pintura en polvo termoendurecida al horno.

### 1.3.1.8 Características principales

Los esterilizadores Matachana S1000 incorporan en su diseño técnico los últimos avances en seguridad y eficacia reflejados en la Norma Europea EN 285: 2006, garantizando un perfecto control de todos los procesos de esterilización

- Cámara y recámara continua en acero inoxidable de alta calidad 1.4404 EN 10028-7 (AISI 316L) - la recámara continua garantiza la ausencia de “puntos fríos” en la cámara.
- Chasis de acero alta calidad.
- Conexión de las conducciones de vapor por sistema Clamp de gran estanqueidad y fácil/rápido desmontaje.
- Conducciones primarias en contacto con el vapor en acero inoxidable.
- Puerta/s vertical/es deslizante/s de accionamiento neumático automático con bloqueo de seguridad.
- Mecanizado del alojamiento de la junta de puerta: máxima durabilidad y fácil mantenimiento.



Figura 1-7: Autoclave Matachana S-1000

Fuente: Ficha técnica S-1000

- Sistema de vacío por eyector (Sistema Venturi), con bomba de recirculación y depósito economizador: silencioso, eficaz y de bajo mantenimiento.
- Intercambiador de calor de placas para vacío.

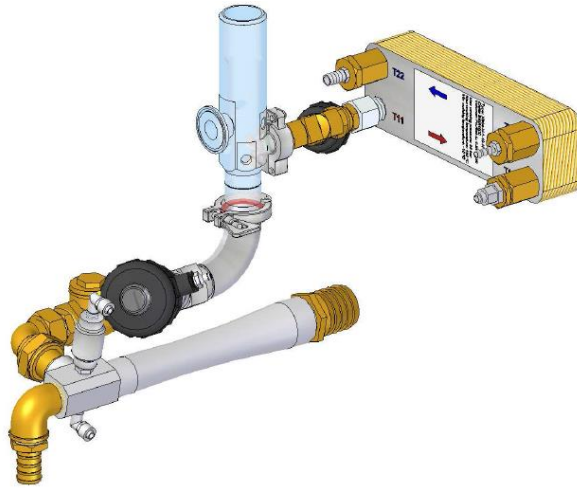


Figura 1-8: Sistema Venturi para vaciado de cámara

Fuente: Ficha técnica S-1000

- Depósitos independientes de agua con serpentín de recuperación del calor de los condensados, que permite pre-calentar el agua del generador con el consiguiente ahorro energético. Adicionalmente se favorece la eliminación de los gases no condensables (de acuerdo con la EN 285).

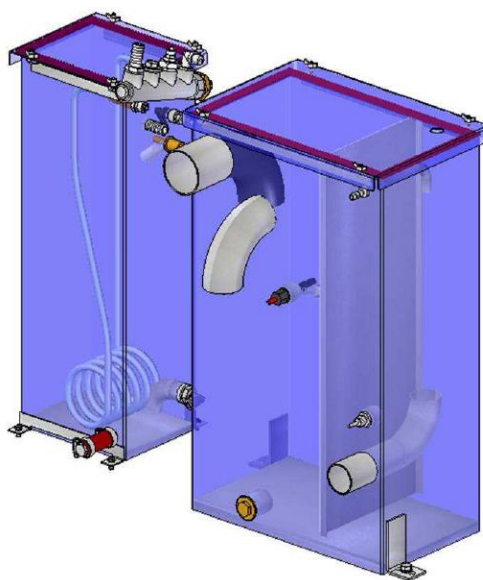


Figura 1-9: Depósito de agua con serpentín

Fuente: Ficha técnica S-1000

- Control y registro independientes mediante microordenador industrial y pantalla táctil con PLC incorporado, de fácil uso y entendimiento.

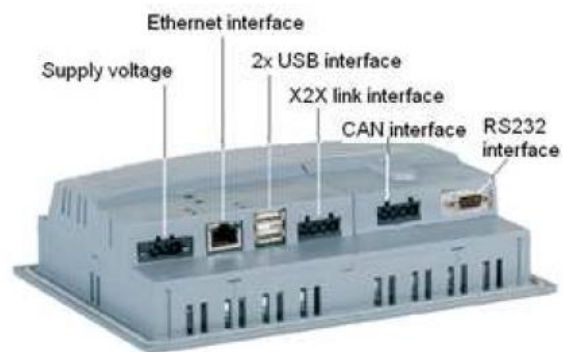


Figura 1-10: Microordenador industrial

Fuente: Ficha técnica S-1000

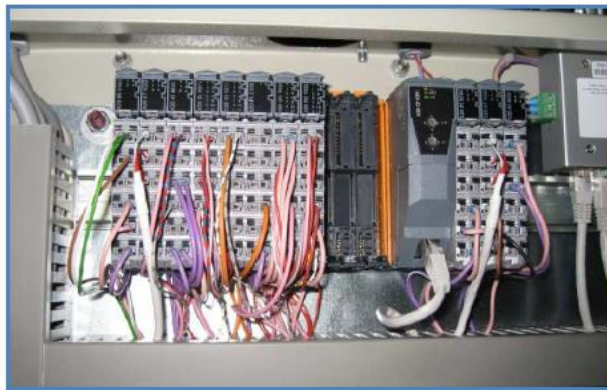


Figura 1-11: Conexiones del PLC

Fuente: Ficha técnica S-1000

**CAPÍTULO 2:**      **ANÁLISIS DEL AUTOCLAVE MATACHANA S-1000**  
**MEDIANTE METODOLOGÍA RCM**

## **2.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. Según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

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

## **2.2 CONCEPTOS DEL RCM**

El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocadas. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación, se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

### 2.2.1 Contexto Operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un caso típico es el de un sistema de reserva, que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal, aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción, donde se debe indicar: régimen de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc.

### 2.2.2 Funciones

El análisis de RCM comienza con la redacción de las funciones deseadas. Por ejemplo, la función de una bomba puede definirse

como “Bombear no menos de 500 litros/minuto de agua”. Sin embargo, la bomba puede tener otras funciones asociadas, como por ejemplo “Contener al agua (evitar pérdidas)”. En un análisis de RCM, todas las funciones deseadas deben ser listadas.

### 2.2.3 Fallas Funcionales o Estados de Falla

Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Por ejemplo, para una bomba dos estados de falla podrían ser “Incapaz de bombear agua”, “Bombea menos de 500 litros/minuto”, “No es capaz de contener el agua”. Notar que los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas. Una vez identificadas todas las funciones deseadas de un activo, identificar las fallas funcionales es generalmente muy sencillo.

### 2.2.4 Modos de falla

Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, “impulsor desgastado” es un modo de falla que hace que una bomba llegue al estado de falla identificado por la falla funcional “bombea menos de lo requerido”. Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la “causa raíz” de la falla. Por ejemplo, si se están analizando los modos de falla de los rodamientos de una bomba, es incorrecto listar el modo de falla “falla rodamiento”. La razón es que el modo de falla listado no da una idea precisa de porque ocurre la falla. ¿Es por falta de lubricación? ¿Es por desgaste y uso normal? ¿Es por instalación inadecuada? Notar que este desglose en las causas que subyacen a la falla si da una idea precisa de porque ocurre la falla, y por consiguiente que podría hacerse para manejarla adecuadamente (lubricación análisis de vibraciones, etc.).

#### 2.2.5 Efectos de falla

Para cada modo de falla deben indicarse los efectos de falla asociados. El efecto de falla es una breve descripción de qué pasa cuando la falla ocurre. Por ejemplo, el efecto de falla asociado con el modo de falla impulsor desgastado podría ser el siguiente: a medida que el impulsor se desgasta, baja el nivel del tanque, hasta que suena la alarma de bajo nivel en la sala de control. El tiempo necesario para detectar y reparar la falla (cambiar impulsor) suele ser de 6 horas. Dado que el tanque se vacía luego de 4 horas, el proceso aguas abajo debe detenerse durante dos horas. No es posible recuperar la producción perdida, por lo que estas dos horas de parada representan una pérdida de ventas”. Los efectos de falla deben indicar claramente cuál es la importancia que tendría la falla en caso de producirse.

#### 2.2.6 Categoría de consecuencias

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas:

- Poniendo en riesgo la seguridad de las personas (“consecuencias de seguridad”)
- Afectando al medio ambiente (“consecuencias de medio ambiente”)
- Incrementando los costos o reduciendo el beneficio económico de una empresa (“consecuencias operacionales”)

- Ninguna de las anteriores (“consecuencias no operacionales”) Además, existe una quinta categoría de consecuencias, para aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla. Por ejemplo, la falla del neumático de auxilio no tiene ninguna consecuencia adversa salvo que ocurra una falla posterior (pinchadura de un neumático de servicio) que haga que sea necesario cambiar el neumático. Estas fallas corresponden a la categoría de fallas ocultas. Cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de estas categorías. El orden en el que se evalúan las consecuencias es el siguiente: seguridad, medio ambiente, operacionales, y no operacionales, previa separación entre fallas evidentes y ocultas. El análisis RCM bifurca en esta etapa: el tratamiento que se le va a dar a cada modo de falla va a depender de la categoría de consecuencias en la que se haya clasificado, lo que es bastante razonable: no sería lógico tratar de la misma forma a fallas que pueden afectar la seguridad que aquellas que tienen consecuencias económicas. El criterio a seguir para evaluar tareas de mantenimiento es distinto si las consecuencias de falla son distintas.

#### 2.2.7 Diferencia entre efectos y consecuencias de falla

El efecto de falla es una descripción de qué pasa cuando la falla ocurre, mientras que la consecuencia de falla clasifica este efecto en una de 5 categorías, según el impacto que estas fallas tienen.

#### 2.2.8 Diferencia entre fallas funcionales y modos de falla

La falla funcional identifica un estado de falla: incapaz de bombear, incapaz de cortar la pieza, incapaz de sostener el peso de la estructura... No dice nada acerca de las causas por las cuales el equipo llega a ese estado. Eso es justamente lo que se busca con los modos de falla: identificar las causas de esos estados de fallas (eje cortado por fatiga, filtro tapado por suciedad, etc.).

#### 2.2.9 Fallas ocultas

Los equipos suelen tener dispositivos de protección, es decir, dispositivos cuya función principal es la de reducir las consecuencias de otras fallas (fusibles, detectores de humo,

dispositivos de detención por sobre velocidad, temperatura, presión, etc.). Muchos de estos dispositivos tienen la particularidad de que pueden estar en estado de falla durante mucho tiempo sin que nadie ni nada ponga en evidencia que la falla ha ocurrido. (Por ejemplo, un extintor contra incendios puede ser hoy incapaz de apagar un incendio, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre el incendio). Una válvula de alivio de presión en una caldera puede fallar de tal forma que no es capaz de aliviar la presión si esta excede la presión máxima, y esto puede pasar totalmente desapercibido (si no ocurre la falla que hace que la presión supere la presión máxima).) Si no se hace ninguna tarea de mantenimiento para anticiparse a la falla o para ver si estos dispositivos son capaces de brindar la protección requerida, entonces puede ser que la falla solo se vuelva evidente cuando ocurra aquella otra falla cuyas consecuencias el dispositivo de protección esta para aliviar. (Por ejemplo, es posible que nos demos cuenta que no funciona el extintor recién cuando ocurra un incendio, pero entonces ya es tarde: se produjo el incendio fuera de control. Es posible que nos demos cuenta que no funciona la válvula de seguridad recién cuando se eleve la presión y esta no actúe, pero también ya es tarde: se produjo la explosión de la caldera.) Este tipo de fallas se denominan fallas ocultas, dado que requieren de otra falla para volverse evidentes.

### **2.3 DISTINTOS TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Tradicionalmente, se consideraba que existían tres tipos de mantenimiento distintos: predictivo, preventivo, y correctivo. Sin embargo, existen cuatro tipos de mantenimiento distintos:

- Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas.

#### **2.3.1 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición consiste en la búsqueda de indicios o síntomas que permitan identificar una falla antes de que ocurra. Por ejemplo, la inspección visual del grado de desgaste de un neumático es una tarea de mantenimiento predictivo, dado que permite identificar el proceso de falla antes de que la falla funcional ocurra. Estas tareas incluyen: inspecciones (ej. Inspección visual del grado de desgaste), monitorios (ej. vibraciones, ultrasonido), chequeos (ej. nivel de aceite). Tienen en común que la decisión de realizar o no una acción correctiva depende de la condición medida. Por ejemplo, a partir de la medición de vibraciones de un equipo puede decidirse cambiarlo o no. Para que pueda evaluarse la conveniencia de estas tareas, debe necesariamente existir una clara condición de falla potencial. Es decir, debe haber síntomas claros de que la falla está en el proceso de ocurrir.

### 2.3.2 Mantenimiento preventivo

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

### 2.3.3 Mantenimiento correctivo

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

seguridad o el medio ambiente. Caso contrario, es obligatorio hacer algo para reducir o eliminar las consecuencias de la falla.

#### 2.3.4 Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que falló (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla está en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI, por sus siglas en inglés (Failure-Finding Interval). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo.

## 2.4 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

El equipo analizado en cuestión, es un autoclave ubicado en el hospital regional Guillermo Grant Benavente, el cual como se mencionó anteriormente será estudiado bajo metodología RCM para visualizar en que aspectos se puede aumentar su confiabilidad y reducir su probabilidad de fallas creando así un plan de mantenimiento en el cual se puedan guiar en las futuras intervenciones planificadas en el equipo.

### 2.4.1 Recopilación de datos

La principal fuente de datos son los historiales de mantenimientos anteriores del equipo, los cuales sirven para verificar que procedimiento se llevó a cabo en específico y que repuestos se utilizaron. También es importante tener en cuenta la duración de estos mantenimientos y conocer la duración de los tiempos muertos del equipo.

Se utilizará como principal referencia el historial de mantenimientos registrados del equipo, que comprende entre las fechas 15 de diciembre del año 2017 y 7 de diciembre del año 2018. Tabla en anexo A.

Además, se utilizarán los catálogos entregados por el fabricante, siendo uno de los datos más relevantes para el hospital los años de vida útil del equipo. Véase catalogo 1.

Otro medio de recopilación de datos son las entrevistas a los operadores del área, los cuales al estar en constante contacto con los equipos conocen de primera fuente las fallas más comunes.

2.4.2 Hoja de información RCM del autoclave Matachana S-1000

Tabla 2-1: Hoja de información RCM del módulo de control y registro

Fuente: Propia

<b>AUTOCLAVE MATACHANA S-1000</b>		<b>Elaborado por</b>	E. Mendoza	<b>Fecha</b>	14-02-19	<b>Área</b>	<b>Lámina</b>
<b>Sub.: Módulo de control y registro</b>		<b>Revisado por</b>	E. Aracena	<b>Fecha</b>	27-08-19	CDE	1 de 8
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>		<b>Efecto de falla</b>	
1	Visualizar mensajes de alarma, avisos y errores en la manipulación e imprimir los parámetros de desarrollo del proceso de esterilizado.	A	Incapaz de suministrar energía eléctrica.	1	Falla de suministro de energía en subestación eléctrica.	Subestación eléctrica no energizada, por lo que no se realizará el proceso de esterilizado. Restituir suministro de electricidad.	
				2	Conexiones eléctricas en mal estado.	Sobrecalentamiento de líneas eléctricas, funcionamiento irregular, por lo que se podrían producir fallas a masa y condiciones de riesgo eléctrico. Reemplazar o reparar conexiones eléctricas.	

	B	Pantalla táctil dañada.	1	Módulo de control de pantalla dañado.	Pantalla táctil imposibilitada para visualizar condiciones de esterilizado. Reparar o reemplazar pantalla táctil.
			2	Conexiones dañadas por sobrecarga.	Sobrecalentamiento de líneas eléctricas, pantalla táctil inhabilitada por lo que se podrían producir condiciones irregulares de funcionamiento. Reemplazar o reparar terminales eléctricos del módulo de control.
	C	Impresora térmica dañada o inoperativa.	1	Cartridge de tinta vacío.	Al no haber tinta en el cartridge, no se podrán imprimir los parámetros solicitados (test de Bowie & Dick, entre otros). Reemplazar el cartridge.
			2	Falta de papel térmico.	Al no haber papel térmico, no se podrán imprimir los parámetros solicitados (test de Bowie & Dick, entre otros). Reponer papel térmico en el sistema de impresión.
			3	Papel térmico atascado.	Al atascarse el papel térmico, el mecanismo del sistema de impresión no responderá. Retirar el

					cartridge y extraer el papel atascado.
				4	Mecanismo de impresión dañado. Al dañarse el mecanismo este no podrá imprimir los parámetros solicitados. Reparar o reemplazar mecanismo de impresión.
		D	Incapaz de medir los parámetros del proceso de esterilizado.	1	Sensores de control de parámetros dañados. Al dañarse el sensor de control se envía alarma de revisión del circuito. Detención del sistema de esterilizado. Revisar sensor de control.
				2	Sensores de control de parámetros descalibrados. Al descalibrarse el sensor de control se envía alarma de revisión del circuito. Detención del sistema de esterilizado. Revisar sensor de control.
				3	Línea de transmisión de datos defectuosas. Se producirán mediciones nulas o irregulares. Reemplazar línea de transmisión de datos.
2	Abrir y cerrar compuerta a una presión entre 6 y 7 [bar] e inicio del ciclo de esterilizado.	A	Incapaz de suministrar el aire comprimido.	1	Anillos de pistón del compresor desgastados. Compresión baja. Pérdida de potencia. Se produce una baja compresión de los pistones lo que provoca un funcionamiento deficiente del sistema. Reemplazar

					juego de anillos. Revisar estado de aceite.
			2	Falla eléctrica en el motor del compresor.	Debido a la falla eléctrica el motor no funciona o lo hace deficientemente lo cual provoca una nula o baja compresión. Revisar y efectuar mantenimiento del motor eléctrico. Reemplazar motor del compresor.
			3	Falla de suministro de energía en subestación eléctrica.	Subestación eléctrica no energizada, por lo que no se realizará el proceso de esterilizado. Restituir suministro de electricidad.
	B	Transfiere aire comprimido a una presión inferior a 6 [bar].	1	Fuga en línea de aire comprimido.	Pérdida de presión de aire lo cual produce un alto consumo del motor eléctrico. Debido a la baja presión el presostato siempre estaría activado. Reparar o reemplazar la línea que presente fuga.
			2	Obstrucción en línea de aire comprimido.	Aumento de la presión en la línea de aire comprimido. Sistema de compuertas de la cámara de esterilizado inhabilitado. Revisar y

					limpiar la línea de aire comprimido.
			3	Sensor de presión graduado a menos de 6 [bar].	El sensor de presión al estar graduado a menos de 6 [bar] la apertura y cierre de compuerta será deficiente. Regular sensor de presión en el rango requerido.
			4	Filtro de compresor saturado.	Pérdida de potencia del motor. Limpiar el compresor y sus elementos. Reemplazar el filtro.
	C	Transfiere aire comprimido a una presión superior a 7 [bar].	1	Sensor de presión graduado a más de 7 [bar].	El sensor de presión al estar graduado a más de 7 [bar] la apertura y cierre de compuerta funcionará irregularmente. Regular sensor de presión en el rango requerido.
			2	Válvula relief dañada.	Al estar dañada la válvula relief se puede producir un incremento excesivo de la presión interna del sistema. Sustituir válvula relief.
	D	Irregularidad obtenida en test de hermeticidad.	1	Rotura de sellos de la compuerta principal.	Incapacidad de lograr la hermeticidad requerida para llevar a cabo el proceso de esterilizado. Reemplazar sellos de compuerta

						principal priorizando utilizar repuestos originales.
				2	Válvula de alivio descalibrada.	Una mala calibración en la válvula de alivio da como resultado mediciones erróneas en cuanto a la hermeticidad o la imposibilidad de lograr la hermeticidad requerida. Cambiar válvula de alivio.
3	Monitorear la temperatura, presión y tiempo estimado de finalización del ciclo de esterilizado.	A	Incapaz de medir temperatura.	1	Sensor de temperatura dañado o descalibrado.	Mediciones de temperatura erróneas, incapaz de autorregular la temperatura interna de la cámara de esterilizado. Se puede producir degaste excesivo de los sistemas anexos expuestos a temperatura. Reemplazar sensor de temperatura.
		B	Incapaz de medir presión.	1	Sensor de presión dañado o descalibrado.	Mediciones de presión imprecisas, incapaz de autorregular la presión interna de la cámara de esterilizado, pudiendo provocar filtraciones hacia el exterior. Sustituir sensor de presión (presostato).
		C		1	Suministro requerido (aire, vapor) bajo el nivel establecido.	Subestación de vapor no operativa. Líneas de aire o vapor rotas o

			Incapaz de medir tiempo estimado de finalización del ciclo de esterilizado.			interrumpidas. Reestablecer operación de subestación de vapor y subestación de aire. Intercambiar líneas con fallas.
				2	Temporizador descalibrado o defectuoso.	Incapaz de regular el tiempo del ciclo de esterilizado. Calibrar o reemplazar temporizador.
4	Señalizar estado de compuerta, alarmas, marcha y fase actual de funcionamiento por medio de un PLC.	A	PLC dañado.	1	Sobrecarga o cortocircuito del controlador lógico programable.	Inhabilidad para administrar las señales recibidas por los diversos sensores dispuestos alrededor de la autoclave. Reemplazar sistema PLC.
		B	Incapaz de transmitir una de alarma al módulo de control.	1	Fallo en la conexión del transmisor al PLC.	Imposibilidad de mantener la comunicación entre el transmisor y el PLC. Reemplazar cableado de conexión.
				2	Bocina del módulo de control dañada.	Incapaz de hacer notar mediante alarma sonora parámetros importantes en el proceso de esterilizado. Sustituir bocina.
		C	Problemas de conexión en el panel eléctrico.	1	Conexiones eléctricas en mal estado.	Falencia en la conducción de energía hacia el panel eléctrico, riesgo de cortocircuito. Mantener o reemplazar conexiones eléctricas.

				2	Bornes de tablero en mal estado.	Imposibilidad de conducir adecuadamente la corriente o datos entregados por los sensores. Mantener o reemplazar bornes.
--	--	--	--	---	----------------------------------	--

Tabla 2-2: Hoja de información RCM de la unidad de regulación del aire comprimido

Fuente: Propia

<b>AUTOCLAVE MATACHANA S-1000</b>		<b>Elaborado por</b>	E. Mendoza	<b>Fecha</b>	14-02-19	<b>Área</b>		<b>Lámina</b>	
<b>Sub.: Unidad de regulación del aire comprimido</b>		<b>Revisado por</b>	E. Aracena	<b>Fecha</b>	27-08-19	<b>CDE</b>			1 de 5
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>		<b>Efecto de falla</b>			
1	Regular el aire comprimido a una presión entre 6 y 7 [bar].	A	Incapaz de suministrar aire comprimido.	1	Compresor en mal estado.	Sistema sin abastecimiento de aire comprimido. Realizar mantenimiento o reemplazar el compresor.			
				2	Anillos de pistón del compresor desgastados.	Pérdida de compresión, provocando una nula acumulación de aire en el estanque del compresor. Realizar mantenimiento o intercambiar el motor de la unidad.			
				3	Falla eléctrica en el motor del compresor.	Imposibilidad de llevar a cabo el proceso de compresión. Reparar motor o sustituir por otro.			
				4	Falla de suministro de energía en subestación eléctrica.	Falla generalizada en sistemas de compresión de aire. Reestablecer el servicio eléctrico.			

	B	Transfiere aire comprimido a una presión inferior a 6 [bar].	1	Fuga de aire en línea de aire comprimido.	Perdida de presión en los sistemas dependientes del suministro de aire comprimido (puertas de autoclave, proceso de esterilizado, etc). Reparar fuga de aire comprimido en la línea y reestablecer el suministro óptimo.
			2	Obstrucción en línea de aire comprimido.	Suministro de aire restringido. Realizar mantenimiento a las líneas de aire comprimido y habilitar el paso de aire.
			3	Sensor de presión graduado a menos de 6 [bar].	El sensor de presión al estar graduado entre 6 y 7 [bar] la apertura y cierre de compuerta funcionará irregularmente. Regular sensor de presión en el rango requerido.
			4	Filtro de compresor saturado.	Dificultades para suministrar la presión requerida. Al estar saturado el filtro se genera un taponamiento en la línea. Reemplazar filtro de aire.
	C	Transfiere aire comprimido a una presión superior a 7 [bar].	1	Sensor de presión graduado a más de 7 [bar].	El sensor de presión al estar graduado entre 6 y 7 [bar] la apertura y cierre de compuerta funcionará irregularmente.

						Regular sensor de presión en el rango requerido.
				2	Válvula relief dañada.	Al estar dañada la válvula relief, se puede producir un excesivo incremento de presión de aire, lo que podría inhabilitar su función de seguridad. Reemplazar válvula relief.
2	Filtrar las impurezas del aire comprimido de la unidad de mantenimiento a 25 [ $\mu\text{m}$ ].	A	Incapaz de filtrar las impurezas de aire comprimido superiores a 25 [ $\mu\text{m}$ ] o lo hace de manera deficiente.	1	Filtros mal instalados o seleccionados.	Una mala instalación del filtro de aire puede provocar pérdidas de presión como también la pérdida del filtro al dañarse y además de no filtrar las impurezas del aire superiores a 25 [ $\mu\text{m}$ ]. Procurar la correcta instalación y selección del filtro de aire.
				2	Filtros saturados.	Mala filtración de aire, posible contaminación del mismo llevando a un proceso ineficiente. Reemplazar la unidad filtrante.
3	Mantener un caudal mínimo de cierre de la purga automática del filtro regulador de aire de 150 [L/min] a 1,5 [bar].	A	El caudal de cierre de la purga automática del filtro regulador de aire es superior a 150 [L/min].	1	Servo válvulas descalibradas o dañada.	Caudal de cierre de la purga automática del filtro regulador de aire fuera de lo especificado, superior a 150 [L/min]. Calibrar servo válvulas al cierre

					especificado por el fabricante o reemplazar la unidad.
	B	Incapaz de transferir aire comprimido o lo hace a una presión inferior a 1,5 [bar].	1	Fuga en línea de aire comprimido.	Presión insuficiente para llevar a cabo el proceso de esterilizado bajo el parámetro de 1,5 [bar]. Reparar la pérdida de aire comprimido en líneas o uniones.
2			Obstrucción en línea de aire comprimido.	Presión bajo el parámetro requerido. En casos extremos se pueden generar roturas en líneas producto de la obstrucción. Eliminar obstrucción en la línea y restituir la presión adecuada solicitada por el sistema.	
3			Sensor de presión graduado a menos de 1,5 [bar].	Presión inferior a la requerida. Calibrar sensor de presión o reemplazar por uno nuevo.	
	C	Transfiere aire comprimido a una presión superior a 1,5 [bar].	1	Sensor de presión graduado a más de 1,5 [bar].	Presión superior a la requerida. Calibrar sensor de presión o reemplazar por uno nuevo.
			2	Válvula relief dañada.	Sobreacumulación de presión al interior con los sistemas de seguridad de aumento de presión interna inactivos. Reemplazar válvula relief.

4	Deshumidificar material clínico (instrumental quirúrgico, depósitos, envases), con aire comprimido seco mediante cámara de autoclave a una humedad relativa que no supere el 5%.	A	Deshumidifica material clínico a una humedad relativa superior al 5%.	1	Calentador de aire defectuoso.	Proceso de deshumidificación de material clínico ineficiente, dando como resultado una humedad relativa superior al 5%. Reparar calentador de aire verificando fallas eléctricas o de estanqueidad o en su defecto reemplazarlo.
				2	Sensor de humedad descalibrado.	Lecturas erróneas del proceso de deshumidificación, obteniendo resultados fuera de norma acerca de la humedad relativa requerida en el material clínico. Reemplazar sensor de humedad.

Tabla 2-3: Hoja de información RCM de unidad de vacío y enfriamiento

Fuente: Propia

AUTOCLAVE MATACHANA S-1000		Elaborado por		E. Mendoza	Fecha	14-02-19	Área		Lámina	
Sub.: Unidad de vacío y enfriamiento		Revisado por		E. Aracena	Fecha	27-08-19	CDE		1 de 3	
Función		Falla funcional		Modo de falla			Efecto de falla			
1	Adecuar la temperatura del agua a menos de 15 °C para el enfriamiento del sistema de vacío.	A	No hay agua para el enfriamiento del sistema de vacío.	1	Rotura de línea de agua para enfriamiento.		Agua para enfriamiento insuficiente o inexistente provocando un alza de temperatura generalizada en el sistema. Reparar rotura del circuito de enfriamiento.			
				2	Falla eléctrica en motor de bombas centrífugas.		Suministro o recirculamiento de agua interrumpido. Aumento de temperatura del sistema por falta de enfriamiento por sobre los 15°C. Realizar mantenimiento preventivo a los motores eléctricos encargados de accionar las bombas centrífugas procurando el constante funcionamiento del circuito de enfriamiento. O reemplazar el motor accionador de la bomba centrífuga en cuestión.			

			3	Falla mecánica en sistema de bombeo de agua para enfriamiento.	Suministro o recirculamiento de agua interrumpido. Aumento de temperatura del sistema por sobre los 15°C por falta de enfriamiento. Realizar mantenimiento preventivo a las bombas centrifugas procurando el constante funcionamiento del circuito de enfriamiento. O reemplazar bomba centrifuga.
			4	Corte de suministro de agua para enfriamiento.	Verificar sistemas de suministro de agua y sistemas de contingencia ante cortes de suministro, procurando el constante abastecimiento de agua del sistema de enfriamiento del sistema de vacío. Reestablecer el suministro de agua de enfriamiento.
	B	Incapaz de adecuar la temperatura del agua a menos de 15 °C para el enfriamiento del sistema de vacío.	1	Intercambiador de calor defectuoso por alta temperatura de refrigeración.	Incapaz de mantener la temperatura del agua de enfriamiento por debajo de los 15 °C. Aumento de temperatura generalizada en sistema de enfriamiento. Realizar el mantenimiento adecuado al intercambiador de calor de la

					unidad y verificar problemas de suministro eléctrico. Generar mantenimiento teniendo siempre en consideración una contingencia en caso de falla.	
				2	Filtro de agua para enfriamiento saturado.	Imposibilidad de mantener un caudal de agua constante, viéndose reducido su suministro y por tanto provocando alteraciones en la temperatura de trabajo. Reemplazar filtro de agua de la unidad.
2	Evitar la corrosión, desgaste e incrustaciones sobre la bomba, intercambiadores de calor, eyector, depósito del agua, etc. Mediante agua descalcificada, con un pH entre 7 y 9 y un nivel de cloruros disueltos entre 0,7 y 2,0 [mmol/L]	A	Incapaz de evitar la corrosión, desgaste e incrustaciones sobre la bomba, intercambiadores de calor, eyector, depósito del agua, etc.	1	Tratamiento de agua no adecuado en función de lo recomendado por el fabricante.	Presencia de oxidación y desgaste en los diferentes componentes. Verificar el correcto funcionamiento de las distintas unidades filtrantes. Reparar o reemplazar según corresponda.
				2	Agua descalcificada con un pH diferente al rango recomendado (entre 7 y 9).	Incapacidad para lograr un agua descalcificada dentro de los parámetros solicitados por el fabricante. Reparar o intercambiar unidades filtrantes.

				3	Nivel de cloruros disueltos diferente al rango recomendado (entre 0,7 y 2,0 [mmol/L]).	Incapacidad para lograr un nivel de cloruros disueltos dentro de los parámetros solicitados por el fabricante. Reparar o intercambiar unidades filtrantes.
--	--	--	--	---	--	--

Tabla 2-4: Hoja de información RCM del generador vapor – vapor

Fuente: Propia

<b>AUTOCLAVE MATACHANA S-1000</b>		<b>Elaborado por</b>	E. Mendoza	<b>Fecha</b>	14-02-19	<b>Área</b>	<b>Lámina</b>
<b>Sub.: Generador vapor – vapor</b>		<b>Revisado por</b>	E. Aracena	<b>Fecha</b>	27-08-19	CDE	1 de 3
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>		<b>Efecto de falla</b>	
1	Abastecer de vapor al sistema de alimentación del autoclave entre 6 [bar] y 8 [bar].	A	Incapaz de abastecer de vapor al sistema de alimentación del autoclave.	1	Aumento del consumo de vapor en la red hospitalaria.	Imposibilidad de llevar a cabo el proceso de esterilizado debido a un sobreconsumo de vapor por parte de los distintos sistemas hospitalarios dependientes. Categorizar los sistemas en los cuales es imprescindible el uso de vapor, como por ejemplo la central de esterilización, priorizando así el abastecimiento constante de estas. Poner en marcha el plan de contingencia por sobreconsumo de vapor en la red hospitalaria.	
				2	Bajo nivel de agua en central térmica.		

					líneas de agua. Restablecer suministro de agua en caso de corte o poner en marcha los estanques de contingencia hasta la restitución del servicio de agua potable.
			3	Rotura de línea de vapor.	Incapaz de transportar el vapor requerido al autoclave. Reparar rotura de línea y reestablecer el óptimo servicio.
			4	Falla en manifold de distribución.	Incapaz de distribuir vapor al sistema de alimentación del autoclave.
	B	Abastece vapor al sistema de alimentación del autoclave a una presión inferior a 6 [bar].	1	Fuga en línea de vapor.	Baja presión de vapor. Circulación pobre por rotura de línea.
			2	Obstrucción en línea de vapor.	Suministro de vapor restringido. Realizar mantenimiento a las líneas y habilitar el paso de vapor.
			3	Sensor de presión graduado a menos de 6 [bar].	Presión inferior a la requerida. Calibrar sensor de presión o reemplazar por uno nuevo.
	C	Abastece vapor al sistema de alimentación del autoclave a una presión superior a 8 [bar].	1	Sensor de presión graduado a más de 8 [bar].	Presión superior a la requerida. Calibrar sensor de presión o reemplazar por uno nuevo.

				2	Válvula relief dañada.	Sobrecumulación de presión al interior con los sistemas de seguridad de aumento de presión interna inactivos. Reemplazar válvula relief.
2	Mantener una temperatura de vapor adecuada para el proceso de esterilización.	A	Incapaz de mantener una temperatura de vapor adecuada para el proceso de esterilización.	1	Deterioro de aislación en cañerías.	Una aislación deficiente provocará una pérdida de temperatura en el vapor que va hacia el autoclave ocasionando la activación del recalentador de vapor, generando un sobreconsumo eléctrico en el proceso de esterilización.

Tabla 2-5: Hoja de información RCM de la unidad de desagüe

Fuente: Propia

<b>AUTOCLAVE MATACHANA S-1000</b>		<b>Elaborado por</b>	E. Mendoza	<b>Fecha</b>	14-02-19	<b>Área</b>	<b>Lámina</b>
<b>Sub.: Unidad de desagüe</b>		<b>Revisado por</b>	E. Aracena	<b>Fecha</b>	27-08-19	CDE	1 de 1
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>		<b>Efecto de falla</b>	
1	Evacuar aguas residuales en los circuitos de vacío y enfriamiento de condensados por medio de un tubo de salida (horizontal o vertical).	A	Incapaz de evacuar aguas residuales en los circuitos de vacío y enfriamiento de condensados.	1	Diámetro de sifón inadecuado.	Un sifón de menor diámetro provocará un mal acoplado del tubo de salida con los circuitos de vacío y enfriamiento de condensados. Reemplace por un sifón de diámetro correcto.	
		B	Incapaz de retener sedimentos resultantes del proceso de esterilización por medio de un bote sifónico.	1	Sifón obstruido.	Una obstrucción provocará el llenado del bote sifónico por aguas residuales deteniendo el proceso.	

Tabla 2-6: Hoja de información RCM del panel de control eléctrico

Fuente: Propia

<b>AUTOCLAVE MATACHANA S-1000</b>		<b>Elaborado por</b>		E. Mendoza	<b>Fecha</b>	14-02-19	<b>Área</b>		<b>Lámina</b>	
<b>Sub.: Panel de control eléctrico</b>		<b>Revisado por</b>		E. Aracena	<b>Fecha</b>	27-08-19	CDE		1 de 1	
<b>Función</b>		<b>Falla funcional</b>		<b>Modo de falla</b>			<b>Efecto de falla</b>			
1	Proveer una red eléctrica trifásica de 400 [V] a 50 [Hz], protegida mediante interruptor diferencial.	A	Incapaz de suministrar energía eléctrica.	1	Falla de suministro de energía en subestación eléctrica.	Subestación eléctrica no energizada, por lo que no se realizará el proceso de esterilizado. Restituir suministro de electricidad.				
				2	Conexiones eléctricas en mal estado.	Reemplazar o reparar conexiones eléctricas, esto incluye cables y terminales.				
		B	Interruptor diferencial dañado.	1	Sobrecarga de voltaje (sobre 400[V]).	Sobrecalentamiento de líneas eléctricas, funcionamiento irregular, por lo que se podrían producir cortocircuitos o condiciones de riesgo eléctrico. Reemplazar interruptor diferencial.				

**CAPÍTULO 3:**      **PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN EL ESTUDIO  
DE CONFIABILIDAD**

### 3.1 HOJA DE DECISIÓN RCM

La Hoja de Decisión de RCM está dividida en dieciséis columnas, fig. 3-1. Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de Información y las Hojas de Decisión.

Sistema	AUTOCLAVE MATACHANA S-1000														
Subsistema	MÓDULO DE CONTROL Y REGISTRO														
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR	
F FF MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4				H5
					N1	N2	N3								

Figura 3-1: Estructura hoja de decisión RCM

Fuente: Moubray (1997).

#### 3.1.1 Diagrama de decisión RCM

El Diagrama de Decisión de RCM, integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado; y da respuesta a las preguntas formuladas en el:

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

Los siguientes ítems describen paso a paso cómo realizar la evaluación de las consecuencias de las fallas, la factibilidad técnica de asignársele tareas y que debe hacerse si no se encuentra una tarea apropiada.

### 3.1.2 Evaluación de las consecuencias de la falla

La fig. 3-2 clasifica todas las fallas basándose en sus consecuencias. Al hacerlo así, separa las fallas ocultas de las fallas evidentes, y luego se organizan las consecuencias de las fallas evidentes en un orden de importancia decreciente.

Las columnas tituladas H, S, E, O y N de la fig. 3-2; son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.

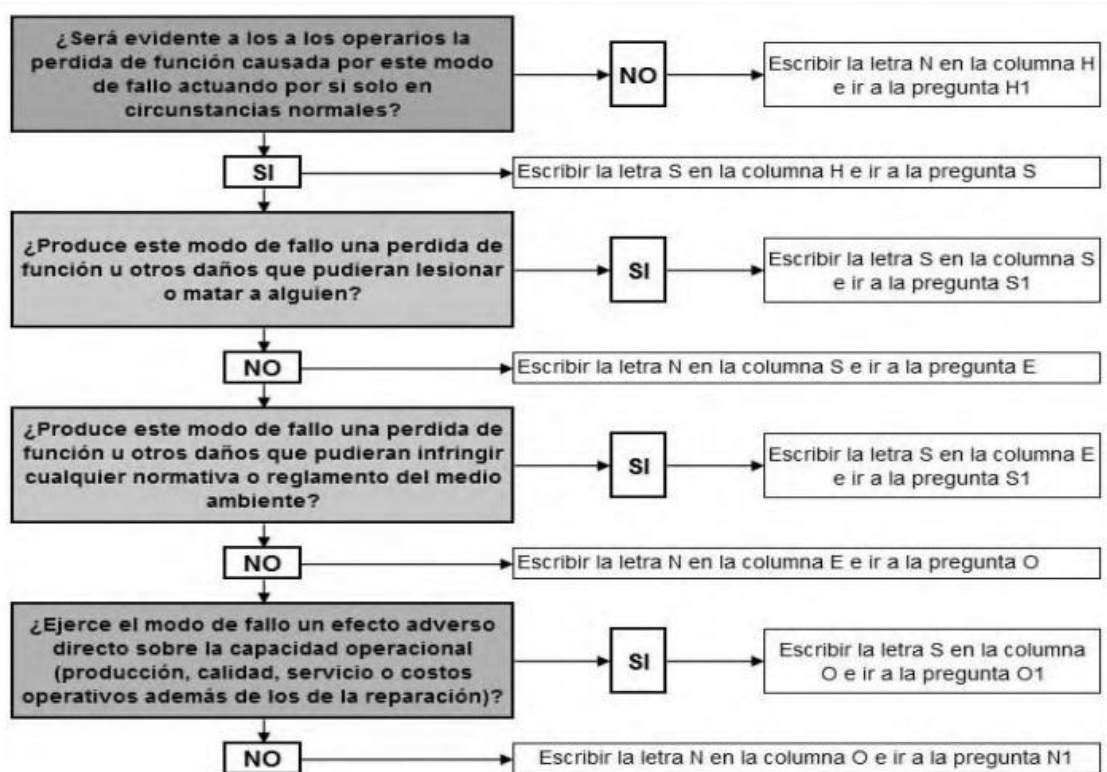


Figura 3-2: Metodología de registro de las consecuencias de falla en la hoja de decisión

Fuente: Moubray (1997).

La fig. 3-3 muestra cómo se registran las respuestas a estas preguntas en la hoja de decisión.

Cada modo de falla es ubicado en una sola categoría de consecuencias. Entonces si es clasificado como que tiene consecuencias ambientales, no se evalúan sus consecuencias operacionales.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	MF	H	S	E	O	
3	A	1	N				→ <b>Una falla oculta:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva (predictiva o preventiva) debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.
5	B	2	S	S			→ <b>Consecuencias para la seguridad:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.
2	C	4	S	N	S		→ <b>Consecuencias para el medio ambiente:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir el riesgo a un nivel tolerable de esta falla por sí sola.
1	A	5	S	N	N	S	→ <b>Consecuencias operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.
1	B	3	S	N	N	N	→ <b>Consecuencias no operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.

Figura 3-3: Resumen de las consecuencias de la falla

Fuente: Moubray (1997).

### 3.1.3 Factibilidad técnica de tareas proactivas

De la octava a la décima columna de la Hoja de Decisión, son utilizadas para registrar si ha sido seleccionada una tarea proactiva, de la siguiente manera:

- La columna titulada H1/S1/O1/N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.
- La columna titulada H2/S2/O2/N2 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas.
- La columna titulada H3/S3/O3/N3 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

En cada caso, una tarea sólo es apropiada si merece la pena realizarla y si es técnicamente factible.

Para que una tarea sea técnicamente factible y merezca la pena realizarla, debe ser posible dar una respuesta positiva a todas las preguntas que muestra la fig. 3-4, que se aplican a esta categoría de tareas, y la tarea debe responder al criterio de “merece la pena ser realizada” también de la fig. 3-4. Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es negativa o se desconoce, entonces se rechaza la tarea totalmente.

H1	H2	H3	
S1	S2	S3	
O1	O2	O3	
N1	N2	N3	
S			<p><b>¿Es técnicamente factible realizar una tarea a condición para reducir la consecuencia de la falla?</b> ¿Hay alguna condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible realizar la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?</p>
N	S		<p><b>¿Es técnicamente factible una tarea de reacondicionamiento cíclico para reducir la frecuencia de la falla?</b> ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?</p>
N	N	S	<p><b>¿Es técnicamente factible una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla?</b> ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de ésta edad?</p>

Figura 3-4: Criterios de factibilidad técnica

Fuente: Moubray (1997).

Si se selecciona una tarea, se registra una descripción de la tarea; con el suficiente detalle y precisión para que quede lo suficientemente claro a la persona que realizará la tarea y la frecuencia con la que debe ser realizada.

### 3.1.4 Las preguntas “a falta de”

Las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la hoja de Decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”. La fig. 3-5 muestra cómo se responden a éstas tres preguntas. Nótese que éstas preguntas sólo se harán si las respuestas a las tres preguntas previas de factibilidad técnica de las tareas proactivas fueron todas negativas.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"		
F	FF	MF	H	S	E	O	S1 O1 N1	S2 O2 N2	S3 O3 N3	H4	H5	S4
3	A	1	N				N	N	N	S		
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?</p> <p>Registrar "Si" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable</p>												
4	B	4	N				N	N	N	N	S	
4	C	2	N				N	N	N	N	N	
<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?</p> <p>Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es "No". Si la respuesta a esta pregunta es "Si", el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es "No", la acción "a falta de" es <b>no realizar mantenimiento preventivo</b>, pero el rediseño puede ser deseable.</p>												
5	B	2	S	S			N	N	N		S	
2	A	5	S	S			N	N	N		N	
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?</p> <p>Responder "Si", si una combinación de <b>dos o más</b> tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es "No", el rediseño es obligatorio.</p>												
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N			
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N			
<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada</p> <p>Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>												

Figura 3-5: Las preguntas "A Falta de"

Fuente: Moubray (1997).

- Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas "a falta de", las columnas encabezadas con H4, H5 o S4 son las que permiten registrar esas respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y quién ha sido seleccionado para realizarla. La columna de "Tareas Propuestas" también se utilizan para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

### 3.2 HOJAS DE DECISIÓN RCM DEL AUTOCLAVE MATACHANA S-1000

Tabla 3-1: Hoja de decisión RCM del módulo de control y registro

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000												
Subsistema			MÓDULO DE CONTROL Y REGISTRO												
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUCENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
1	A	2	S	S			S						Revisar estado de cables y terminales eléctricos del módulo de control y registro.	Semanal	Operador eléctrico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Sustituir módulo de control de pantalla.	A condición	Técnico autoclave
1	B	2	N				S						Revisar estado de las conexiones y protectores diferenciales.	Semanal	Operador eléctrico
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisar nivel de tinta en el cartridge.	Semestral	Técnico autoclave
1	C	2	S	N	N	S	S						Reponer papel termico en el sistema de impresión.	Mensual	Técnico autoclave
1	C	3	S	N	N	S	S						Revisar posicionamiento del papel termico y mantener limpieza en el sistema de impresión.	Mensual	Técnico autoclave
1	C	4	S	N	N	S	S						Revisar y mantener limpieza en el mecanismo de impresión.	Mensual	Técnico autoclave
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar sensor de control y sustituir según corresponda.	A condición	Técnico autoclave
1	D	2	S	N	N	S	S						Revisar y calibrar sensor de control.	Mensual	Técnico autoclave

1	D	3	S	N	N	S	N	N	S				Revisar y reemplazar línea de transmisión de datos.	A condición	Técnico autoclave
2	A	1	N				S						Revisar estado de los anillos, verifique calidad y estado del nivel de aceite según pauta Matachana.	Mensual	Técnico autoclave
2	A	2	N				S						Revisar estado de las conexiones del motor eléctrico del compresor.	Semanal	Operador eléctrico
2	A	3	S	N	N	S	S						Revisar estado de cables y terminales eléctricos de la subestación eléctrica.	Semanal	Operador eléctrico
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.	A condición	Operador mecánico
2	B	2	N				S						Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.	Mensual	Operador mecánico
2	B	3	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico
2	B	4	S	N	N	S	S						Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.	Cuatrimestral	Operador mecánico
2	C	1	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico
2	C	2	S	S			N	N	S				Revisar estado de válvula relief y reemplazar.	A condición	Operador mecánico
2	D	1	S	N	N	S	S						Revisar estado de sellos de la compuerta principal y reemplazar según pauta Matachana.	Trimestral	Técnico autoclave
2	D	2	N				N	N	S				Revisar estado de válvula de alivio y reemplazar.	A condición	Técnico autoclave
3	A	1	S	S			N	N	S				Revisar estado del sensor de temperatura y reemplazar.	A condición	Técnico autoclave
3	B	1	S	S			N	N	S				Revisar estado del sensor de presión y reemplazar.	A condición	Técnico autoclave
3	C	1	S	N	N	S	S						Revisar estado de líneas de aire y vapor, reemplazar según requiera para reestablecer la operación del suministro.	Mensual	Operador mecánico
3	C	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisar calibración del temporizador o reemplazar.	A condición	Técnico autoclave

4	A	1	S	N	N	S	S						Revisar estado de cables y terminales eléctricos del PLC.	Trimestral	Técnico autoclave
4	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar y reemplazar línea de transmisión de datos.	A condición	Técnico autoclave
4	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisar y reemplazar bocina del autoclave.	A condición	Técnico autoclave
4	C	1	S	N	N	S	S						Revisar estado de cables y terminales del panel eléctrico.	Semanal	Técnico autoclave
4	C	2	S	N	N	S	S						Revisar estado de bornes del panel eléctrico.	Semanal	Técnico autoclave

Tabla 3-2: Hoja de decisión RCM de la unidad de regulación de aire comprimido

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000													
Subsistema			UNIDAD DE REGULACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO													
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar mantenimiento según pauta del compresor y sus elementos.	Mensual	Operador mecánico	
1	A	2	N				S						Revisar estado de los anillos, verifique calidad y estado del nivel de aceite según pauta del compresor.	Mensual	Operador mecánico	
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar estado del motor eléctrico del compresor y repararlo o sustituirlo.	Mensual	Operador mecánico	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.	A condición	Operador mecánico	
1	B	2	N				S						Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.	Mensual	Operador mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico	
1	B	4	S	N	N	S	S						Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.	Cuatrimstral	Operador mecánico	
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico	
1	C	2	S	S			N	N	S				Revisar estado de válvula relief y reemplazar.	A condición	Operador mecánico	
2	A	1	N				S						Revisar la correcta selección e instalación del filtro de aire.	Cuatrimstral	Operador mecánico	
2	A	2	S	N	N	S	S						Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.	Cuatrimstral	Operador mecánico	

3	A	1	N				S						Calibrar servoválvulas al cierre especificado por el fabricante o reemplazar la unidad.	A condición	Operador mecánico y operador eléctrico
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.	A condición	Operador mecánico
3	B	2	N				S						Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.	Mensual	Operador mecánico
3	B	3	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico
3	C	1	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico
3	C	2	S	S			N	N	S				Revisar estado de válvula relief y reemplazar.	A condición	Operador mecánico
4	A	1	S	N	N	S	S						Revisar calentador de aire, verificar líneas y conexiones eléctricas, estanqueidad o reemplazar unidad.	Mensual	Operador eléctrico
4	A	2	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de humedad al rango requerido.	Mensual	Operador eléctrico

Tabla 3-3: Hoja de decisión RCM de la unidad de vacío y enfriamiento

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000													
Subsistema			UNIDAD DE VACÍO Y ENFRIAMIENTO													
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUCENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar estado de los motores eléctricos de las bombas centrífugas, evaluar su reparación o sustitución. Incluye sus conexiones.	Diario	Operador mecánico	
1	A	3	S	N	N	S	S						Revisar estado de las bombas centrífugas procurando el constante funcionamiento del circuito de enfriamiento.	Diario	Operador mecánico	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			
1	B	1	S	N	N	S	S						Realizar el mantenimiento adecuado al intercambiador de calor de la unidad y verificar problemas eléctricos.	Mensual	Operador mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	S						Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.	Cuatrimstral	Operador mecánico	
2	A	1	S	N	N	S	S						Reparar las unidades filtrantes o reemplazar según corresponda.	A condición	Operador mecánico	
2	A	2	S	N	N	S	S						Revisar que el pH del agua descalcificada se encuentre en el rango requerido. Reparar las unidades filtrantes o reemplazar según corresponda.	A condición	Operador mecánico	

2	A	3	S	N	N	S	S							Revisar que el nivel de cloruros disueltos esté dentro de los parámetro requeridos. Reparar unidades filtrantes o reemplazar según corresponda	A condición	Operador mecánico
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	-------------	-------------------

Tabla 3-4: Hoja de decisión RCM del generador vapor – vapor

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000													
Subsistema			GENERADOR VAPOR-VAPOR													
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Categorizar los sistemas en los cuales es imprescindible el uso de vapor, como por ejemplo la central de esterilización, priorizando así el abastecimiento constante de estas. Poner en marcha el plan de contingencia por sobreconsumo de vapor en la red hospitalaria.	A condición	Departamento de desarrollo industrial HGGB	
1	A	2	S	N	N	S	S						Restablecer suministro de agua en caso de corte o poner en marcha los estanques de contingencia hasta la restitución del servicio de agua potable.	A condición	Departamento de desarrollo industrial HGGB	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			
1	A	4	S	S			S						Revisar que la distribución de vapor sea adecuada para el autoclave.	A condición	Operador mecánico	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar estado de línea de vapor y reemplazar según requiera.	A condición	Operador mecánico	
1	B	2	N				S						Revisar línea de vapor obstruida.	A condición	Operador mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico	
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.	Mensual	Operador mecánico	
1	C	2	S	S			N	N	S				Revisar estado de válvula relief y reemplaz	A condición	Operador mecánico	
2	A	1	S	N	N	S	S						Revisar o reparar aislación de cañerías	Mensual	Operador mecánico	

Tabla 3-5: Hoja de decisión RCM de la unidad de desagüe

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000													
Subsistema			UNIDAD DE DESAGUE													
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"				TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3							
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	S		S						Seleccionar un diámetro de sifón requerido por el fabricante.	A condición	Operador mantención	
1	B	1	S	N	S		S						Verificar que el bote sifónico no se encuentre obstruido.	Mensual	Operador mantención	

Tabla 3-6: Hoja de decisión RCM del panel de control eléctrico

Fuente: Propia

Sistema			AUTOCLAVE MATACHANA S-1000												
Subsistema			PANEL DE CONTROL ELÉCTRICO												
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUCENCIAS				H1	H2	H3	TAREAS "A FALTA DE"			TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZAR POR
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.		
1	A	2	S	S			S						Revisar estado de cables y terminales eléctricos del módulo de control y registro.	Semanal	Operador eléctrico
1	B	1	N				S						Revisar estado de las conexiones y protectores diferenciales.	Semanal	Operador eléctrico

### 3.3 PROGRAMA DE INSPECCIONES PERIÓDICAS AL AUTOCLAVE MATACHANA S-1000

El siguiente plan de mantenimiento tiene como objetivo entregar las tareas propuestas en el RCM y clasificarlas por su frecuencia de inspección, especificando quien llevará a cabo dicha actividad, con el fin de evitar una posible falla del equipo y con ello detenciones no programadas.

Tabla 3-7: Descripción de funciones

<b>A realizar por</b>	<b>Descripción</b>
OM	Operador mecánico
OE	Operador eléctrico
TA	Técnico autoclave
OT	Operador mantención
DDI-HGGB	Departamento de desarrollo industrial HGGB

Tabla 3-8: Programa de inspecciones diarias del autoclave Matachana S-1000

<b>Programa (diario)</b>	<b>Realizado</b>	
	✓	X
<b>Unidad de vacío y enfriamiento</b>		
OM: Revisar estado de los motores eléctricos de las bombas centrífugas, evaluar su reparación o sustitución. Incluye sus conexiones.		
OM: Revisar estado de las bombas centrífugas procurando el constante funcionamiento del circuito de enfriamiento.		

Tabla 3-9: Programa de inspecciones semanales del autoclave Matachana S-1000

<b>Programa (semanal)</b>	<b>Realizado</b>	
	✓	X
<b>Módulo de control y registro</b>		
OE: Revisar estado de cables y terminales eléctricos del módulo de control y registro.		
OE: Revisar estado de las conexiones y protectores diferenciales.		
OE: Revisar estado de las conexiones del motor eléctrico del compresor.		

OE: Revisar estado de cables y terminales eléctricos de la subestación eléctrica.		
TA: Revisar estado de cables y terminales del panel eléctrico.		
TA: Revisar estado de bornes del panel eléctrico.		
<b>Panel de control eléctrico</b>		
OE: Revisar estado de cables y terminales eléctricos del módulo de control y registro.		
OE: Revisar estado de las conexiones y protectores diferenciales.		

Tabla 3-10: Programa de inspecciones mensuales del autoclave Matachana S-1000

Programa (mensual)	Realizado	
	✓	X
<b>Módulo de control y registro</b>		
TA: Reponer papel térmico en el sistema de impresión.		
TA: Revisar posicionamiento del papel térmico y mantener limpieza en el sistema de impresión.		
TA: Revisar y mantener limpieza en el mecanismo de impresión.		
TA: Revisar y calibrar sensor de control.		
TA: Revisar estado de los anillos, verifique calidad y estado del nivel de aceite según pauta Matachana.		
OM: Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar estado de líneas de aire y vapor, reemplazar según requiera para reestablecer la operación del suministro.		
<b>Unidad de regulación y aire comprimido</b>		
OM: Realizar mantenimiento según pauta del compresor y sus elementos.		
OM: Revisar estado de los anillos, verifique calidad y estado del nivel de aceite según pauta del compresor.		
OM: Revisar estado del motor eléctrico del compresor y repararlo o sustituirlo.		
OM: Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar y limpiar la línea de aire comprimido obstruida, verifique estado y calidad de filtros según pauta del compresor.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		

OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OE: Revisar calentador de aire, verificar líneas y conexiones eléctricas, estanqueidad o reemplazar unidad.		
OE: Revisar calibración del sensor de humedad al rango requerido.		
<b>Unidad de vacío y enfriamiento</b>		
OM: Realizar el mantenimiento adecuado al intercambiador de calor de la unidad y verificar problemas eléctricos.		
<b>Generador vapor-vapor</b>		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar calibración del sensor de presión al rango requerido.		
OM: Revisar o reparar aislación de cañerías.		
<b>Unidad de desagüe</b>		
OT: Verificar que el bote sifónico no se encuentre obstruido.		

Tabla 3-11: Programa de inspecciones cuatrimestrales del autoclave Matachana S-1000

Programa (cuatrimestral)	Realizado	
	✓	✗
<b>Módulo de control y registro</b>		
OM: Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.		
<b>Unidad de regulación y aire comprimido</b>		
OM: Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.		
OM: Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.		
<b>Unidad de vacío y enfriamiento</b>		
OM: Revisar estado de filtros y reemplazar según pauta del compresor.		

Tabla 3-12: Programa de inspecciones trimestrales del autoclave Matachana S-1000

Programa (trimestral)	Realizado	
	✓	✗
<b>Módulo de control y registro</b>		
TA: Revisar estado de sellos de la compuerta principal y reemplazar según pauta Matachana.		
TA: Revisar estado de cables y terminales eléctricos del PLC.		

Tabla 3-13: Programa de inspecciones a condición del autoclave Matachana S-1000

Programa (a condición)	Realizado	
	✓	X
<b>Módulo de control y registro</b>		
TA: Sustituir módulo de control de pantalla.		
TA: Revisar sensor de control y sustituir según corresponda.		
TA: Revisar y reemplazar línea de transmisión de datos.		
OM: Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.		
OM: Revisar estado de válvula relief y reemplazar.		
TA: Revisar estado de válvula de alivio y reemplazar.		
TA: Revisar estado del sensor de temperatura y reemplazar.		
TA: Revisar estado del sensor de presión y reemplazar.		
TA: Revisar calibración del temporizador o reemplazar.		
TA: Revisar y reemplazar línea de transmisión de datos.		
TA: Revisar y reemplazar bocina del autoclave.		
<b>Unidad de regulación de aire comprimido</b>		
OM: Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.		
OM: Revisar estado de válvula relief y reemplazar.		
OM/OE: Calibrar servoválvulas al cierre especificado por el fabricante o reemplazar la unidad.		
OM: Revisar estado de línea de compresión y reemplazar según requiera.		
OM: Revisar estado de válvula relief y reemplazar.		
<b>Unidad de vacío y enfriamiento</b>		
OM: Reparar las unidades filtrantes o reemplazar según corresponda.		
OM: Revisar que el pH del agua descalcificada se encuentre en el rango requerido. Reparar las unidades filtrantes o reemplazar según corresponda.		
OM: Revisar que el nivel de cloruros disueltos esté dentro de los parámetros requeridos. Reparar unidades filtrantes o reemplazar según corresponda		
<b>Generador vapor-vapor</b>		
DDI-HGGB: Categorizar los sistemas en los cuales es imprescindible el uso de vapor, como por ejemplo la central de esterilización, priorizando así el abastecimiento constante de estas. Poner en marcha el plan de contingencia por sobreconsumo de vapor en la red hospitalaria.		
DDI-HGGB: Restablecer suministro de agua en caso de corte o poner en marcha los estanques de contingencia hasta la restitución del servicio de agua potable.		

OM: Revisar que la distribución de vapor sea adecuada para el autoclave.		
OM: Revisar estado de línea de vapor y reemplazar según requiera.		
OM: Revisar línea de vapor obstruida.		
OM: Revisar estado de válvula relief y reemplazar.		
<b>Unidad de desagüe</b>		
OT: Seleccionar un diámetro de sifón requerido por el fabricante.		

## **CONCLUSIONES**

El autoclave Matachana S-1000 es uno de los equipos mas importantes dentro de la central de esterilización de este centro hospitalario, es por esto mismo que se debe asegurar la máxima confiabilidad del equipo en cuestión, con el objetivo de asegurar el constante suministro de material clínico esterilizado a las distintas áreas que precisan del abastecimiento de este tipo de insumos.

Actualmente la condición de operación

El autoclave estudiado se compone de un total de seis subsistemas, los cuales fueron analizados mediante metodología RCM.

Se demuestra que el módulo de control y registro, así como la unidad de regulación de aire comprimido presentan cuatro fallas funcionales cada una, sin embargo, es el primero el que presenta el mayor número de modos de falla, con un total de treinta y uno analizadas, es por ello que basado en este estudio es el elemento con mayores probabilidades de fallar, a su vez es el que presenta la cifra más alta de inspecciones a condición.

Basado en el programa de inspecciones el operador mecánico será el principal encargado de aplicar las tareas de mantenimiento, a tareas de inspección mensual.

Se determina que los mantenimientos y revisiones sugeridos en la planilla deben respetarse a cabalidad, puesto que la falta de estos es precisamente el origen de la baja en la confiabilidad que se requiere.

Se requiere utilizar repuestos e insumos recomendados por el fabricante respetando la originalidad del equipo. El usar repuestos e insumos alternativos no asegura el correcto funcionamiento del autoclave, así como también la durabilidad en el tiempo del mismo.

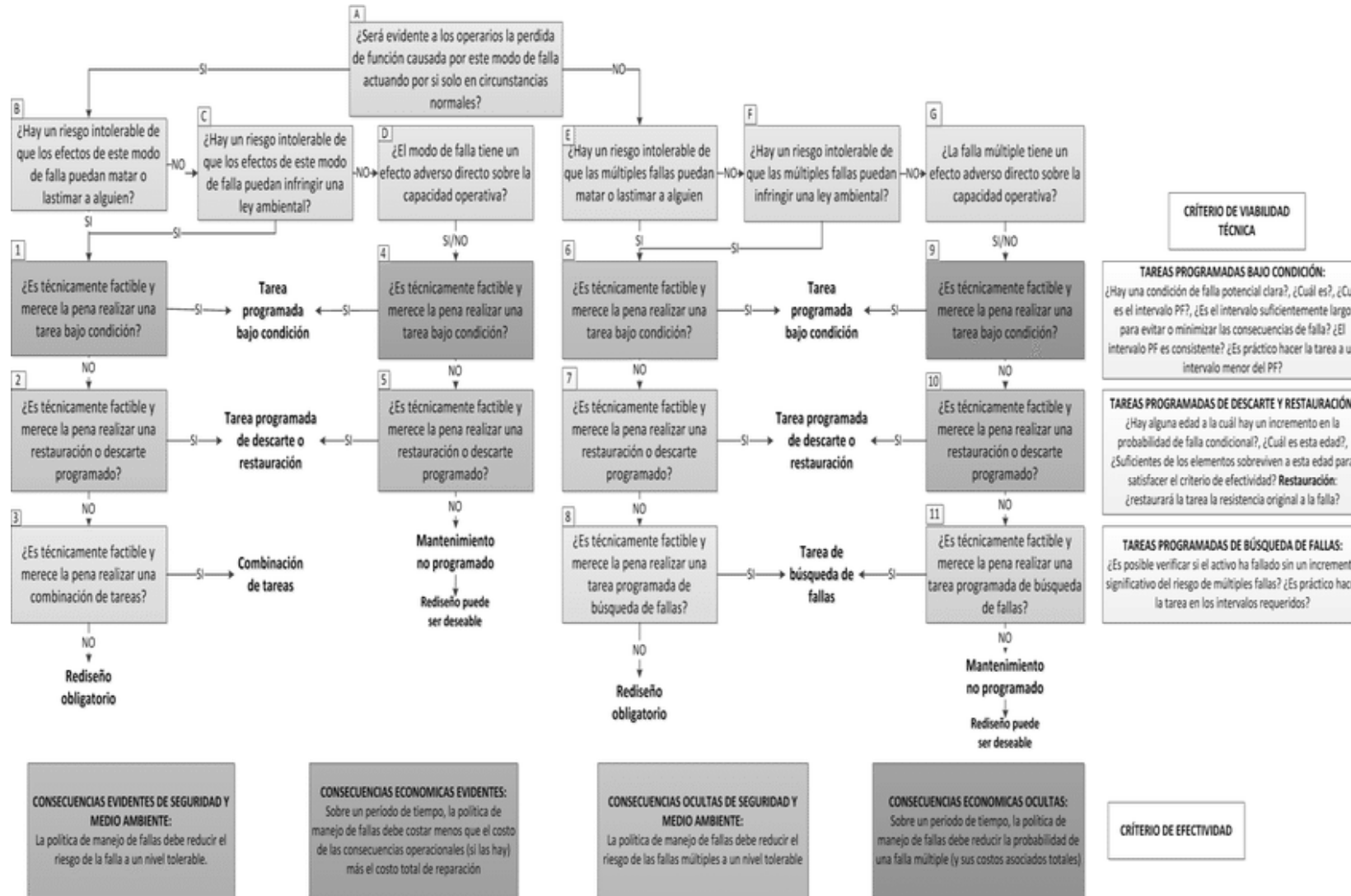
Al realizar este análisis se generó una base de datos con información actual y detallada de todas las causas y efectos que han sucedido y que probablemente sucedan en este sistema. Cabe destacar que la idea de un análisis RCM es su retroalimentación; esto quiere decir que a medida que vayan sucediendo fallas no consideradas, estas deben ser incluidas en el análisis junto con su tarea proactiva asociada.

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] MOUBRAY, John. Reliability Centered Maintenance. New York, NY: Industrial Press, 1997. 433 p. ISBN 09539603-2-3.
- [2] PISTARELLI, Alejandro J. Manual de mantenimiento: Ingeniería, gestión y organización. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: El autor, 2010. 696 p. ISBN 978-987-05-8420-9.
- [3] SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. JA1011: Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes. Warrendale, PA: SAE International, 2009. 12 p. 15096-001.
- [4] VÁSQUEZ, David. Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores Detroit 16V-149TI en Codelco división Andina.
- [5] MATACHANA. Catalogo autoclave S-1000. Barcelona, España: El autor, 2008.

**ANEXOS**

**HOJA DE DECISIÓN RCM**



**CONSECUENCIAS EVIDENTES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:**  
La política de manejo de fallas debe reducir el riesgo de la falla a un nivel tolerable.

**CONSECUENCIAS ECONOMICAS EVIDENTES:**  
Sobre un período de tiempo, la política de manejo de fallas debe costar menos que el costo de las consecuencias operacionales (si las hay) más el costo total de reparación.

**CONSECUENCIAS OCULTAS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:**  
La política de manejo de fallas debe reducir el riesgo de las fallas múltiples a un nivel tolerable.

**CONSECUENCIAS ECONOMICAS OCULTAS:**  
Sobre un período de tiempo, la política de manejo de fallas debe reducir la probabilidad de una falla múltiple (y sus costos asociados totales).

**CRITERIO DE VIABILIDAD TÉCNICA**

**TAREAS PROGRAMADAS BAJO CONDICIÓN:**  
¿Hay una condición de falla potencial clara?, ¿Cuál es?, ¿Cuál es el intervalo PF?, ¿Es el intervalo suficientemente largo para evitar o minimizar las consecuencias de falla?, ¿El intervalo PF es consistente?, ¿Es práctico hacer la tarea a un intervalo menor del PF?

**TAREAS PROGRAMADAS DE DESCARTE Y RESTAURACIÓN:**  
¿Hay alguna edad a la cual hay un incremento en la probabilidad de falla condicional?, ¿Cuál es esta edad?, ¿Suficientes de los elementos sobreviven a esta edad para satisfacer el criterio de efectividad? **Restauración:** ¿restaurará la tarea la resistencia original a la falla?

**TAREAS PROGRAMADAS DE BÚSQUEDA DE FALLAS:**  
¿Es posible verificar si el activo ha fallado sin un incremento significativo del riesgo de múltiples fallas?, ¿Es práctico hacer la tarea en los intervalos requeridos?

**CRITERIO DE EFECTIVIDAD**