

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
PARA EQUIPOS BIOMÉDICOS EN CENTRO
DE SANGRE VALPARAÍSO.**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero/a en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumnos:

Mayra Paola Mateluna Torres

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS BIOMÉDICOS EN CENTRO DE SANGRE VALPARAÍSO.

Nombre del candidato(a): Mayra Mateluna Torres

Carrera / Grado: Ingeniería en mantenimiento industrial

Campus: Viña del Mar ; **Departamento:** Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Baldi Gonzalez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 13/08/2025

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 13/08/2025

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: PLAN DE MEJORA, GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, CENTRO DE SANGRE, EQUIPOS BIOMÉDICOS, ANÁLISIS TÉCNICO, EVALUACIÓN ECONÓMICA, SOFTWARE CMMS

En el presente trabajo de título se plantea como objetivo principal la elaboración de propuestas de mejora para la gestión de mantenimiento de los equipos biomédicos del Centro de Sangre de Valparaíso, mediante el diagnóstico de la situación actual y el diseño de un plan de solución aplicable a la realidad operativa del centro. Como objetivos específicos, se busca identificar las falencias actuales en la gestión de mantenimiento a través de visitas técnicas, entrevistas al personal y análisis documental; posteriormente, diseñar propuestas técnicas que permitan abordar dichas problemáticas, incluyendo la incorporación de un sistema de codificación de activos, un plan de mantenimiento preventivo y la implementación de un software CMMS. Finalmente, se realiza una evaluación técnica y económica de las soluciones propuestas, considerando su factibilidad, costos de implementación y beneficios esperados para la mejora continua del servicio.

En el capítulo uno se presenta el contexto institucional del centro, su rol dentro de la red de salud pública y las principales deficiencias detectadas en su sistema de mantenimiento, como la falta de planificación preventiva, registros técnicos, historial de fallas y herramientas de trazabilidad. También se identifican activos críticos y se introducen las metodologías utilizadas como base para la propuesta.

En el capítulo dos se desarrolla el diagnóstico técnico de la gestión de mantenimiento actual del Centro de Sangre de Valparaíso. Este proceso incluyó la recolección de información mediante visitas al centro, entrevistas al personal responsable y análisis de documentación existente. A partir de esta información, se identificaron una serie de problemáticas y se plantearon propuestas de mejora orientadas a resolverlas: codificación de activos, planificación preventiva e implementación de un software CMMS.

Finalmente, en el capítulo tres se evalúa técnica y económicamente la propuesta, considerando sus beneficios operativos, costos de implementación y factibilidad. Se concluye que el plan es viable, accesible y aplicable dentro del contexto presupuestario del centro, cumpliendo con los objetivos establecidos y entregando una solución sostenible y adaptable para fortalecer su sistema de mantenimiento.

Se logró la elaboración de un plan de solución técnico y estructurado para mejorar la gestión del mantenimiento en el Centro de Sangre de Valparaíso, cumpliendo con todos

los objetivos propuestos en el trabajo. El proceso desarrollado permitió abordar directamente las problemáticas detectadas y entregar herramientas concretas y sostenibles que contribuyen a optimizar el sistema de mantenimiento actual.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ÍNDICE	3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA	5
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.	6
1.ANTECEDENTES GENERALES	7
1.1 Historia.	7
1.2 Entidad	7
1.3 Misión	8
1.4 Visión	8
1.5. Valores	8
1.6 Programa de donación voluntaria	9
1.7 Hospitales de la macro red	10
1.8 Requisitos para donar sangre	10
1.9 Distribución de áreas dentro del centro de sangre	11
1.10 Proceso productivo	12
1.11 Visita a terreno	14
1.12 Diagnóstico de la situación actual.	17
1.13 Problemática	18
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y DISEÑO DE SOLUCIONES	21
2. ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y DISEÑO DE SOLUCIONES	22
2.1 Gestión de mantenimiento	22
2.2 Estrategias de Mantenimiento	22
2.3 Análisis de la situación actual del Centro de Sangre Valparaíso.	25
2.4 Análisis de criticidad de activos	27
2.5 Propuesta de software para la gestión de mantenimiento	29
2.6 Fractal One	29
2.7 Fiix (Plan Básico Gratuito)	31
2.8 SAP	32
2.9 Tabla comparativa de los 3 posibles softwares a utilizar	34
2.10 Codificación de inventario	36
2.11 Clasificación de equipos y delimitación para codificación TAG	37

2.12 Creación de siglas tags para el Centro de Sangre Valparaíso.	37
2.13 Equipos codificados con TAGS	39
2.14 Propuesta de implementación fracttal CSV	39
2.15 Configuración inicial del sistema Fracttal One en el Centro de Sangre	40
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA	
PROPUESTA DE MEJORA PARA EL CENTRO DE SANGRE VALPARAÍSO	44
3.EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE	
MEJORA PARA EL CENTRO DE SANGRE VALPARAÍSO	45
3.1 Fundamentos de la Evaluación de la Propuesta	45
3.2 Evaluación técnica de la propuesta	46
3.3 Indicadores de mantenimiento	48
3.3 Visualización del nuevo flujo operativo con Fracttal One	51
3.4 Análisis de Costos Estimados de Implementación	52
3.5 Análisis de factibilidad de la implementación	53
3.6 Carta Gantt del plan de acción	54
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	57
Bibliografía	59
Anexos	60

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

CSV: Centro de Sangre y de Tejidos IV y V Región

CSVP: Centro de Sangre Valparaíso

BS: Banco de Sangre

UTM: Unidades de Medicina Transfusional

CS: Centros de Sangre

SSVSA: Servicio de Salud Valparaíso-San Antonio

FONASA: Fondo nacional de salud

CMMS: Computerized Maintenance Management System (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento)

MBC: Mantenimiento Basado en Condición

TPM: Mantenimiento Productivo Total

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los recursos en un centro de sangre es fundamental para garantizar un servicio continuo y de calidad, especialmente en instituciones que operan como nodos críticos dentro de la red de salud pública. Entre los aspectos clave para el correcto funcionamiento de estas entidades, destacan la gestión de mantenimiento de los equipos e infraestructura y la gestión de inventarios de sangre y sus componentes. Ambos procesos resultan esenciales para asegurar la disponibilidad de insumos y la funcionalidad operativa que respalden la atención de las necesidades médicas de la comunidad.

El Centro de Sangre de Valparaíso, como institución estratégica en la Región de Valparaíso, no solo se dedica a la captación y procesamiento de sangre, sino que también debe enfrentar desafíos logísticos y técnicos relacionados con la conservación de componentes sanguíneos y el mantenimiento de equipos críticos. Sistemas de refrigeración, maquinaria de procesamiento y vehículos de transporte requieren un mantenimiento constante para garantizar la integridad de los productos sanguíneos. Por otro lado, la gestión de inventarios debe responder de manera dinámica a la demanda variable de hospitales y clínicas, considerando tanto necesidades regulares como emergencias.

A través de este trabajo, se busca resaltar la importancia de una gestión de mantenimiento estructurada y eficiente como elemento clave para asegurar el funcionamiento continuo de los equipos biomédicos y, con ello, el éxito operativo del Centro de Sangre de Valparaíso.

La realización de este trabajo de título tiene como función, evaluar la gestión actual del mantenimiento del Centro de Sangre Valparaíso, mediante un levantamiento de datos e información con lo cual encontrar puntos susceptibles de optimización y con ello asegurar que la gestión cumpla con los requerimientos actuales solicitados, esto a través, de planes de solución a las problemáticas encontradas durante el proceso de investigación considerando distintos factores como costos de implementación y tiempo.

Como metodología de solución, se contempla la realización de visitas técnicas al Centro de Sangre de Valparaíso, con el fin de observar directamente el funcionamiento del área de mantenimiento, identificar deficiencias operativas y recopilar información sobre los procedimientos actuales. Asimismo, se realizarán entrevistas semiestructuradas al personal técnico responsable del mantenimiento de los equipos biomédicos, lo que permitirá detectar con mayor precisión las problemáticas existentes y validar posibles soluciones. Toda esta información será la base para diseñar una propuesta de mejora que posteriormente será implementada de manera parcial, con el objetivo de evaluar su funcionamiento técnico y su factibilidad económica antes de sugerir su aplicación a mayor escala.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar propuestas de mejoras al sistema de gestión de mantenimiento del Centro de sangre Valparaíso, mediante la evaluación de la situación actual de mantenimiento, a través de un levantamiento y recopilación de datos e información de forma presencial y fuentes primarias, encontrando puntos susceptibles de optimización, proponiendo cambios de gestión que mejoren el sistema de mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de equipos biomédicos en el centro de sangre mediante visitas en terreno y análisis de información primaria estableciendo el enfoque de la propuesta

Diseñar un plan de solución a las problemáticas identificadas considerando alternativas viables para el Centro de Sangre Valparaíso obteniendo sus posibles acciones de mejora.

Evaluar técnica y económicamente las propuestas diseñadas determinando la factibilidad de la implementación para el Centro de Sangre de Valparaíso con la finalidad de mejoras a la gestión del mantenimiento actual.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.

1.ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Historia.

Evolución del sistema de sangre en Chile: de la fragmentación a la centralización (Valenzuela, 2007).

En el año 1997 Chile contaba aproximadamente con 162 Bancos de Sangre (BS) públicos, con grandes diferencias entre sí tanto en tamaño como en calidad. Un 23 % de los BS atendían el 80% de las donaciones y realizaban el 90% de las transfusiones país. Por otra parte, no existía de base un Marco Legal Regulatorio.

Lo anterior implicaba una calidad deficiente de los productos (sin una calidad homogénea), elevados costos de producción, una clara deficiencia en la práctica de la medicina transfusional, y una falta de trazabilidad de los componentes sanguíneos desde la donación hasta la transfusión. Por otra parte, se podía resaltar, un suministro inadecuado de componentes sanguíneos tanto en seguridad, cantidad, oportunidad y calidad de los productos. Todo lo anterior en un costo-ineficiencia.

La alta dependencia de donantes de reposición o familiares y muy escasos donantes voluntarios.

Con relación a la clínica transfusional persistía el uso de Sangre Total, una demanda crónica insatisfecha de plaquetas, un alto número de transfusiones innecesarias e inadecuadas, la falta de seguimiento post transfusiones y la falta de estandarización de las indicaciones transfusionales.

En 1998 el Ministerio de Salud promueve el Proyecto Bitran, “Proyecto de Regionalización, Centralización o Integración de la producción de los Bancos de Sangre” del país.

El Proyecto implicaba concentrar los procesos de producción, los procesos de almacenamiento de los componentes sanguíneos, a una escala superior, con la incorporación de tecnología de automatización en la producción y simultáneamente la informatización de los procesos. Con estas líneas de trabajo se intenta neutralizar las brechas entre los Bancos de Sangre en relación a su organización, la tecnología y el factor económico.

La concentración de la producción de los Bancos de Sangre de las regiones pasó a constituirse en los denominados Centros de Sangre (CS) y los antiguos Bancos de Sangre que algunos existen por no estar aún integrados a un CS-, pasaron a llamarse Unidades de Medicina Transfusional (UMT).

1.2 Entidad

El trabajo de título se realizará en “Centro de Sangre Valparaíso”. Esta clínica está ubicada en Subida - Blas Cuevas, El Litre 985, Valparaíso

El Centro de Sangre Valparaíso es una institución pública dependiente del Servicio de Salud Valparaíso-San Antonio (SSVSA), encargada de abastecer de sangre a hospitales públicos desde Arica hasta la Región de Valparaíso.



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

Figura 1.1: Centro de Sangre de Valparaíso.

1.3 Misión

Es una entidad pública, que cuenta con personal altamente calificado y con el compromiso permanente de entregar el mejor servicio a la comunidad, siendo un centro referente que abastece de sangre a los hospitales asociados a su red, motivados en generar una agradable experiencia para incentivar la donación de sangre, con el fin de satisfacer las necesidades de los pacientes de forma segura, oportuna y de calidad.

1.4 Visión

Quieren ser un establecimiento pionero, referente a nivel nacional, líderes en calidad, comprometidos con la educación de la comunidad, para alcanzar el 100% de donación voluntaria.

1.5. Valores

Compromiso, equidad, ética, solidaridad, calidad, confidencialidad.

1.6 Programa de donación voluntaria

Como resultado de las políticas del Ministerio de Salud sobre los Centros de Sangre para cumplir con los compromisos contraídos con la Organización Mundial de la Salud y la OPS en relación a la medicina transfusional, surge el programa Dona Sangre, cuya finalidad es aumentar la captación y fidelización de este tipo de donantes altruistas.

El Donante Altruista es aquel que dona en forma espontánea, por la satisfacción de ayudar a un paciente que no conoce. Su finalidad es abastecer de componentes sanguíneos a la red de hospitales públicos con altos estándares de calidad, de manera oportuna y con equidad.

¿Por qué donar voluntariamente?

Estudios internacionales indican que la sangre, proveniente de donantes voluntarios altruistas repetidos, es mucho más segura que aquella que se obtiene de familiares o amigos que deben reponer las unidades utilizadas en caso de accidentes o enfermedad.

La sangre para transfusiones no se puede fabricar.

- El ser humano sólo puede recibir sangre de otro ser humano compatible. Cada día hay más enfermedades complejas que necesitan transfusiones (cirugías, trasplantes, recién nacidos prematuros, leucemias, entre otras).
- La sangre tiene caducidad, es así como los glóbulos rojos se deben transfundir dentro de 42 días y las plaquetas antes de 5 días, luego deben eliminarse.
- La esperanza de vida en nuestro país es cada vez mayor y, por ende, hay más posibilidades de tener enfermedades que requieran componentes sanguíneos.
- La sangre de un donante puede ayudar a salvar la vida de hasta 3 enfermos adultos, dado que ésta se fracciona en distintos componentes, los que se usan en diversas patologías.
- La necesidad de transfusiones es mayor en casos de accidentes, politraumatismos, pacientes oncológicos y en cirugías mayores como obstrucciones arteriales, aneurismas, cirugías cardíacas, etc.
- El proceso de preparación de componentes sanguíneos, y el estudio de la sangre total, tarda entre 24 y 48 horas, por lo que en caso de emergencia la sangre podrá ser transfundida sólo después del plazo mencionado, tiempo que no siempre puede esperar un paciente en riesgo vital. Donar voluntariamente mejora el stock disponible, lo que nos permite contar con la cantidad de sangre necesaria para entregar a los pacientes cuando ellos la necesiten.

Lo importante es donar regularmente y sin presiones de ningún tipo. El donante recupera rápidamente el volumen de la sangre donada mediante la ingesta de líquido, sin generarle daño alguno.

1.7 Hospitales de la macro red

El Centro de Sangre de Valparaíso desempeña un rol esencial en el sistema de salud público, al encargarse del abastecimiento oportuno y seguro de componentes sanguíneos a todos los hospitales que conforman la macro red asistencial, que se extiende desde Arica hasta Punta Arenas. A continuación, se detallan las instituciones que forman parte de esta red:

- Arica Parinacota: Hospital Juan Noe Crevani
- Tarapacá: Hospital Ernesto Torres Galdames de Iquique
- Atacama: Hospital San Jose del Carmen de Copiapo, Hospital Fernando Ariztia Ruiz de Vallenar
- Valparaíso: Hospital Gustavo Fricke de Viña del mar, Hospital Biprovincial Quillota-Petorca, Hospital Claudio Vicuña de San Antonio, Hospital San Camilo de San Felipe, Hospital Juan de Dios de Los Andes.
- O'higgins: Hospital San Fernando ,Hospital Regional de Rancagua, Hospital Santa Cruz , Hospital Ricardo Valenzuela Sáez de Rango.

1.8 Requisitos para donar sangre

Dentro de las principales problemáticas dentro del área de la salud es la poca donación voluntaria de sangre, siendo esto una de las problemáticas más preocupantes a nivel nacional. En Chile los requisitos para llevar a cabo la donación de manera correcta se deben cumplir una serie de requisitos y algunos de estos son:

- Tener documento de identificación como Cedula de identidad, Licencia de conducir o Pasaporte.
- Tener entre 18 y 65 años
- Menores de 17 años, con autorización escrita de tus padres o tutor legal.
- Entre 65 y 70 años, con autorización del médico del establecimiento.
- Has dormido al menos 5 horas.
- Pesas más de 50 kg.
- Has comido en las últimas 5 horas (desayuno y/o almuerzo)
- Puedes esperar 1 hora después de la donación para conducir
- Puedes esperar 12 horas luego de donar para:
 - Conducir locomoción colectiva
 - Realizar trabajos en altura
 - Realizar deportes de alto riesgo

Estos son los requisitos para poder donar sangre, para más información acerca del proceso de donación pueden visitar página web del centro de sangre: <https://centrosangrevalpo.redsalud.gov.cl/colecta-fija-y-movil/requisitos-para-donar-sangre/>

en la cual pueden encontrar toda la información sobre cómo llevar a cabo el proceso de donación.

1.9 Distribución de áreas dentro del centro de sangre

El centro de sangre de Valparaíso está constituido principalmente por 5 áreas las cuales cumplen diferentes funciones según la etapa en que se encuentren para finalmente llegar a la última que es la encargada de abastecer a los distintos hospitales dentro de todo el país.



(Fuente: Información interna recopilada)

Figura 1.2: Distribución del centro

A continuación, se describen las funciones que se realizan en cada área del centro de sangre Valparaíso:

1. Atención de los Donantes

Esta área es el primer punto de contacto con los donantes. Aquí se realiza una entrevista profesional, privada y una evaluación física para asegurar que el donante cumple con los requisitos necesarios, al donante se le toma la presión arterial y se mide la hemoglobina para descartar anemia. Por otro lado, también se le entrega al paciente su grupo sanguíneo. Además, se promueve la donación voluntaria y altruista mediante campañas educativas y colectas móviles, fomentando la fidelización de los donantes.

2. Extracción de Sangre y Observación

Una vez aprobado, el donante pasa a la sala de extracción, donde se recolecta la sangre en condiciones estériles. Posteriormente, se le brinda un periodo de observación y un refrigerio para asegurar su bienestar antes de retomar sus actividades.

3. Laboratorio de Estudios

En esta etapa, la sangre donada es sometida a rigurosos análisis para detectar posibles infecciones transmisibles, como VIH, hepatitis B y C, entre otras. Además, se determina el grupo sanguíneo y otros parámetros esenciales para garantizar la seguridad de las transfusiones.

4. Producción

La sangre recolectada se procesa para separar sus componentes: glóbulos rojos, plasma, plaquetas y crioprecipitados. Este fraccionamiento permite utilizar cada componente según las necesidades específicas de los pacientes, optimizando así su uso terapéutico.

5. Distribución

Finalmente, los componentes sanguíneos procesados y almacenados bajo estrictas condiciones de calidad son distribuidos a diversos hospitales y centros de salud de la región. Este proceso asegura que los productos lleguen oportunamente a los pacientes que los requieren.

1.10 Proceso productivo

Actualmente, el Centro de Sangre de Valparaíso procesa 43.000 unidades de sangre al año para abastecer a 14 hospitales públicos. A mediano plazo la meta es llegar a unas 50.000 unidades al año, para cubrir las necesidades de la totalidad de establecimientos de la Red Pública que abastecen.

El Centro de Sangre cuenta con equipamiento técnico y profesional que responden a los más altos estándares de calidad. En él se procesan las unidades de sangre obtenidas diariamente en las Unidades de Medicina Transfusional (UMT), con sitios fijos de donación, en los cuales se atienden sus donantes de reposición principalmente. A ello se agregan las unidades generadas a través de las colectas móviles organizadas por el Centro de Sangre, en las cuales se captan donantes voluntarios.

La materia prima para la preparación de componentes es la sangre total o los productos obtenidos por aféresis (procedimiento realizado a un donante, mediante un equipo especial, el cual se separa en forma selectiva uno o más componentes sanguíneos con fines transfusionales (plaquetas, glóbulos rojos y/o plasma) y se devuelve al donante el remanente de componentes. Permite obtener un componente diferenciado, en algunos casos más concentrado que el obtenido por el método de donación tradicional; ejemplo: plaquetas se puede obtener el equivalente a plaquetas de 6 o más donantes) de donantes que cumplieron con los criterios de selección establecidos. Los componentes deben ser extraídos en bolsas

especiales para la obtención de sangre, de material desechable y/o en equipos de aféresis también desechables, que cumplan con el estándar regulatorio internacional.

La materia prima de dichas unidades se procesa en el Centro de Sangre con altos estándares de calidad y controles permanentes. Esto se lleva a cabo, en parte, a través de comités de medicina transfusional multidisciplinarios que supervisan desde la recepción de la sangre hasta su administración, con el fin último de asegurar una terapia transfusional segura y de calidad en las UMT (Sánchez & Dubón, 2014).

Componentes Sanguíneos Procesados

En el proceso productivo, la sangre se fracciona por centrifugación en diversos componentes, los cuales permiten tratar múltiples patologías.

- Glóbulos rojos leucorreducidos con soluciones aditivas: componente obtenido por centrifugación y remoción de la mayor parte del plasma de la sangre total, a la que se agrega una solución conservante adicional que permite prolongar la vida de los glóbulos rojos a 42 días.
- Plasma Fresco congelado: se prepara desde sangre total a la que se le extraen los leucocitos, congelándose en un período y temperatura que permitan mantener en forma adecuada los factores de la coagulación. Este componente se usa para tratar pacientes con déficit de protrombina, de Factor V, entre otras.
- Plaquetas leucorreducidas: se elabora de una unidad de sangre total fresca pobre en leucocitos, que contiene la mayoría de las plaquetas de la unidad original en un volumen reducido de plasma. Se usa en diferentes tipos de alteraciones plaquetarias, como las producidas en las leucemias, cánceres en tratamiento y otras.
- Pool Plaquetas leucorreducidas concentrado: obtenido de una mezcla de 4 o más buffy coat provenientes de diferentes donantes. Es un proceso automatizado en el cual se obtiene un mejor rendimiento de la unidad para la terapia transfusional.
- Crioprecipitados: este componente contiene la fracción crio globulina (Factor VIII) del plasma obtenido a partir de plasma fresco congelado libre de células y concentrado a un volumen final de 20 ml. Su principal uso es en hipo y disfibrinogenemia y algunos casos de enfermedades von Willebrand.

1.11 Visita a terreno

A continuación, se adjuntan fotografías e información recopilada en la visita a terreno para conocer los equipos y las distintas áreas presentes en el centro de sangre.

Refrigerador de vitrina PITEC 19

El refrigerador *PITEC REF 19* es un equipo diseñado para la conservación de productos sensibles a la temperatura, como componentes sanguíneos, en entornos como laboratorios, farmacias y bancos de sangre. Cuenta con una capacidad de 420 litros y mantiene una temperatura constante de $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Además, incorpora un sistema de monitoreo y registro electrónico de temperatura que puede almacenar datos por hasta un mes y permite la conexión a un computador para la gestión de la información.

Funciones en el centro de sangre:

- Almacenar y conservar componentes sanguíneos (como glóbulos rojos y plasma) a temperaturas controladas para garantizar su viabilidad y seguridad.
- Monitorear y registrar continuamente la temperatura interna, asegurando el cumplimiento de las normativas de calidad y trazabilidad.
- Facilitar la inspección visual del contenido sin necesidad de abrir la puerta, gracias a su diseño de vitrina, lo que ayuda a mantener la temperatura interna estable.



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

Figura 1.3: Visita a terreno.

Analizador Clínico de Química e Inmunología Abbott Alinity ci-series

Es un sistema automatizado de diagnóstico in vitro que integra pruebas de bioquímica clínica e inmunoensayos en una sola plataforma modular. Está diseñado para laboratorios

que requieren alta productividad, precisión y eficiencia en el procesamiento de muestras, como los centros de sangre.

En el centro de sangre, el *Alinity ci-series* es fundamental para:

- Evaluación de Donantes: Determinación de niveles de hemoglobina, pruebas de función hepática y renal, y detección de marcadores infecciosos.
- Control de Calidad de Componentes Sanguíneos: Monitoreo de parámetros bioquímicos para asegurar la calidad de los productos sanguíneos.
- Seguimiento de Pacientes: Análisis de biomarcadores relevantes para el manejo de pacientes que requieren transfusiones o tratamientos específicos.



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

Figura 1.4: Visita a terreno.

Monitor de signos vitales Philips

Dispositivo médico diseñado para medir, visualizar y registrar en tiempo real los parámetros fisiológicos más importantes de un paciente.



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

Figura 1.5: Visita a terreno.

Hemoglobinómetro

Dispositivo médico utilizado para medir la concentración de hemoglobina en la sangre, un parámetro esencial para evaluar la función de transporte de oxígeno en el cuerpo.

Funciones clave:

- Detección de anemia y otras alteraciones en los niveles de hemoglobina.
- Evaluación de la elegibilidad de donantes de sangre.
- Monitoreo de pacientes con enfermedades hematológicas.
- Facilidad de uso en entornos clínicos y comunitarios.



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

Figura 1.6: Visita a terreno.

Centrifuga Sorvall Legend

La centrifuga *Sorvall Legend Mach 1.6* es un equipo de alta capacidad diseñado para el procesamiento eficiente de componentes sanguíneos. Con una capacidad para procesar múltiples bolsas de sangre simultáneamente, es ideal para bancos de sangre con altos volúmenes de trabajo



(Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso.)

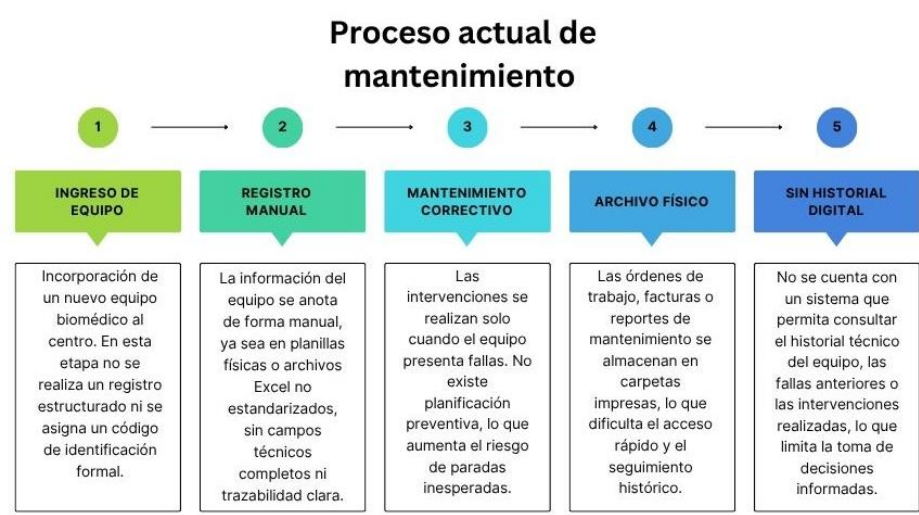
Figura 1.7: visita a terreno

1.12 Diagnóstico de la situación actual.

Con el propósito de analizar el estado actual de la gestión de mantenimiento en el Centro de Sangre de Valparaíso, se elaboró un diagnóstico basado en la observación directa de los procedimientos realizados, la revisión de documentos disponibles y entrevistas informales al personal involucrado. Este diagnóstico permitió identificar que el mantenimiento de los equipos se lleva a cabo de manera reactiva, sin un sistema formal que permita el seguimiento estructurado de las actividades.

La situación actual es típica de una gestión reactiva basada en memoria operativa y registros en papel. Según el *Manual de gestión del mantenimiento para equipos biomédicos* del Ministerio de Salud de Colombia ((Colombia), 2015). Esta situación contrasta con un enfoque formal que exige registros sistemáticos —hojas de vida, Bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo, auditorías, KPIs— para garantizar la trazabilidad, confiabilidad técnica, y seguridad del paciente.

Actualmente, todo se hace de forma manual y reactiva. No tener un software complica muchas tareas como planificar los mantenimientos o llevar un control del trabajo que se realiza. Esta situación dificulta la trazabilidad, la planificación preventiva y la toma de decisiones técnicas. A continuación, se presenta un diagrama de flujo que representa el proceso actual que sigue un equipo desde su ingreso hasta su atención técnica, evidenciando las principales debilidades del sistema actual.



(Fuente: Información interna CSV)

Figura 1.8: Proceso actual de Mto.

Como se observa en el diagrama, el proceso actual presenta una serie de debilidades que afectan directamente la eficiencia y el control del mantenimiento. La falta de un sistema digital que centralice la información técnica, sumado a la ausencia de codificación estandarizada y planificación preventiva, genera una gestión reactiva, poco trazable y propensa a errores. Esta situación no solo incrementa el riesgo de fallas en equipos críticos, sino que también dificulta el cumplimiento de estándares técnicos y normativos. Por ello, se

hace necesario avanzar hacia una propuesta de mejora que permita modernizar la gestión, asegurar la continuidad operativa de los equipos y optimizar los recursos del centro.

“Un sistema CMMS permite registrar tiempos de inactividad, identificar las causas de fallas y calcular indicadores como el MTBF, contribuyendo así a una planificación técnica más efectiva” (Festo, 2024).

1.13 Problemática

En el Centro de Sangre de Valparaíso se han identificado deficiencias importantes en la gestión del mantenimiento de sus activos, las cuales afectan directamente la eficiencia operativa, la disponibilidad de los equipos biomédicos y la seguridad de los procesos clínicos.

Uno de los principales problemas es la ausencia de un historial de fallas, ya que actualmente no se cuenta con registros sistemáticos que permitan hacer seguimiento a los eventos ocurridos en los equipos críticos. Esta carencia impide identificar fallas recurrentes, analizar tendencias y aplicar acciones correctivas adecuadas. A esto se suma la falta de un sistema de codificación estandarizada de los activos, lo que dificulta su trazabilidad, organización y control dentro del proceso de mantenimiento. La inexistencia de una identificación formal genera confusión al momento de programar tareas, registrar intervenciones o realizar inventarios.

Otro aspecto crítico es la inexistencia de un software de gestión del mantenimiento (CMMS). Esta limitación tecnológica no solo restringe la planificación de tareas, sino que también impide el registro ordenado de información técnica relevante, como fechas de intervención, clasificación de fallas y tiempos de reparación. Esta falta de datos estructurados imposibilita calcular indicadores clave de desempeño como el MTBF (tiempo medio entre fallas), MTTR (tiempo medio de reparación) y la disponibilidad operativa de los equipos, dificultando la toma de decisiones basadas en evidencia y la correcta priorización de recursos técnicos.

La situación actual refleja una gestión reactiva, poco predecible, que depende de la memoria operativa del personal y de registros en papel. Estudios en contextos similares muestran que los programas de mantenimiento carecen de documentación sistemática, con “incomplete maintenance data”, lo que afecta directamente la trazabilidad y confiabilidad técnica (Rahimi-Gharavi, Asadi, Fattahi, Omidvari, & Goodarzi, 2021).

Tal como señala la OPS/OMS, una gestión efectiva del mantenimiento de equipos médicos exige un sistema planificado que incluya registros detallados, seguimiento de fallas y tiempos de reparación, y trazabilidad completa (Salud y Salud, Medical equipment maintenance programme overview, 2011).

La ausencia de estos elementos, como se evidencia en el Anexo 2, demuestra claramente que el sistema actual está basado en registros en papel y memoria operativa.

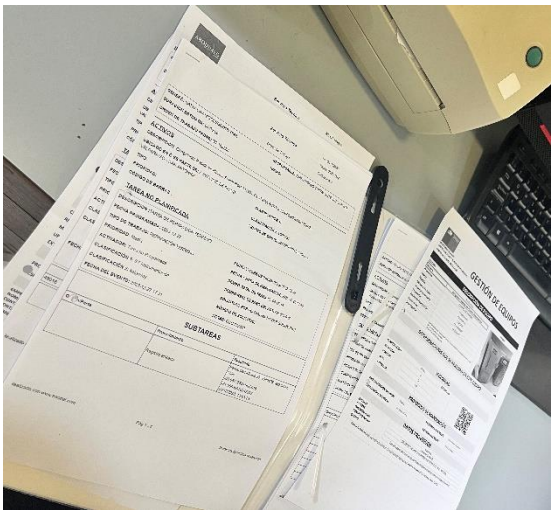
A continuación, se expone documentación adicional que permite visualizar con mayor claridad cómo se desarrolla actualmente la gestión del mantenimiento en el Centro de Sangre de Valparaíso.

Id	Nombre	Número inventar	Número de Serie	Fecha Ingre	Proveedi	Propieda	Marca	Modelo	Dependencia
167	Carro placas Donantes	4854	-				-	-	Donantes
250	Lector Codigo de Barra	000	8532110050989391	02-jul-24			3nStar	SC100-1	
249	Lector Codigo de Barra	000	8532110050989388	02-jul-24			3nStar	SC100-1	DONANTES
251	Alinity	0	SCM24718/AI25977	17-abr-24			Abbott	i	Laboratorio
256	Coagulometro	0	06080212	17-oct-24			ACL ELITE	elite Pro	Producción
135	Aire Acondicionado	0	E-013-03-7651				ANWO	GES18E-INT	Sala TIC
160	Caldera de Calefacción Central	0	-				BAXIS	ECO 4S 24 F	Centro de Sangre
179	IMPRESORA	0	U63982E7N918501				BROTHER	HL-1212W	DONANTES
180	IMPRESORA	0	U63982E7N918350				BROTHER	HL-1212W	DONATES

(Fuente: Información interna CSV)

Tabla 1.1 Equipos Centro de Sangre Valparaíso.

En este Excel lleva a cabo una serie de datos como nombre del activo su fecha de ingreso, número de serie entre otras informaciones, donde se reflejan distintas falencias al no contar con una buena trazabilidad del ingreso de datos con respecto a la gestión de mantenimiento, la información esta desordenada y mal estructurada, por un lado los equipos biomédicos, cuya función está directamente relacionada con procesos clínicos, y por otro, los equipos de apoyo informático, como computadores, impresoras y periféricos, cuyo uso es principalmente administrativo o de soporte técnico.



(Fuente: Información interna CSV)

Figura 1.9: Carpeta con archivos.

En la imagen anterior se muestra una carpeta donde guardan todos los archivos pertenecientes a los equipos biomédicos, se archivan ordenes de trabajo, plantilla la cual es creada por el tecnólogo medico encargado de los equipos y también archivos con la descripción de los equipos como el nombre, proveedor, número de serie entre otros, por ende,

se puede evidenciar la falta de una buena gestión de la información de datos y la necesidad de un software de mantenimiento. Esto es un gran problema dado que no existe un respaldo de la información, en caso de perder un papel esa información no puede volver a recuperarse.

La OMS (2011) establece que una gestión efectiva del mantenimiento debe apoyarse en documentación completa y trazabilidad de cada equipo, incluyendo tiempos de reparación, historial de fallas y planificación preventiva. La ausencia de estos elementos compromete la eficiencia operativa y aumenta el riesgo clínico, especialmente en entornos de atención crítica (Salud, 2012).

En este contexto, se identificaron múltiples falencias en el sistema actual del Centro de Sangre de Valparaíso, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Problemáticas Detectadas en la Gestión del Mantenimiento del CSV

Código	Problemática Actual
P-01	No existe una plataforma digital para la gestión del mantenimiento; toda la información se archiva en papel.
P-02	Las órdenes de trabajo no se generan ni ejecutan bajo un sistema formal; se trabajan informalmente.
P-03	No se diferencian los equipos biomédicos de los informáticos u otros activos de apoyo.
P-04	No hay una codificación estandarizada de los equipos; cada uno está identificado de forma genérica o inconsistente.
P-05	No existe control digitalizado ni actualizado del inventario de activos ni de repuestos.
P-06	La programación de mantenimientos se basa en calendarios físicos o en la memoria del encargado.
P-07	No se generan alertas ni recordatorios automáticos para mantenimientos preventivos.
P-08	No se mide ni analiza el rendimiento técnico de los equipos (no hay indicadores como MTBF o MTTR).
P-09	El historial de fallas y mantenimientos realizados no está disponible de forma rápida ni trazable.
P-10	Solo una persona está encargada de los equipos biomédicos y no existen respaldos capacitados.
P-11	No se realizan reuniones técnicas ni revisiones del estado del mantenimiento.
P-12	La gestión de mantenimiento no está alineada a criterios de criticidad ni prioridad técnica.
P-13	Se pierde tiempo en la búsqueda de información técnica o administrativa sobre equipos.
P-14	Ausencia de cultura organizacional centrada en la trazabilidad, el registro y la mejora continua.

(Fuente: Estudio realizado)

Tabla 1.2: Problemas identificados CSV

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y DISEÑO DE SOLUCIONES

2. ANÁLISIS DE PROBLEMÁTICAS Y DISEÑO DE SOLUCIONES

2.1 Gestión de mantenimiento

La gestión de mantenimiento es un conjunto de actividades planificadas y organizadas que tienen como objetivo garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, sistemas e infraestructuras dentro de una organización. Esta disciplina no solo busca prevenir fallas, sino también optimizar recursos, reducir tiempos de inactividad y asegurar la continuidad operativa. A través de estrategias como el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, la gestión de mantenimiento contribuye directamente a mejorar la eficiencia, seguridad y calidad de los procesos productivos y de servicios.

En el caso del Centro de Sangre Valparaíso, una adecuada gestión de mantenimiento cobra especial relevancia, dado que se trata de una institución crítica para el sistema de salud pública. El correcto funcionamiento de equipos como centrífugas, refrigeradores, cámaras de conservación, sistemas de climatización y laboratorios automatizados es vital para asegurar la calidad, trazabilidad y conservación segura de los componentes sanguíneos. Cualquier falla en estos sistemas puede comprometer no solo la operatividad del centro, sino también la salud de los pacientes que dependen de transfusiones y tratamientos específicos. Por ello, una gestión de mantenimiento eficiente no solo representa una mejora operativa, sino también un compromiso directo con la vida y el bienestar de las personas.

2.2 Estrategias de Mantenimiento

El adecuado funcionamiento de los equipos biomédicos es crucial para la operación interrumpida y la calidad de los servicios en un centro de sangre. Para asegurar esto, se aplican diversas estrategias de mantenimiento, cada una con un impacto distinto en la eficiencia, los costos y la disponibilidad de los equipos. A continuación, se detallan las principales estrategias de mantenimiento y su pertinencia para el contexto del Centro de Sangre de Valparaíso.



(Fuente: <https://samotics.com/es/blog/proven-maintenance-strategies-for-industrial-equipment/>)

Figura 2.1 Estrategias de mantenimiento

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es la estrategia más básica y reactiva, donde la intervención se realiza únicamente cuando un equipo ha fallado y su funcionamiento se ha interrumpido. Si bien puede parecer una opción de bajo costo inicial al no requerir planificación previa, sus desventajas son significativas. Las fallas inesperadas en equipos biomédicos críticos pueden generar tiempos de inactividad no planificados prolongados, lo que a su vez conlleva la interrupción de procesos esenciales, la pérdida de muestras de sangre valiosas o incluso la imposibilidad de atender a los pacientes. Esto no solo afecta la operación clínica y la calidad del servicio, sino que también puede resultar en costos elevados por reparaciones urgentes, horas extra del personal técnico y, en el peor de los casos, la necesidad de adquirir equipos de reemplazo de forma apresurada. Además, la naturaleza impredecible de estas fallas puede generar un ambiente de estrés y emergencia constante en el centro.

Mantenimiento Preventivo

En contraste, el mantenimiento preventivo es una estrategia proactiva que busca evitar las fallas antes de que ocurran. Se basa en la realización de actividades programadas de inspección, limpieza, lubricación, ajuste o reemplazo de componentes en intervalos predefinidos, siguiendo las recomendaciones del fabricante o la experiencia previa. Este enfoque sistemático tiene múltiples beneficios: mejora significativamente la disponibilidad de los equipos al reducir la probabilidad de fallas inesperadas, prolonga la vida útil de los activos al asegurar su buen estado y funcionamiento óptimo, y reduce los costos operativos a largo plazo al evitar reparaciones mayores y la necesidad de reemplazos prematuros. Para un Centro de Sangre, donde la continuidad operativa es vital, el mantenimiento preventivo

asegura que equipos como centrífugas, agitadores de plaquetas, refrigeradores o congeladores estén siempre en condiciones óptimas para procesar y almacenar componentes sanguíneos de forma segura y eficiente.

“El mantenimiento preventivo constituye pieza fundamental para el buen funcionamiento de las actividades hospitalarias y más allá, aseguran la supervivencia de los usuarios” (Mendoza y Zambrano, 2020).

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo representa un paso adelante en la proactividad al utilizar tecnologías de monitoreo avanzadas para anticipar fallas. Mediante la recopilación y análisis de datos de parámetros de condición como temperatura, vibración, presión, consumo de energía o ruido, es posible identificar patrones y anomalías que indican un deterioro inminente en el equipo. Esto permite programar intervenciones de mantenimiento solo cuando son realmente necesarias, optimizando el uso de recursos y minimizando las interrupciones. Sin embargo, esta estrategia requiere una inversión considerable en sensores, software especializado y personal capacitado para interpretar los datos. Por esta razón, su implementación no siempre es viable en centros con recursos limitados, ya que el costo inicial y la complejidad tecnológica pueden ser barreras importantes.

Mantenimiento Basado en Condición (MBC)

El Mantenimiento Basado en Condición (MBC) es un enfoque intermedio que comparte la filosofía del mantenimiento predictivo, pero con una menor dependencia de alta tecnología. Las intervenciones se realizan cuando se detectan signos de deterioro en un equipo, ya sea a través de inspecciones visuales regulares, mediciones manuales sencillas o la observación de parámetros clave sin la necesidad de sistemas de monitoreo complejos y costosos. Este enfoque permite una mayor flexibilidad y puede ser muy efectivo para equipos donde el monitoreo predictivo completo no es rentable o necesario. Ofrece un equilibrio entre la proactividad y la contención de costos, asegurando que las reparaciones se realicen antes de una falla catastrófica, pero solo cuando hay evidencia clara de que un problema está comenzando a manifestarse.

TPM (Total Productive Maintenance)

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una filosofía de gestión que va más allá del mantenimiento tradicional al buscar involucrar a todo el personal de la organización en la gestión de mantenimiento. Su objetivo es maximizar la eficiencia de los equipos y sistemas de producción a través de la participación de operadores, técnicos, ingenieros y personal administrativo. Promueve la responsabilidad compartida por el estado de los equipos, fomentando que los operadores realicen tareas básicas de mantenimiento autónomo

(limpieza, inspección, lubricación) y reporten anomalías. Este enfoque holístico busca la mejora continua en todos los aspectos relacionados con los equipos, desde su diseño y operación hasta su mantenimiento, lo que puede resultar en una mayor productividad, reducción de defectos y un ambiente de trabajo más seguro.

Estrategia Recomendada para el Centro de Sangre de Valparaíso

Considerando las características y necesidades operacionales del Centro de Sangre de Valparaíso, el mantenimiento preventivo planificado se presenta como la estrategia más adecuada y rentable. Su implementación sistemática asegura la confiabilidad de los equipos biomédicos esenciales para la recolección, procesamiento y almacenamiento seguro de la sangre. Este enfoque, al ser proactivo y programado, permite minimizar los tiempos de inactividad no planificados, prolongar la vida útil de la inversión en equipos y optimizar los recursos disponibles gracias a su bajo costo en comparación con los gastos asociados a las reparaciones correctivas urgentes. Un programa de mantenimiento preventivo bien estructurado garantizará la continuidad operativa del centro, la seguridad de las muestras sanguíneas y, en última instancia, la calidad del servicio a los pacientes de la región de Valparaíso.

2.3 Análisis de la situación actual del Centro de Sangre Valparaíso.

Antes de plantear cualquier propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento, es fundamental realizar un diagnóstico detallado de la situación actual del centro de trabajo. Este diagnóstico permite identificar las condiciones reales en las que se desarrollan las actividades de mantenimiento, detectar deficiencias, necesidades operativas y oportunidades de mejora.

Comprender el contexto específico del centro incluyendo su infraestructura, procesos, personal, herramientas, políticas y recursos disponibles es esencial para que las soluciones propuestas sean viables, efectivas y adaptadas a la realidad de la organización.

Este análisis también facilita una visión objetiva de las problemáticas que afectan la eficiencia del mantenimiento, ya sea por causas técnicas, organizativas o tecnológicas. A partir de este diagnóstico, se establecerán las bases para el diseño de un plan de soluciones que responda directamente a los hallazgos obtenidos, incluyendo la propuesta de un software que contribuya a optimizar la gestión de mantenimiento.

En esta sección se describirá el entorno operativo del centro, el estado actual de su gestión de mantenimiento, los métodos actualmente utilizados (si los hay), así como las principales problemáticas detectadas durante la etapa de observación, entrevistas y análisis de información recolectada.

Siguiendo con lo anterior, Actualmente, en el Centro de Sangre donde se desarrolla este trabajo, se cuenta con un sistema informático denominado e-Delphyn un software de

seguridad transfusional. Este software es una herramienta especializada en la gestión de datos clínicos y administrativos relacionados con los pacientes. Su función principal es el registro, almacenamiento y seguimiento de información médica, tales como historiales clínicos, resultados de pruebas, compatibilidad sanguínea, trazabilidad de donaciones, y otros aspectos vinculados al proceso transfusional.

La Seguridad Transfusional es el conjunto de mecanismos que trata de evitar errores humanos en la transfusión de un componente sanguíneo. Incorpora las últimas tecnologías en software e identificación automática para asegurar todo el proceso de transfusión, desde la extracción de muestra, identificación del paciente, inicio y fin del acto transfusional y registro de incidentes transfusionales. Garantiza la salud y seguridad del paciente y asegura una trazabilidad completa de los hemo componentes transfundidos en línea.

The screenshot shows the 'e-Delphyn' software interface with the title 'REGISTRO DE DONACIONES'. It is divided into two main sections: 'Datos Colecta' and 'Buscar Donante'. The 'Datos Colecta' section includes fields for 'Fecha extracción' (28/08/2014, 13:01), 'Tipo Donación' (DONACION DE REPOSICION), 'Lugar Colecta' (HDA), and 'Sesión' (M). The 'Buscar Donante' section includes fields for 'Número Donante', 'Tipo documento' (CED), and 'Documento#' (4-745-1784).

(Fuente: Información interna CSV)

Figura 2.2 software e-Dephyn

Si bien e-Delphyn representa un recurso valioso para la gestión de la información clínica y operativa del centro, no está diseñado para la gestión del mantenimiento de los equipos biomédicos, ni de ningún otro tipo de infraestructura técnica. No cuenta con funciones para el registro de mantenimientos preventivos o correctivos, programación de actividades, control de repuestos, seguimiento de fallas, ni indicadores clave de gestión (como disponibilidad, tiempo fuera de servicio, entre otros).

Esta limitación genera una brecha en la administración eficiente de los activos físicos del centro, especialmente considerando que el funcionamiento continuo y confiable de los equipos es esencial para garantizar la calidad y seguridad en los procesos clínicos. Por tanto, se identifica la necesidad de implementar una herramienta específica para la gestión del mantenimiento, que permita planificar, registrar y controlar las actividades técnicas asociadas

a los equipos, con el fin de mejorar la trazabilidad, reducir fallas imprevistas y optimizar los recursos disponibles.

2.4 Análisis de criticidad de activos

La gestión eficiente del mantenimiento en un centro de sangre requiere no solo la elección de estrategias adecuadas, sino también una clara identificación y priorización de los equipos en función de su criticidad. El análisis de criticidad es una herramienta fundamental que permite evaluar el impacto potencial de la falla de un equipo en la operación clínica, su frecuencia de uso y la facilidad o dificultad de su reemplazo. Esta clasificación es esencial para asignar recursos de mantenimiento de manera estratégica, asegurar la continuidad operativa y minimizar riesgos.

Para el caso específico del Centro de Sangre de Valparaíso, y en estricto apego a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Salud de Chile para la gestión de equipamiento en centros de transfusión y bancos de sangre, se ha llevado a cabo un análisis detallado que ha permitido identificar un conjunto de equipos cuyo funcionamiento ininterrumpido es vital. La falla de cualquiera de estos equipos tendría un impacto significativo en la capacidad del centro para recolectar, procesar, almacenar y distribuir componentes sanguíneos de forma segura y oportuna.

A continuación, se presenta la clasificación de los equipos críticos del Centro de Sangre de Valparaíso, basada en los criterios de impacto clínico, frecuencia de uso y dificultad de reemplazo, tal como lo establece el Ministerio de Salud:

Equipo	Impacto clínico	Frecuencia de uso	Reemplazable	Nivel de criticidad
Centrifugas refrigeradas	Alto	Diario	Difícil	Crítico
Desfibrilador Externo Automático	Alto	Eventual	Moderado	Crítico
Monitor de signos vitales	Medio	Diario	Fácil	Moderado
Fraccionadores	Alto	Diario	Difícil	Crítico
Cámaras de almacenamiento	Alto	Diario	Difícil	Crítico
Incubadores y agitadores de plaquetas	Alto	Diario	Difícil	Crítico
Refrigeradores y Congeladores	Alto	Diario	Difícil	Crítico
Autoanalizadores (Inmuno hematología y serología)	Alto	Diario	Moderado	Crítico
Grupo electrógeno	Alto	Eventual	Difícil	Crítico

(Fuente: Información interna CSV)

Tabla 2.1 Criticidad de equipos CSV

Como se desprende de la tabla, la mayoría de los equipos clasificados como "CRÍTICO" en el Centro de Sangre de Valparaíso poseen un alto impacto clínico, lo que significa que su mal funcionamiento o detención podría comprometer directamente la seguridad del paciente, la calidad de los productos sanguíneos o la capacidad de respuesta del centro. Adicionalmente, una gran parte de estos equipos se utilizan con frecuencia diaria, subrayando su rol central en las operaciones cotidianas. La dificultad para su reemplazo, catalogada mayoritariamente como "DIFÍCIL", acentúa su criticidad, ya que una falla

implicaría largos periodos de inactividad al no disponer de un equipo sustituto de forma inmediata.

Entre los equipos de alto impacto y uso diario que son difíciles de reemplazar, y por ende considerados "CRÍTICOS", se destacan:

Centrífugas Refrigeradas: Esenciales para la separación de los componentes sanguíneos (plasma, glóbulos rojos, plaquetas). Su falla detendría el procesamiento inicial de la sangre donada.

Fraccionadores: Utilizados para la división de la sangre total en sus componentes específicos, un proceso fundamental en la preparación de productos sanguíneos para transfusión.

Cámaras de almacenamiento, Refrigeradores y Congeladores: Son vitales para mantener la cadena de frío y asegurar la viabilidad y seguridad de los componentes sanguíneos (glóbulos rojos, plasma fresco congelado, plaquetas) a temperaturas controladas. Un fallo en estos sistemas podría resultar en la pérdida irreparable de grandes volúmenes de productos sanguíneos, con un costo económico y social considerable.

Incubadores y agitadores de plaquetas: Cruciales para el almacenamiento adecuado de las plaquetas, que requieren condiciones específicas de temperatura y agitación para mantener su funcionalidad.

Auto analizadores (inmunoematología y serología): Indispensables para realizar pruebas de compatibilidad sanguínea y detección de enfermedades infecciosas. Su inoperatividad detendría la liberación de unidades de sangre seguras para transfusión.

Adicionalmente, el Desfibrilador Externo Automático y el Grupo electrógeno, aunque de uso "EVENTUAL", son clasificados como "CRÍTICO" debido a su alto impacto clínico y la dificultad para su reemplazo. El desfibrilador es un equipo de soporte vital esencial para emergencias médicas dentro del centro, mientras que el grupo electrógeno garantiza la continuidad del suministro eléctrico, indispensable para la operación de todos los equipos y, crucialmente, para mantener las cámaras de almacenamiento en caso de un corte de energía, evitando la pérdida de productos sanguíneos.

Por otro lado, el Monitor de signos vitales, aunque de uso "DIARIO", presenta un "IMPACTO CLÍNICO MEDIO" y es "FÁCIL" de reemplazar, lo que lo sitúa en un nivel de criticidad "MODERADO". Esto no resta importancia a su mantenimiento, pero permite priorizar los recursos hacia aquellos equipos que representan un riesgo mayor en caso de falla.

Esta clasificación rigurosa es la base para el diseño e implementación de un plan de mantenimiento efectivo y eficiente, que asegure la disponibilidad y el rendimiento óptimo de los equipos más importantes para la misión del Centro de Sangre de Valparaíso, garantizando así la provisión segura y oportuna de componentes sanguíneos a la red asistencial.

2.5 Propuesta de software para la gestión de mantenimiento

“Un sistema de gestión de mantenimiento (CMMS) permite programar tareas automáticamente, registrar historiales de intervenciones y generar alertas de vencimiento, facilitando el análisis de datos para la toma de decisiones” (QSystems, 2024).

Dada la necesidad de contar con una herramienta que permita organizar y controlar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento en el Centro de Sangre de Valparaíso, resulta necesario evaluar alternativas de software disponibles en el mercado.

Existen diversas plataformas diseñadas para apoyar la gestión del mantenimiento en distintos tipos de organizaciones. Estas soluciones ofrecen funciones que permiten registrar actividades, programar tareas, y mantener ordenada la información relacionada con los equipos y sus intervenciones. Sin embargo, estas herramientas varían en cuanto a su costo, complejidad y alcance.

Considerando que el centro no dispone de un presupuesto amplio para este tipo de implementaciones, se ha enfocado la búsqueda en opciones de bajo costo, que puedan ser utilizadas de manera sencilla y sin requerir una infraestructura adicional compleja. El objetivo es recomendar una herramienta que se ajuste a las necesidades reales del centro, facilitando una gestión más organizada del mantenimiento, sin representar una carga económica significativa.

A continuación, se presentan algunas opciones disponibles, junto con sus principales características y ventajas, con el fin de seleccionar la alternativa más adecuada para su implementación en el contexto actual del Centro de Sangre de Valparaíso.

2.6 Fracttal One

Fracttal One es un software de gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS) basado en la nube, diseñado para ayudar a organizaciones de distintos tamaños a administrar de manera eficiente sus activos físicos, equipos e infraestructura. Esta plataforma permite planificar, ejecutar, controlar y documentar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Principales funciones de Fractal One (Versión Starter):

- **Gestión de activos:** Permite registrar y organizar todos los activos físicos del centro (equipos, instalaciones, maquinaria, etc.), asignándoles características técnicas, ubicaciones, responsables, ciclos de vida y clasificaciones detalladas.
- **Órdenes de trabajo:** Facilita la creación, planificación y seguimiento de órdenes de trabajo tanto preventivas como correctivas. Cada orden incluye descripciones, recursos requeridos, tiempos estimados, prioridad, trazabilidad de ejecución y adjuntos multimedia.
- **Programación de mantenimiento:** Permite establecer planes de mantenimiento preventivo basados en tiempo, condición u otras variables. Se pueden automatizar tareas recurrentes, generar alertas y calendarizar mantenimientos en función del uso real del activo.
- **Historial técnico:** Registra de forma automática y permanente todas las intervenciones realizadas sobre cada activo. Este historial detallado permite sustentar decisiones técnicas, cumplir estándares normativos y auditar el desempeño del mantenimiento.
- **Gestión de inventario:** Integra un módulo completo de control de repuestos, herramientas y materiales. Se registran ingresos, egresos, niveles mínimos, ubicaciones físicas y se asocian directamente a órdenes de trabajo.
- **Reportes avanzados y notificaciones:** El plan Starter permite el acceso a reportes personalizados, dashboards visuales y KPIs de mantenimiento. También se configuran notificaciones automáticas por correo o a través de la app móvil, alertando sobre tareas críticas, vencimientos o incidencias.

¿Para qué sirve Fractal One?

Fractal One funciona como una plataforma centralizada y digital para estructurar y optimizar la gestión del mantenimiento. Su implementación permite:

- Eliminar planillas manuales o sistemas desorganizados.
- Programar mantenimientos con mayor precisión y anticipación.
- Obtener trazabilidad completa sobre cada intervención técnica.
- Facilitar el trabajo del personal mediante acceso desde computadoras o dispositivos móviles.
- Optimizar el uso de repuestos, reducir fallas y controlar costos.

Adecuación al contexto del Centro de Sangre de Valparaíso

Dado que el Centro de Sangre de Valparaíso no cuenta actualmente con un sistema de mantenimiento formal, la adopción del plan Starter de Fractal One representa una solución técnicamente robusta, escalable y de bajo costo operativo, adaptada a las necesidades del centro. La plataforma está en español, es fácil de implementar y permite un salto cualitativo en la organización del mantenimiento, entregando visibilidad, control y soporte técnico especializado desde el inicio.

El plan Starter ofrece una excelente capacidad funcional, incluyendo la gestión avanzada de inventario, reportes técnicos, múltiples usuarios, seguimiento de indicadores y soporte profesional, todo lo cual respalda una mejora estructural en la gestión del mantenimiento institucional.

2.7 Fiix (Plan Básico Gratuito)

Fiix es un software de tipo CMMS (Computerized Maintenance Management System) basado en la nube, desarrollado por la empresa Rockwell Automation, que permite a las organizaciones planificar, realizar un seguimiento y optimizar sus operaciones de mantenimiento de forma digital. Su objetivo principal es facilitar la gestión de activos, la programación de tareas y el control de órdenes de trabajo desde una plataforma centralizada.

Fiix está diseñado para adaptarse tanto a pequeñas empresas como a grandes instalaciones industriales, y ofrece una versión gratuita y funcional pensada para equipos de mantenimiento pequeños o para aquellos que están comenzando a digitalizar sus procesos.

¿Para qué sirve Fiix? Fiix sirve como una herramienta digital para:

- Organizar el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Llevar un control detallado del historial de intervenciones.
- Registrar activos e instalaciones.
- Facilitar el trabajo técnico mediante acceso remoto y en tiempo real.
- Mejorar la eficiencia operativa y reducir tiempos de inactividad.

Funciones principales del plan gratuito

El plan gratuito de Fiix, conocido como el “Free CMMS Plan”, está orientado a pequeños equipos (hasta 3 usuarios) y permite gestionar un volumen limitado de tareas, lo cual puede ser suficiente para centros con recursos reducidos como el Centro de Sangre de Valparaíso. **Las funciones principales incluyen:**

Gestión básica de activos

- Permite registrar equipos, instalaciones y ubicaciones.
- Se puede incluir información técnica básica de cada activo.

Órdenes de trabajo

- Crea, asigna y realiza seguimiento de órdenes de mantenimiento.
- Incluye descripción del trabajo, fechas, técnicos responsables, y observaciones.

Mantenimiento preventivo

- Permite programar tareas de mantenimiento en función del tiempo (ej. mensual, trimestral) o del uso.
- Las tareas pueden automatizarse para repetirse según un calendario.

Historial de mantenimiento

- Registra automáticamente las actividades realizadas, creando un historial útil para inspecciones y análisis.

Panel de control básico

- Muestra un resumen del estado de órdenes activas, atrasadas o completadas.

Acceso desde la nube

- Disponible en navegador web y aplicación móvil.
- No requiere instalaciones locales ni servidores físicos.

Limitaciones del plan gratuito

- Máximo 3 usuarios activos.
- Algunas funciones avanzadas (como reportes personalizados, gestión de inventario o integraciones con sensores IoT) no están disponibles.
- La plataforma está completamente en inglés, lo cual puede ser una barrera para algunos usuarios.
- Se requiere conexión a internet.

Adecuación al contexto del Centro de Sangre de Valparaíso

Fiix puede representar una alternativa válida para comenzar una gestión digital del mantenimiento en un entorno con recursos limitados. Aunque su interfaz está en inglés, su diseño es intuitivo y ofrece lo esencial para registrar y programar tareas de mantenimiento de forma ordenada.

En caso de contar con personal familiarizado con herramientas digitales o con conocimientos básicos de inglés técnico, Fiix puede utilizarse como una solución de bajo costo para mejorar el control del mantenimiento, especialmente si se parte desde una gestión basada en hojas de cálculo o registros manuales.

2.8 SAP

SAP PM (Plant Maintenance) es uno de los módulos del sistema SAP ERP (Enterprise Resource Planning), diseñado específicamente para la gestión del mantenimiento de activos físicos e infraestructura en empresas e instituciones. Este módulo permite administrar de forma integral todas las actividades relacionadas con el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, asegurando la continuidad operativa, el control técnico y la trazabilidad de los procesos.

SAP PM está orientado principalmente a organizaciones medianas y grandes que requieren una solución sólida, estandarizada y totalmente integrada con otras áreas como logística, finanzas, compras y recursos humanos.

¿Para qué sirve SAP PM?

SAP PM permite gestionar de manera eficiente todo el ciclo de vida del mantenimiento, incluyendo:

- La planificación de intervenciones.
- La ejecución de órdenes de trabajo.
- El control de recursos técnicos y financieros asociados al mantenimiento.
- El análisis del desempeño de los activos.

Funciones principales de SAP PM:

Gestión de datos maestros

- Registro estructurado de activos: equipos, ubicaciones técnicas, funciones, jerarquías.
- Asignación de características técnicas, historial de mantenimiento, repuestos asociados.

Órdenes de mantenimiento

- Generación de órdenes correctivas y preventivas.
- Registro de actividades, tiempos, materiales utilizados y costos.
- Posibilidad de gestionar aprobación y cierre formal de cada orden.

Mantenimiento preventivo

- Programación de tareas por tiempo, uso o condición.
- Gestión de planes de mantenimiento por tipo de equipo o ubicación.
- Notificaciones y creación automáticas de órdenes.

Notificaciones de avería

- Registro de fallas, anomalías o solicitudes de mantenimiento.
- Asignación y seguimiento por parte del personal técnico.

Gestión de recursos

- Asignación de técnicos, herramientas y materiales.
- Control de disponibilidad de recursos y planificación de cargas de trabajo.

Costeo e integración financiera

- Seguimiento de los costos asociados a cada tarea de mantenimiento.
- Integración con módulos de finanzas, contabilidad y compras.

Análisis e informes

- Generación de reportes de desempeño, disponibilidad, tiempos de parada, frecuencia de fallas, entre otros indicadores.
- Soporte para la toma de decisiones estratégicas.

Ventajas de SAP PM

- Altamente integrado con todos los procesos empresariales.

- Ideal para organizaciones con muchos activos distribuidos en distintas ubicaciones.
- Permite el control detallado de costos, tiempos y recursos.
- Amplias capacidades de personalización y automatización.

Desventajas o limitaciones

- Alto costo de implementación y licencias, especialmente para instituciones con bajo presupuesto.
- Requiere personal capacitado para su uso e interpretación.
- Implementación compleja que puede tomar meses si no se cuenta con experiencia previa.
- No es una solución ideal para organizaciones pequeñas o que buscan un sistema simple y de rápida adopción.

Adecuación al contexto del Centro de Sangre de Valparaíso

Si bien SAP PM es una herramienta muy robusta y completa, no se adapta fácilmente a instituciones con recursos limitados, como es el caso del Centro de Sangre de Valparaíso. La inversión en licencias, personal técnico y tiempo de implementación lo hacen poco viable para gestionar necesidades básicas de mantenimiento, en comparación con alternativas más accesibles como Fracttal One o Fiix.

2.9 Tabla comparativa de los 3 posibles softwares a utilizar

Con el objetivo de determinar cuál de las tres alternativas de software se ajusta de mejor manera a las necesidades y condiciones del Centro de Sangre de Valparaíso, a continuación, se presenta una tabla comparativa que evalúa sus principales características y funcionalidades. Esta comparación permite visualizar de forma clara cuál opción resulta ser la más conveniente para su implementación.

Criterio	Fractal One (Versión Starter)	Fiix (Plan Gratuito)	SAP PM (Versión Comercial)
Costo	Bajo costo mensual (accesible para PYMEs)	Gratuito (limitado)	Alto costo de licencia y mantenimiento
Idioma	Español (nativo), inglés y otros	Inglés	Multilenguaje
Facilidad de uso	Muy fácil de usar, interfaz amigable	Intuitivo pero en inglés	Complejo, curva de aprendizaje alta
Implementación	Rápida, con soporte incluido	Rápida, autogestionada	Larga y costosa
Soporte técnico	Incluye soporte técnico dedicado	Limitado en versión gratuita	Completo y especializado
Gestión de activos	Completa y personalizable	Limitada en cantidad de activos	Muy robusta y configurable
Órdenes de trabajo	Gestión avanzada con historial y notificaciones	Sí, con ciertas limitaciones	Sí, muy detallada
Mantenimiento preventivo	Programación flexible y automatizada	Sí, con limitaciones	Totalmente configurable
Gestión de inventario	Incluida con control de stock y alertas	No disponible	Sí, muy completo
Nivel de recursos técnicos requeridos	Bajo (no se requiere personal TI dedicado)	Bajo	Alto (especialistas en SAP)
Acceso desde dispositivos móviles	Totalmente funcional en app móvil	Sí, app en inglés	Limitado, depende de implementación
Adecuación al contexto del Centro	Alta: adaptable a distintos tamaños de operación	Media (por idioma y funciones limitadas)	Alta, pero costosa y compleja

(Fuente: Información recopilada)

Tabla 2.2 Comparativa de software 1

A partir del análisis comparativo presentado en la tabla anterior, se concluye que Fractal One (versión Starter) es la alternativa más adecuada para el Centro de Sangre de Valparaíso. Aunque esta versión implica un costo, dicho valor es accesible en comparación con otras soluciones del mercado, y resulta justificado frente a los beneficios que ofrece. Esta plataforma se encuentra totalmente en español, lo cual facilita su adopción inmediata por parte del personal técnico, reduciendo barreras idiomáticas y acelerando su uso en terreno.

Además, este software destaca por su interfaz amigable y de fácil uso, lo que la hace ideal para equipos que no poseen experiencia previa con software especializado en mantenimiento. A pesar de ser una versión comercial básica, incluye funcionalidades esenciales como gestión de activos, creación de órdenes de trabajo, mantenimiento preventivo, control de inventario, soporte técnico, acceso móvil, y una adecuada adaptación al contexto operativo del centro. Su proceso de implementación es rápido, no requiere conocimientos técnicos avanzados ni infraestructura compleja, lo que la convierte en una herramienta práctica, escalable y alineada con los recursos actuales del establecimiento.

En cambio, Fiix, si bien dispone de un plan gratuito, presenta una limitación significativa: su interfaz y documentación están únicamente en inglés, lo que dificulta su implementación y uso eficiente por parte de equipos que no dominan el idioma. Además, su versión gratuita carece de funciones clave, como la gestión de inventario, lo que reduce considerablemente su utilidad para un centro de salud que requiere trazabilidad y control de repuestos.

Por otro lado, SAP PM es una herramienta de alto nivel enfocada en grandes industrias, cuya implementación requiere una inversión considerable de tiempo, dinero y recursos humanos especializados. Su complejidad y rigidez hacen que no se adecue al entorno del Centro de Sangre, sobrepasando ampliamente sus necesidades reales tanto en términos de costo como de operatividad.

En base a estos antecedentes, Fractal One (versión Starter) se posiciona como la solución más viable y estratégica para fortalecer la gestión de mantenimiento del Centro de Sangre de Valparaíso, al equilibrar funcionalidad, facilidad de uso y costo razonable.

2.10 Codificación de inventario

La gestión de inventario ha sido una necesidad inherente a cualquier organización que maneje recursos físicos. Desde tiempos antiguos, cuando las civilizaciones contabilizaban granos o armas en almacenes rudimentarios, hasta la actualidad, donde las instituciones cuentan con plataformas digitales avanzadas, la forma en que se identifican y rastrean los bienes ha evolucionado significativamente. En este proceso, las etiquetas o "tags" han sido herramientas esenciales para el desarrollo de sistemas más eficientes y automatizados.

Historia de la gestión de inventario y la relación con la codificación TAG

La gestión de inventario ha sido una función esencial desde los inicios del comercio y la industria, cuando surgió la necesidad de controlar el almacenamiento, uso y reposición de materiales y productos. Su evolución ha estado marcada por el desarrollo de modelos de control como la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el enfoque Just in Time (JIT) y la integración de sistemas tecnológicos para optimizar los niveles de stock, reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.

Con el avance de la automatización y los sistemas digitales, la gestión de inventario amplió su alcance, integrando no solo productos de consumo o repuestos, sino también activos físicos y equipos operacionales. Esta ampliación generó la necesidad de una identificación estructurada y estandarizada, especialmente en áreas como el mantenimiento, donde es fundamental contar con información clara y precisa sobre la ubicación, uso y estado de cada activo.

En este contexto, surge el uso de códigos TAG (etiquetas alfanuméricas), que permiten identificar de forma única cada equipo o componente dentro de una organización.

Estas codificaciones se integran en plataformas digitales, como los softwares de gestión de mantenimiento, permitiendo el control eficiente de las actividades asociadas a cada activo, como su historial de fallas, mantenimientos realizados, responsables asignados y estado operativo actual.

En instituciones como el Centro de Sangre de Valparaíso, donde se cuenta con un número importante de equipos biomédicos, informáticos y de soporte, la implementación de TAGs personalizados resulta fundamental para una gestión técnica ordenada, especialmente

considerando la ausencia de un sistema específico de mantenimiento. Esta práctica se posiciona como una solución clave para avanzar hacia un modelo de gestión más eficiente, trazable y alineado con las mejores prácticas del sector.

2.11 Clasificación de equipos y delimitación para codificación TAG

Antes de implementar un sistema de codificación estructurada mediante siglas TAG, fue necesario realizar un proceso de depuración y clasificación del inventario de equipos del Centro de Sangre de Valparaíso. Esto debido a que, en el archivo institucional proporcionado (“Equipos del Centro de Sangre”), se evidenció una mezcla entre equipos biomédicos e informáticos en un mismo registro general.

Dado que el enfoque de esta propuesta está orientado a mejorar la gestión técnica y el mantenimiento de los equipos biomédicos, se definió como criterio de inclusión aquellos activos que cumplen una función directa en el proceso productivo del centro, es decir, en actividades clínicas, de procesamiento, conservación y distribución de componentes sanguíneos.

Por esta razón, los equipos informáticos (como notebooks, impresoras, escáneres u otros periféricos de oficina) fueron excluidos del sistema de codificación, ya que:

- No forman parte esencial del proceso técnico de producción.
- No se consideran prioritarios en la gestión de mantenimiento biomédico.
- No generan métricas relevantes para la evaluación mediante indicadores como KPI de disponibilidad, tiempo medio entre fallas o cumplimiento de planes preventivos.

Esta separación permite enfocar los recursos y la implementación del software Fractal One exclusivamente en los equipos que sí requieren seguimiento técnico especializado, maximizando la utilidad del sistema de gestión y asegurando una codificación coherente con los objetivos de trazabilidad y eficiencia.

2.12 Creación de siglas tags para el Centro de Sangre Valparaíso.

Con el objetivo de optimizar la identificación, trazabilidad y gestión de los activos presentes en el Centro de Sangre de Valparaíso, se propone la creación de una codificación TAG personalizada. Esta iniciativa surge como una respuesta a la necesidad de contar con un sistema de identificación estructurado, estandarizado y alineado con la realidad operacional del centro.

Si bien actualmente los equipos están registrados en planillas sin una codificación unificada, la implementación de una estructura TAG permitirá facilitar futuras gestiones de mantenimiento, control de inventario, análisis de fallas y toma de decisiones.

Estructura de la codificación TAG propuesta

Para facilitar la gestión de los equipos biomédicos en el Centro de Sangre de Valparaíso, se ha desarrollado una codificación tipo TAG compuesta por 9 caracteres alfanuméricos, los cuales se organizan de la siguiente manera como se muestra en la tabla

Nombre	Dependencia/Área	TAG_Institución	TAG_Area	Tag equipo	Correlativo	TAG_Completo
Agitador de Plaquetas	Producción	VP	PRO	AGP	1	VP-PRO-AGP-1

(Fuente: Información interna CSV)

Tabla 2.3 Codificación TAG 1

Para la creación de estos 9 caracteres se utilizaron 5 criterios, el primero la región en donde se encuentra el centro, luego el área donde se encuentra el equipo o aparato biomédico, una sigla abreviada y simple de entender del nombre del equipo y como ultimo un numero asociado al equipo siguiendo correlativamente con los de su misma clasificación. A continuación, se describirá el ejemplo mostrado en la tabla 2.3

VP: Corresponde a las primeras dos letras de la región en donde se encuentra la institución, en este caso “Valparaíso”. Este segmento permite identificar de forma clara el lugar al que pertenece el activo, especialmente útil si se gestionan activos desde distintas sedes o regiones.

PRO: Representa el área o dependencia dentro del centro donde se encuentra ubicado el equipo. En este ejemplo se utiliza “PRO” para “Producción”, aunque también pueden emplearse otras siglas como “LAB” para Laboratorio, “DIS” para Distribución, o “DON” para Donantes.

AGP: Corresponde a una sigla abreviada del tipo de equipo. En este caso, “AGP” hace referencia a un Agitador de Plaquetas. Cada categoría de equipo ha sido codificada con una abreviación lógica y estandarizada de la manera más clara y fácil de reconocer.

01: Número correlativo asignado al equipo dentro de su categoría y área, el cual permite diferenciar equipos del mismo tipo ubicados en el mismo sector.

La combinación de estos segmentos da como resultado un código como: **VP-PRO-AGP-01**

Este sistema permite lograr una identificación rápida, ordenada y eficiente de los activos, lo que se traduce en una mejor trazabilidad, control de mantenimiento e incluso organización física o digital del inventario.

2.13 Equipos codificados con TAGS

Siguiendo la estructura mencionada anteriormente se creó la codificación del total de aproximadamente 150 equipos biomédicos presentes en el centro de sangre, quedando de tal manera como se muestra a continuación:

Nombre	Dependencia/Área	TAG_Institucion	TAG_Area	Tag equipo	Correlativo	TAG_Completo
Alinity	Laboratorio	VP	LAB	ALI	1	VP-LAB-ALI-1
Alinity	Laboratorio	VP	LAB	ALI	2	VP-LAB-ALI-2
Analizador de Inmunoensayo ARCHITECT	Laboratorio	VP	LAB	AIN	1	VP-LAB-AIN-1
Analizador de Inmunoensayo ARCHITECT	Laboratorio	VP	LAB	AIN	2	VP-LAB-AIN-2
Balanza	Producción	VP	PRO	BLZ	1	VP-PRO-BLZ-1
Balanza	Producción	VP	PRO	BLZ	2	VP-PRO-BLZ-2
Balanza Agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	3	VP-DON-BLA-3
Balanza Agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	4	VP-DON-BLA-4
Balanza Agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	5	VP-DON-BLA-5
Balanza Agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	6	VP-DON-BLA-6
Balanza Agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	7	VP-DON-BLA-7
Balanza agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	8	VP-DON-BLA-8
Balanza agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	9	VP-DON-BLA-9
Balanza agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	10	VP-DON-BLA-10
Balanza agitadora	Donantes	VP	DON	BLA	11	VP-DON-BLA-11
BALANZA CON TALLIMETRO	Donantes	VP	DON	BLT	1	VP-DON-BLT-1
BALANZA DE CONTRAPESO	Producción	VP	PRO	BLC	1	VP-PRO-BLC-1
BALANZA DE CONTRAPESO	Producción	VP	PRO	BLC	1	VP-PRO-BLC-1

(Fuente: Información interna Centro de Sangre Valparaíso)

Tabla 2.4 Equipos Codificados.

2.14 Propuesta de implementación fracttal CSV

Una vez identificado el conjunto de equipos biomédicos a gestionar y definida su codificación mediante siglas TAG, se propone como solución la implementación del software Fracttal One.

El proceso de implementación de este sistema en el Centro de Sangre de Valparaíso considera una adopción progresiva, adaptable a los recursos y capacidades del personal del centro. Dado que se trata de una plataforma en español y accesible desde múltiples dispositivos, representa una solución factible tanto técnica como económicamente.

La implementación contempla las siguientes etapas:

1. Registro y configuración inicial del sistema: Creación de cuenta institucional en Fracttal One, configuración básica del centro, usuarios y parámetros generales.
2. Carga del inventario técnico filtrado: Ingreso de los equipos biomédicos seleccionados, con su respectiva codificación TAG, características técnicas, ubicación y responsables.
3. Programación de planes de mantenimiento preventivo: Asignación de tareas periódicas por tipo de equipo, considerando frecuencias realistas y recursos disponibles.
4. Capacitación del personal técnico y usuario: Entrenamiento básico en el uso del sistema, registro de órdenes, seguimiento de historial y consultas.

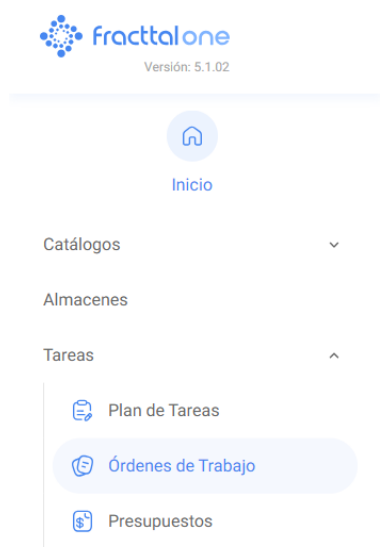
5. Puesta en marcha y seguimiento inicial: Inicio formal del uso del sistema, con supervisión de cumplimiento, corrección de errores y retroalimentación.

Este proceso busca asegurar una transición ordenada desde el modelo manual actual hacia una gestión digital, trazable y proactiva del mantenimiento, que permita al centro mejorar su eficiencia operativa, cumplir con estándares técnicos y facilitar futuras auditorías o reportes.

2.15 Configuración inicial del sistema Fracttal One en el Centro de Sangre

Una vez seleccionado el software Fracttal One como herramienta para la gestión del mantenimiento de los equipos biomédicos, se procedió con su implementación práctica en el entorno digital del sistema. A continuación, se describe el proceso realizado:

Menú principal del sistema Fracttal One:



(Fuente: Software Fracttal)

Figura 2.3 Menú principal.

Visualización del menú principal de la plataforma Fracttal One, donde se accede a los distintos módulos del sistema, incluyendo: gestión de activos, recursos humanos, terceros, almacenes y tareas (plan de mantenimiento, órdenes de trabajo y presupuestos).

1. Creación de estructura organizacional y carga de activos

Dentro del módulo “Activos” del sistema Fracttal, se configuró una estructura jerárquica por áreas funcionales, correspondiente a la organización del Centro de Sangre de Valparaíso. Las principales dependencias definidas fueron:

- Laboratorio de estudios
- Producción

- Donantes
- Distribución

Cada uno de estos sectores fue vinculado a los equipos biomédicos previamente filtrados y codificados mediante TAG. Esta estructuración permite ubicar, identificar y gestionar cada activo según su ubicación real dentro del centro.

Ver Figura 3.3.1: Vista árbol de activos cargados por área funcional.

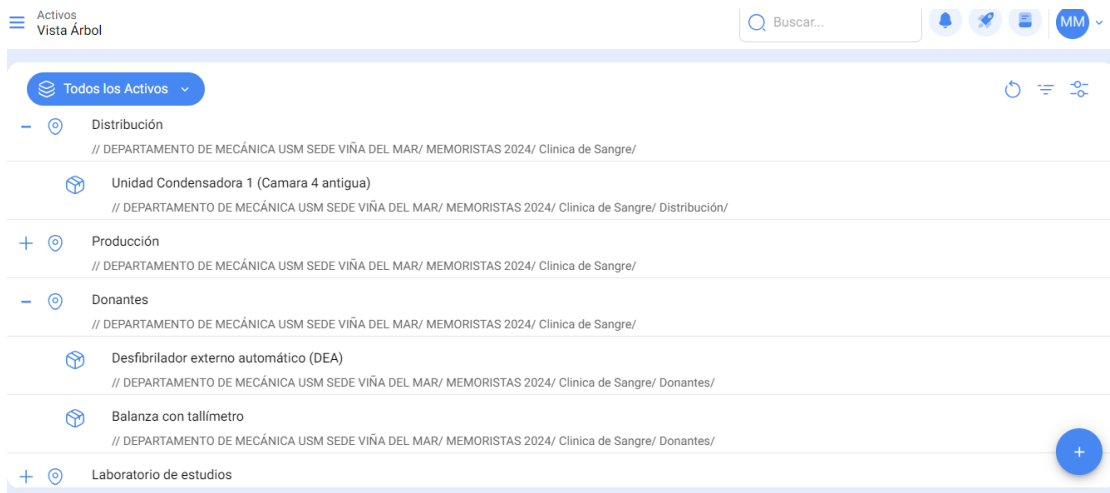


Figura 2.4 Árbol de activos

(Fuente: Elaboración propia en Software Fractal)

Organización jerárquica de los activos del Centro de Sangre de Valparaíso en Fractal One, segmentados por áreas operativas: Distribución, Producción, Donantes y Laboratorio de estudios. Esta vista permite ubicar los equipos biomédicos según su dependencia funcional, facilitando su gestión individualizada.

2. Planificación de órdenes de trabajo

Desde el módulo “Órdenes de Trabajo”, se generaron dos tareas representativas para validar el funcionamiento del sistema:

- Orden de trabajo preventiva: Aplicada al sellador dieléctrico de tubos, con una frecuencia programada de cada 6 meses, y asociada al procedimiento de inspección técnica y mantenimiento preventivo del equipo.
- Orden de trabajo correctiva: Asignada al agitador de plaquetas PITEC, correspondiente a una falla en el compresor, detectada en el diagnóstico previo. Esta orden incluyó una serie de subtareas correctivas, tales como verificación eléctrica, desmontaje y reemplazo del componente, prueba de funcionamiento y registro de la intervención.

Ambas tareas fueron programadas con una duración estimada, responsables asignados y fecha de ejecución, quedando visibles en el tablero Kanban del sistema.

Ver Figura 3.3.2: Órdenes de trabajo creadas (preventiva y correctiva) en proceso.



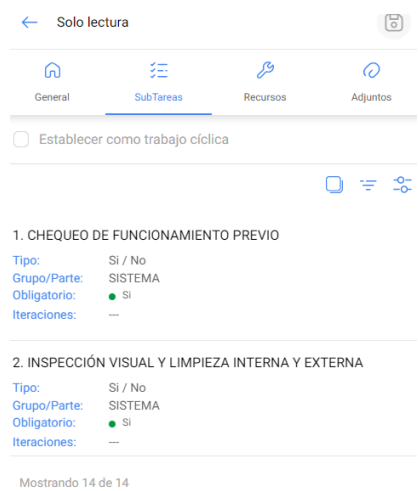
(Fuente: Elaboración propia en Software Fracttal)

Figura 2.5 OT Preventivo y correctivo

Panel Kanban del sistema Fracttal, donde se visualizan las órdenes de trabajo preventivas y correctivas. Se muestran tareas pendientes y órdenes en proceso, con asignación de responsables, tiempos estimados y equipos asociados mediante código TAG. En este caso, se evidencia una tarea correctiva para un agitador de plaquetas y una tarea preventiva programada para un sellador de tubos.

3. Subtareas asociadas

Cada orden de trabajo incluye subtareas técnicas específicas, las cuales permiten asegurar que el procedimiento siga un orden lógico, técnico y estandarizado. Esto facilita el control del avance y el seguimiento de cada actividad realizada sobre el equipo.

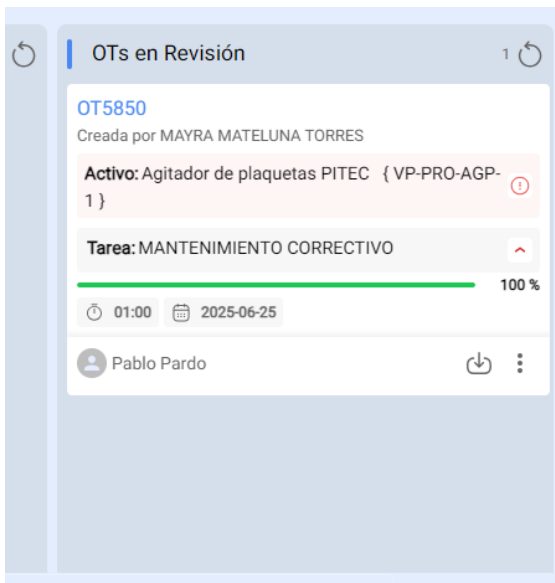


(Fuente: Elaboración propia en Software Fracttal)

Figura 2.6 Subtareas asociadas

4. Visualización y seguimiento

La visualización en formato Kanban permite al usuario técnico revisar en tiempo real el estado de las tareas: pendientes, en proceso, en revisión o finalizadas, lo que contribuye a una gestión más ordenada y transparente del mantenimiento.



(Fuente: Elaboración propia en Software Fractal)

Figura 2.7 Visualización y seguimiento.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PROPUESTA
DE MEJORA PARA EL CENTRO DE SANGRE VALPARAÍSO

3.EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA PARA EL CENTRO DE SANGRE VALPARAÍSO

3.1 Fundamentos de la Evaluación de la Propuesta

En este capítulo se analizará de forma detallada si la solución implementada (La plataforma Fractal One combinada con la codificación TAG) cumple realmente con lo que se esperaba al diseñarla. Para ello se abordarán tres ejes principales:

1. Evaluación técnica: Se verificará cómo ha mejorado la trazabilidad de los equipos, la planificación del mantenimiento y la disponibilidad operativa; se revisarán los indicadores MTBF, MTTR y el grado de cumplimiento del plan preventivo.
2. Evaluación económica: Se estimarán los costos directos (licencias, capacitación, tiempo de configuración) e indirectos (dedicación del personal, posibles compras de dispositivos) y se los comparará con los beneficios obtenidos (menor tiempo de inactividad, reducción de fallas y de pérdidas de insumos).
3. Factibilidad integral: Se analizará si el Centro de Sangre cuenta con los recursos humanos, tecnológicos y financieros para sostener y, eventualmente, ampliar esta herramienta en el futuro.

Con base en estos tres enfoques, el capítulo concluirá si la propuesta es viable y sostenible para el Centro de Sangre de Valparaíso y qué ajustes podrían maximizar sus resultados.

3.2 Evaluación técnica de la propuesta

La implementación del software Fracttal One en el Centro de Sangre de Valparaíso ha representado un avance significativo en la gestión técnica de los equipos biomédicos. Antes de su incorporación, el centro operaba con un sistema manual que presentaba una serie de deficiencias críticas que afectaban directamente la trazabilidad, el control del inventario y la eficiencia del mantenimiento como se muestra en la siguiente tabla, la cual describe problemáticas y sus correspondientes propuestas de mejoras.

N° Problemática	Problemática Detectada	Propuesta de Mejora
P-01	No existe una plataforma digital para la gestión del mantenimiento.	Implementar el uso del software Fracttal One para centralizar la gestión de mantenimiento.
P-02	Las órdenes de trabajo no se generan ni ejecutan bajo un sistema formal.	Registrar todas las solicitudes de mantenimiento en Fracttal, eliminando el uso de papel.
P-03	No se diferencian los equipos biomédicos de los informáticos.	Aplicar una codificación TAG estandarizada para clasificar los equipos.
P-04	No hay una codificación estandarizada de los equipos.	Aplicar una codificación TAG estandarizada para todos los activos.
P-05	No existe control digitalizado ni actualizado del inventario.	Crear una base de datos ordenada de repuestos y herramientas.
P-06	Programación de mantenimientos basada en calendarios físicos.	Configurar alertas automáticas para mantenimientos en Fracttal.
P-07	No se generan alertas ni recordatorios automáticos.	Implementar alertas automáticas en Fracttal.
P-08	No se miden indicadores de rendimiento como MTBF o MTTR.	Implementar un registro sistemático, que permita calcular indicadores clave como MTBF y MTTR.
P-09	No hay historial técnico trazable de los equipos.	Digitalizar gradualmente la información histórica.
P-10	Solo una persona maneja los equipos biomédicos; sin respaldo.	Capacitar a uno o dos funcionarios adicionales como respaldo.
P-11	No se realizan revisiones ni reuniones técnicas periódicas.	Establecer reuniones mensuales de revisión del plan de mantenimiento.
P-12	No se gestiona el mantenimiento según criticidad técnica.	Incorporar política de mantenimiento basada en criticidad.
P-13	Se pierde tiempo buscando información técnica en papel.	Centralizar la información digitalmente en Fracttal.
P-14	No hay una cultura de trazabilidad ni mejora continua.	Promover la cultura de registro técnico y seguimiento estructurado.

(Fuente: Información interna recopilada)

Tabla 3.1 Problemáticas y propuestas

Uno de los principales problemas detectados en el sistema anterior era la falta de una clasificación adecuada de los equipos. En los registros existentes no se distinguía entre equipos biomédicos (vitales para el proceso clínico y transfusional) y equipos informáticos o de oficina, como computadores, impresoras o escáneres. Esta ausencia de filtro dificultaba la organización y priorización del mantenimiento, y generaba confusión al momento de identificar qué activos requerían atención especializada.

Además, no existía una codificación estandarizada ni estratégica para los equipos. Cada activo estaba identificado con descripciones genéricas o incompletas, lo que limitaba su trazabilidad y dificultaba el seguimiento de intervenciones técnicas. A esto se sumaba el hecho de que la totalidad de la información se gestionaba en papel, mediante carpetas físicas archivadas de manera informal, sin respaldo digital. Este método no solo incrementaba el

riesgo de pérdida de datos, sino que también impedía el acceso rápido y seguro a información relevante en caso de emergencias o auditorías.

Otro aspecto crítico era la falta de un inventario digitalizado y actualizado. La información se encontraba dispersa y desordenada, lo que impedía tener una visión clara del estado, ubicación y características técnicas de los equipos. Esta desorganización afectaba directamente la planificación de recursos, la toma de decisiones y el cumplimiento de los mantenimientos preventivos.

En cuanto a la planificación de tareas, el sistema anterior carecía de automatización. Las actividades de mantenimiento se organizaban de forma empírica, muchas veces guiadas por la memoria del personal o un calendario físico, sin alertas ni recordatorios automatizados. Esta práctica exponía al centro a omisiones involuntarias, mantenimientos atrasados y fallas inesperadas, especialmente en equipos críticos.

Con la incorporación de Fractal One, todas estas falencias comenzaron a abordarse de manera estructurada. El nuevo sistema permitió:

- Filtrar y clasificar los equipos según su función, separando claramente los activos biomédicos de los informáticos o de soporte administrativo.
- Codificar cada equipo con una estructura TAG personalizada, que facilita su identificación, ubicación y gestión dentro del sistema.
- Digitalizar completamente el inventario técnico, centralizando la información de los equipos en una plataforma accesible desde distintos dispositivos.
- Programar mantenimientos preventivos de forma automatizada, con alertas y recordatorios para el personal técnico, asegurando el cumplimiento de las tareas en los tiempos definidos.
- Registrar todo el historial técnico de cada activo, incluyendo fallas, intervenciones previas, subtareas realizadas y repuestos utilizados.
- Visualizar el estado de las órdenes de trabajo mediante un panel tipo Kanban, que permite seguir el progreso de las tareas y asignar responsables.

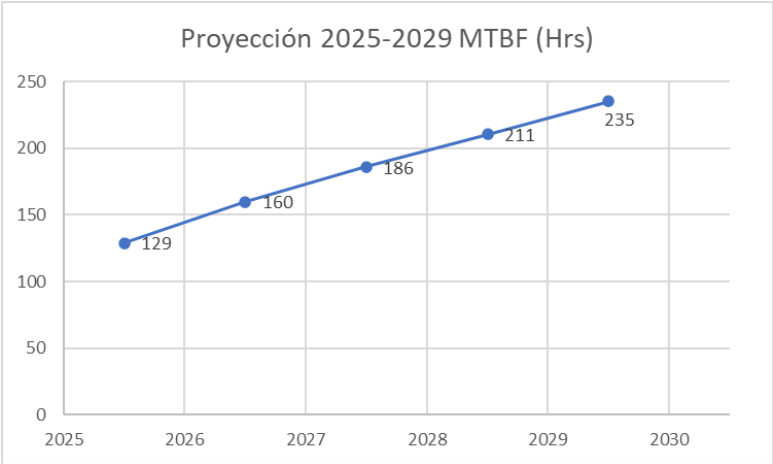
Estas mejoras no solo han modernizado la gestión del mantenimiento, sino que también han contribuido a crear una cultura organizacional más ordenada, proactiva y orientada al control técnico. La información es ahora accesible, trazable y segura, lo que permite al centro actuar con mayor eficiencia, reducir el riesgo de fallas inesperadas y optimizar los recursos disponibles.

3.3 Indicadores de mantenimiento

Incorporar un sistema de gestión de mantenimiento computarizado como Fractal One constituye una estrategia de transformación digital con impactos positivos medibles en los principales indicadores de rendimiento del mantenimiento. Con base en la literatura técnica y los rangos de mejora entregados por el proveedor (Fractal, 2025), se estiman mejoras cuantificables hasta el año 2029 en tres indicadores críticos: MTBF, MTTR y disponibilidad operativa.

1. Aumento del MTBF

El indicador MTBF representa el tiempo promedio entre fallas y es uno de los principales reflejos de la confiabilidad operacional de los activos. Con la implementación de Fractal One, se proyecta una mejora del 45,2% en el MTBF, valor ubicado en el rango de mejora estimado por el proveedor (20% a 60%).



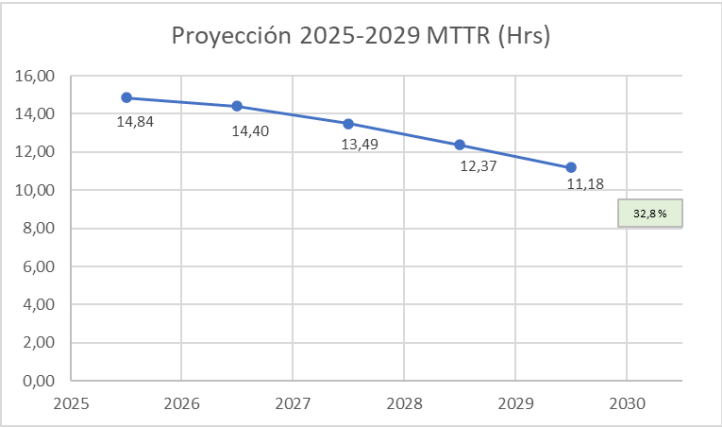
(Fuente: Elaboración propia según estudio realizado.)

Figura 3.1 MTBF Proyectado 2025-2029

Este incremento se logra mediante una planificación preventiva más estructurada, soportada por el historial técnico digitalizado de cada equipo, alertas automatizadas y análisis de causa raíz. Gracias a estas funcionalidades, el sistema permite anticipar patrones de falla recurrentes y ajustar el plan de mantenimiento en función de datos reales, no solo de criterios genéricos o frecuencias fijas. En la práctica, un mayor MTBF implica que los equipos estarán más tiempo operativos entre fallas, reduciendo la carga de trabajo correctivo, los costos por paradas no planificadas y la presión sobre el personal técnico.

2. Reducción del MTTR

El MTTR indica el tiempo promedio necesario para recuperar un equipo tras una falla. Se estima una mejora del 32,8% en este indicador, también dentro del rango esperado para este tipo de solución (15% a 50%).



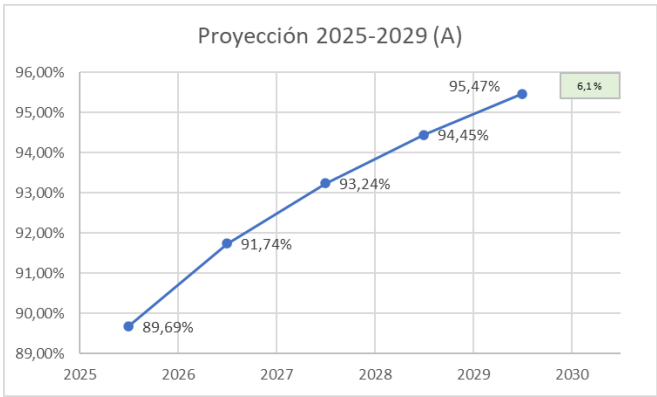
(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3.2 MTTR Proyectado 2025-2029

Fractal One contribuye a esta mejora mediante funcionalidades que reducen la fricción durante la intervención técnica: acceso en tiempo real a la orden de trabajo desde dispositivos móviles, disponibilidad del historial de mantenimiento, planos técnicos, fotografías anteriores, procedimientos de reparación estandarizados y ubicación exacta de repuestos disponibles. Este entorno digital evita pérdidas de tiempo asociadas a búsquedas manuales de información, diagnósticos imprecisos o falta de repuestos. Como resultado, se acorta el tiempo total de respuesta frente a fallas, lo que impacta directamente en la continuidad operativa y la eficiencia del recurso humano.

3. Mejora en la disponibilidad operativa

La disponibilidad es una medida combinada que depende directamente de los dos indicadores anteriores: cuanto mayor sea el MTBF y menor el MTTR, mayor será el tiempo efectivo en que los equipos están disponibles para operar. Se proyecta un incremento del 6,1% en la disponibilidad operativa, valor consistente con los datos entregados por el proveedor (5% a 15%). Esta mejora se considera estratégica, especialmente en contextos donde la criticidad de los equipos es alta y las detenciones generan impactos directos en la productividad.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3.2 (A) Proyectada 2025-2029

Con Fracttal One, la disponibilidad mejora no solo desde el punto de vista técnico, sino también desde la gestión proactiva, ya que el sistema permite alinear recursos, programar tareas sin interferir con la operación productiva y generar indicadores de disponibilidad por equipo o línea, facilitando acciones correctivas y planes de mejora continua.

Análisis de Usabilidad

En cuanto a la facilidad de uso del sistema Fracttal One, se puede afirmar que su interfaz intuitiva y completamente en español facilita significativamente su adopción, incluso por parte de usuarios con conocimientos básicos en informática. El software permite una navegación clara entre módulos, con menús bien organizados y opciones visuales como paneles tipo Kanban, que hacen que el seguimiento de tareas y el control de activos sea más sencillo para los usuarios técnicos.

Actualmente, la única persona involucrada directamente en el uso del sistema es el encargado de los equipos biomédicos (Pablo Pardo, Tecnólogo Médico), quien ha podido familiarizarse con el funcionamiento básico del software sin mayores dificultades. Este tipo de plataformas está diseñado precisamente para facilitar la gestión técnica sin requerir conocimientos avanzados en programación o tecnologías complejas.

Además, se considera recomendable que una o dos personas más del equipo técnico o administrativo también cuenten con acceso al sistema, ya sea como respaldo o para cubrir situaciones en las que el encargado principal no esté disponible. Esta estrategia permitiría distribuir la carga de trabajo, asegurar la continuidad operativa y mejorar el control general del mantenimiento.

Respecto al entrenamiento necesario, Fracttal One no exige una capacitación extensa para su uso básico, especialmente si solo se utilizarán las funciones esenciales, como la carga de activos, la creación de órdenes de trabajo y la programación de mantenimientos. La propia plataforma ofrece recursos de ayuda, tutoriales y asistencia técnica, lo que permite al personal adquirir autonomía progresivamente. Por lo tanto, no se considera un sistema complejo ni una barrera significativa para su implementación en el contexto actual del centro.

Identificación de Puntos Fuertes y Posibles Debilidades

Puntos fuertes identificados:

- Interfaz amigable y en español: facilita el aprendizaje y reduce la curva de adaptación.
- Digitalización y centralización de la información: evita el uso de papel y previene la pérdida de datos relevantes.
- Alertas automáticas y programación preventiva: ayuda a asegurar el cumplimiento de tareas clave sin depender de la memoria del personal.
- Historial técnico estructurado: permite tomar decisiones informadas basadas en el rendimiento y comportamiento real de cada equipo.

- Flexibilidad de acceso: se puede usar desde distintos dispositivos, permitiendo control y seguimiento remoto si es necesario.

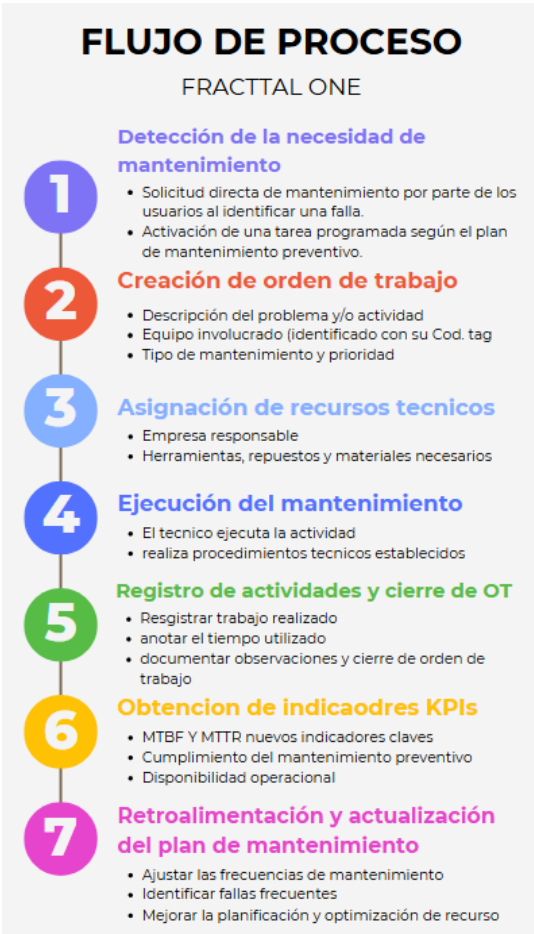
Posibles debilidades o limitaciones:

- Dependencia de una sola persona para el uso del sistema: si bien el encargado actual lo maneja correctamente, la falta de más personal capacitado representa un riesgo operativo ante ausencias o rotación de personal.

Requiere conectividad a internet: aunque es común hoy en día, cualquier interrupción de conexión podría afectar momentáneamente el acceso al sistema.

3.3 Visualización del nuevo flujo operativo con Fractal One

A continuación, se presenta un esquema del nuevo proceso de gestión del mantenimiento implementado en el Centro de Sangre de Valparaíso, utilizando el software Fractal One. Esta imagen resume cómo se organiza actualmente la información, el flujo de trabajo desde la detección de necesidades hasta la ejecución y retroalimentación, y cómo se integran los indicadores clave de desempeño:



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3.3 Nuevo Flujo de proceso

En resumen, desde el punto de vista técnico, la propuesta ha demostrado ser efectiva y adecuada a la realidad del Centro de Sangre de Valparaíso, resolviendo las principales

debilidades del sistema anterior y sentando las bases para una gestión moderna, estandarizada y sostenible del mantenimiento de los equipos biomédicos.

3.4 Análisis de Costos Estimados de Implementación

En la siguiente tabla se presentan los costos estimados asociados a la implementación de la propuesta de mejora basada en el uso del software Fracttal One en el Centro de Sangre de Valparaíso. Estos valores consideran tanto los costos directos como aquellos indirectos o complementarios que podrían surgir al momento de adoptar este nuevo sistema digital para la gestión de mantenimiento.

La evaluación se basa en una estructura simple y adaptable, considerando un escenario de entrada con uso de la Starter que es la mejor versión calidad-precio para el uso que requiere el Centro de Sangre Valparaíso.

Concepto	Fuente	Monto aproximado CLP	Comentario
Licencia Fracttal One	Plan Community (2 usuarios) → \$0 Plan Starter (5 usuarios) → US \$229/mes ≈ \$206.000/me	\$0 – \$2.472.000/año	El Community cubre al encargado + 1 respaldo. Si el CSV decide dar acceso a 3-5 personas, deberá migrar al plan Starter.
Tiempo de configuración inicial	24 h del encargado (carga de 133 activos + creación de planes)	24 h × \$4.400/h = \$105.600	Solo se incurre una vez.
Capacitacion interna	8 h para 3 personas (encargado + 2 respaldo)	8 h × 3 × \$4.400/h = \$105.600	Formación básica: navegación, creación de OT, cierre de tareas.
Carga de datos historicos en papel	40 h de digitación	40 h × \$4.400/h = \$176.000	Solo si se decide digitalizar años anteriores.
Equipo adicional	mercado local, gama media	\$300.000	Recomendable, no imprescindible.
Conectividad hosting	El sistema es SaaS; solo requiere internet existente	\$0	
TOTAL		\$3.159.200	

(Fuente: Elaboración propia según estudio realizado.)

Tabla 3.2 Costos estimados implementación

Descripción de los costos incluidos:

Licencia Fracttal One:

El Centro de Sangre se le recomienda la versión Starter para dar acceso a más usuarios debido a que principalmente el mantenimiento es externalizado, por ende, se necesitan diferentes usuarios, este software con esta licencia tienen un valor total de \$2.472.000 solo contemplando la licencia del software.

Tiempo de configuración inicial:

Se estiman 24 horas de trabajo del encargado de mantenimiento para registrar los activos, crear los planes de mantenimiento y configurar el sistema. Este tiempo se considera una inversión única, y su valor estimado es de \$105.600, calculado a un valor de \$4.400 por hora.

Capacitación interna:

Para garantizar una adecuada adopción del sistema, se sugiere una capacitación básica de 8 horas para 3 personas (encargado + 2 respaldos), con un costo estimado también de \$105.600. Esta formación incluiría funciones como: navegación, creación de órdenes de trabajo (OT), y cierre de tareas.

Carga de datos históricos en papel:

Si se decide digitalizar el historial técnico antiguo, se proyectan 40 horas de digitación, con un costo aproximado de \$176.000. Este gasto es opcional y dependerá de si se desea conservar el historial previo al uso de Fracttal.

Equipo adicional:

Aunque no es imprescindible, puede ser recomendable adquirir un equipo dedicado (como una Tablet o notebook) para el encargado, lo que implicaría una inversión aproximada de \$300.000, considerando equipos de gama media disponibles en el mercado local.

Conectividad y hosting:

Dado que Fracttal es un software bajo la modalidad SaaS (Software as a Service), no requiere servidores ni infraestructura adicional, solo acceso a Internet, lo que no genera costos adicionales si el centro ya dispone de conectividad.

Esta evaluación económica permite observar que la implementación de Fracttal One puede adaptarse al presupuesto disponible del centro, siendo aproximadamente 229 USD mensuales la inversión lo que garantizaría una mejor gestión del mantenimiento. Además, la mayor parte de los costos se concentran en la fase inicial, con gastos operacionales muy bajos en el escenario básico.

3.5 Análisis de factibilidad de la implementación

El análisis de factibilidad permite evaluar si la propuesta de mejora basada en la implementación del software Fracttal One es viable de mantener y operar en el tiempo, considerando los recursos disponibles en el Centro de Sangre de Valparaíso. Este análisis se desarrollará en tres dimensiones clave: técnica, económica y operativa.

Factibilidad técnica

Desde el punto de vista técnico, la implementación del sistema Fracttal One ha demostrado ser completamente viable. La plataforma funciona en la nube, no requiere instalación local ni servidores dedicados, y puede ser utilizada desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Esto elimina la necesidad de adquirir infraestructura adicional.

Además, el personal técnico involucrado ha demostrado la capacidad para configurar y operar el sistema de forma autónoma, lo que indica que no se requieren habilidades avanzadas ni contrataciones externas para mantener el sistema en funcionamiento. La interfaz intuitiva y en español también facilita su uso por otros integrantes del equipo, lo que asegura

una posible expansión futura del número de usuarios sin necesidad de inversión en capacitación intensiva.

Factibilidad económica

Tal como se detalla en la sección 3.4, la propuesta no requiere gran inversión económica inicial, los costos directos asociados son bajos. Esto representa una solución sustentable para el centro, especialmente considerando su condición de institución pública con presupuesto limitado. La relación costo-beneficio es favorable, ya que con una inversión mínima de tiempo y recursos se obtiene un sistema que mejora sustancialmente la trazabilidad, organización y eficiencia del mantenimiento. Además, permite prevenir fallas costosas, optimizar el uso de equipos y facilitar auditorías técnicas, lo que también podría tener impacto en el cumplimiento de normativas y en la obtención de futuras acreditaciones.

Factibilidad operativa

Desde una perspectiva operativa, el sistema se adapta adecuadamente a las rutinas actuales del centro. Su implementación no interfiere con los procesos clínicos ni con el flujo de trabajo del personal. La gestión del mantenimiento, que anteriormente se realizaba de manera informal o manual, ha sido organizada y centralizada sin alterar las responsabilidades esenciales del equipo técnico. El hecho de que la plataforma esté basada en la web permite que se acceda a ella desde diferentes ubicaciones dentro del centro, incluso mediante dispositivos móviles. Esto mejora la flexibilidad operativa y favorece la continuidad del sistema, incluso si cambia el personal a cargo. Además, la creación de códigos TAG estandarizados facilita el trabajo diario y reduce el margen de error en la identificación y gestión de equipos.

3.6 Carta Gantt del plan de acción

Con el fin de llevar a cabo la propuesta de mejora diseñada, se ha estructurado un plan de implementación con fases progresivas y adaptadas a la realidad operativa del Centro de Sangre de Valparaíso. Este plan contempla desde la conformación del equipo encargado hasta la puesta en marcha del sistema y su monitoreo inicial. Las actividades fueron distribuidas temporalmente en función de su complejidad, disponibilidad de recursos y la necesidad de garantizar una transición ordenada y efectiva hacia un sistema de mantenimiento digitalizado.

En el siguiente diagrama Gantt, se describen las principales actividades consideradas en el plan de implementación del sistema Fracttal One, estructuradas en un cronograma proyectado de cuatro meses. Estas actividades corresponden a etapas clave necesarias para asegurar una correcta puesta en marcha del sistema y una transición ordenada desde la gestión manual actual hacia un modelo digital y estructurado:



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3.4 Diagrama Gantt de la propuesta

1. Revisión y aprobación de la propuesta

Durante esta etapa inicial, se presenta el proyecto a las autoridades correspondientes para su validación técnica, administrativa y económica. Se revisan los objetivos, alcances, costos asociados y beneficios esperados, asegurando la conformidad institucional antes de iniciar la implementación. Esta fase es fundamental para alinear expectativas y establecer los lineamientos formales del proyecto.

2. Capacitación inicial del personal

Una vez aprobada la propuesta, se realiza una jornada de capacitación dirigida al personal técnico y administrativo que utilizará el sistema. En esta instancia se abordan los aspectos básicos del uso de Fracttal One, incluyendo la creación de órdenes de trabajo, consulta de activos, seguimiento de intervenciones y uso de la plataforma desde dispositivos móviles. La capacitación busca garantizar un manejo autónomo de las funciones esenciales del software.

3. Definición de activos y datos a migrar

En esta fase se identifican los equipos biomédicos que serán gestionados a través del sistema Fracttal One. Se realiza una revisión del inventario físico disponible, diferenciando los activos biomédicos de otros equipos de apoyo (como computadoras o mobiliario). Además, se seleccionan los datos relevantes que se migrarán al sistema, tales como características técnicas, fechas de adquisición, historial disponible, ubicación física y estado operativo. Esta depuración es clave para asegurar que solo se incorporen al sistema los equipos pertinentes, con información técnica válida y estructurada.

4. Configuración inicial de Fracttal One

Esta etapa considera la configuración técnica del sistema, incluyendo la creación de la estructura organizacional del centro, definición de áreas funcionales, carga de usuarios y ajuste de parámetros básicos. También se incluye la adaptación de la plataforma a las necesidades específicas del Centro de Sangre de Valparaíso, ajustando nomenclaturas, vistas y permisos de acceso.

5. Carga de activos y migración de datos

Se procede a ingresar al sistema el inventario técnico de equipos biomédicos filtrados previamente, utilizando la estructura de codificación TAG definida en el diagnóstico. Esta actividad implica registrar las características técnicas de cada activo, su ubicación dentro del centro y asignarle un identificador único, lo que permitirá gestionar de manera eficiente su mantenimiento y trazabilidad.

6. Programación de planes preventivos

Una vez completada la carga de activos, se diseña y programa el plan de mantenimiento preventivo para cada tipo de equipo, definiendo frecuencias, actividades asociadas y criterios de ejecución. Esta programación permite automatizar la generación de órdenes de trabajo preventivas dentro del sistema, asegurando el cumplimiento de los ciclos de mantenimiento sin depender de controles manuales.

7. Implementación piloto

Con el sistema configurado y los activos cargados, se da inicio a una fase de implementación piloto. Durante este periodo, se realiza el seguimiento real de las órdenes de trabajo generadas, validando la operatividad del sistema y verificando que el flujo de mantenimiento digitalizado se ajuste a las condiciones de trabajo del centro. Esta etapa permite detectar ajustes necesarios antes de una implementación total.

8. Seguimiento y ajustes

Finalmente, se establece un periodo de monitoreo y ajuste, en el cual se evalúa el funcionamiento del sistema, el nivel de uso por parte del personal y el cumplimiento de los indicadores propuestos (como MTBF, MTTR y disponibilidad). Durante esta etapa se realizan las correcciones necesarias, se optimizan configuraciones y se establecen criterios para el mantenimiento continuo de la herramienta.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Como resultado del presente trabajo, se puede afirmar el cumplimiento del objetivo general propuesto: elaborar propuestas de mejora para la gestión del mantenimiento de los equipos biomédicos del Centro de Sangre de Valparaíso, basadas en un diagnóstico técnico de la situación actual y una evaluación de la viabilidad de su implementación.

Para ello, se dio cumplimiento a los objetivos específicos planteados. En primer lugar, se diagnosticó la situación actual del mantenimiento mediante visitas a terreno, entrevistas con el personal técnico y análisis documental, lo que permitió evidenciar una serie de falencias como la ausencia de historial de fallas, registros manuales, falta de planificación preventiva, inexistencia de un sistema CMMS y falta de codificación de activos. Esta etapa fue clave para establecer el enfoque de la propuesta y comprender el impacto real de estas deficiencias en la operatividad del centro.

En segundo lugar, se procedió a diseñar un plan de solución técnica, centrado en tres ejes: la implementación del software Fractal One como herramienta de gestión del mantenimiento, la creación de un sistema de codificación TAG personalizado para los equipos biomédicos, y la definición de planes preventivos estructurados. Estas acciones fueron definidas considerando la realidad operativa del centro, su capacidad técnica y los recursos disponibles, con el fin de garantizar su aplicabilidad. El plan de solución diseñado logra abordar y mejorar directamente las problemáticas identificadas en el diagnóstico inicial, entregando herramientas que permiten fortalecer la trazabilidad, planificación, organización y toma de decisiones basadas en datos.

Por último, se realizó una evaluación técnica y económica de la propuesta, mediante la identificación de beneficios esperados (mejoras en MTTR, disponibilidad y trazabilidad), junto con la estimación de costos asociados a licencias, configuración, capacitación y equipos complementarios. Este análisis permitió determinar que la implementación es factible, accesible y realista, ya que desde su concepción se tuvo en cuenta que el Centro de Sangre de Valparaíso dispone de recursos económicos limitados. En ese sentido, el plan de mejora no solo responde de forma satisfactoria a las problemáticas identificadas, sino que además representa una solución valiosa y aplicable, al haber sido diseñada estratégicamente para adaptarse a un presupuesto acotado, sin comprometer su efectividad. Esta condición aumenta considerablemente la probabilidad de que la propuesta pueda ser implementada en el corto plazo, entregando mejoras concretas en la gestión del mantenimiento con una inversión contenida.

A mediano plazo, la aplicación de este plan permitirá contar con información histórica confiable, optimizar la planificación del mantenimiento y reducir la incidencia de fallas inesperadas, aumentando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos biomédicos. A largo plazo, su consolidación fomentará una cultura organizacional orientada a la mejora

continúa y al uso de indicadores para la toma de decisiones estratégicas, sentando las bases para una gestión de activos más eficiente y sostenible.

En conclusión, este trabajo permitió transformar un sistema de mantenimiento manual y desorganizado en una propuesta estructurada, digitalizada y alineada con las mejores prácticas del sector salud. La solución planteada no solo es viable, sino que además es replicable en otros centros de sangre del país, lo que abre la posibilidad de estandarizar procesos y fortalecer la gestión del mantenimiento a nivel institucional dentro del sistema público de salud.

Las recomendaciones que se pueden realizar son:

1. Implementar de forma progresiva el Software de mantenimiento (Fractal One), priorizando los activos críticos, con el fin de asegurar una transición ordenada desde los registros manuales actuales hacia una plataforma digital, permitiendo medir indicadores como MTBF, MTTR y disponibilidad operativa desde las primeras etapas.

2. Capacitar formalmente al personal técnico encargado de la gestión de mantenimiento en el uso del software, asegurando que no solo conozcan la herramienta, sino que comprendan su importancia en la toma de decisiones, trazabilidad de activos y planificación preventiva.

3. Establecer un sistema de revisión periódica de la información técnica registrada, como órdenes de trabajo, historial de fallas y tiempos de ejecución, con el objetivo de evaluar la efectividad del nuevo sistema y ajustar los planes de mantenimiento preventivo según el comportamiento real de los equipos.

4. Buscar apoyo institucional o financiamiento externo (a través de instancias ministeriales o convenios) para asegurar la continuidad de la propuesta en el tiempo, especialmente si se requiere ampliar el número de usuarios del sistema o incorporar funciones más avanzadas.

5. Promover la replicabilidad de la solución en otros centros de sangre del país. Esta propuesta se puede aplicar en otros centros que tengan necesidades parecidas en cuanto a recursos, infraestructura y necesidades operativas., ya que está pensada de forma flexible y fácil de adaptar. Elementos como la codificación de equipos, el uso del software y la organización del mantenimiento se pueden usar tal cual o modificar según lo que necesite cada institución.

6. A futuro, una vez que la propuesta de mejora esté implementada y el software Fractal funcione correctamente, sería bueno hacer un análisis para identificar cuáles son los repuestos más críticos y que más se usan. Esto permitiría implementar una pequeña bodega con esos repuestos (stock mínimo), lo que ayudaría a reducir los tiempos de reparación en caso de que falle algún equipo importante.

Bibliografía

- (Colombia), M. d. (2015). Manual de gestión del mantenimiento para equipos biomédicos. En M.d.Social(Ed.). Bogotá.
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/manual-mantenimiento-equipos-biomedicos.pdf>.
- Festo. (2024). *Cómo mejorar los KPI de mantenimiento con el CMMS*. Repositorio digital.
https://www.festo.com/pe/es/e/sobre-festo/blog/innovation/kpis-de-mantenimiento-con-cmms-id_1933169/
- Fuente: Elaboración propia con información recopilada de internet. (s.f.).
- Fuente: Elaboración propia en Software Fracttal. (s.f.).
- Fuente: Elaboración propia según estudio realizado. (s.f.).
- Fuente: Fotografía tomada en Centro de Sangre Valparaíso. (s.f.).
- Fuente: <https://samotics.com/es/blog/proven-maintenance-strategies-for-industrial-equipment/>. (s.f.). <https://samotics.com/es/blog/proven-maintenance-strategies-for-industrial-equipment/>
- Fuente: Información interna Centro de Sangre Valparaíso. (s.f.).
- QSystems. (2024). *ABC del Mantenimiento Preventivo de Equipos Biomédicos*. Repositorio digital. <https://www.qsystems.com.co/mantenimiento-preventivo-equipos-biomedicos/>
- Rahimi-Gharavi, K., Asadi, M., Fattahi, Y., Omidvari, M., & Goodarzi, H. (Junio de 2021). Assessment of medical equipment maintenance management: proposed checklist using Iranian experience. *BioMedical Engineering OnLine*, 20, 68.
<https://doi.org/10.1186/s12938-021-00885-5>
- Salud, O. M., y Salud, O. P. (2011). *Medical equipment maintenance programme overview*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, en colaboración con la Organización Panamericana de la Salud. <https://iris.who.int/handle/10665/44587>
- Sánchez, G. J., & Dubón, P. M. (2014). El comité de medicina transfusional: herramienta para la calidad y la seguridad transfusional. *Revista CONAMED*, 19 (4), págs. 172-177. <https://www.medigraphic.com/pdfs/conamed/con-2014/con144e.pdf>
- Valenzuela, P. (2007). Evolución del sistema de sangre en Chile: de la fragmentación a la centralización. *Revista chilena de salud pública*, págs. 25-33.
<https://revistasaludpublica.uchile.cl/index.php/RCSP/issue/view/371>
<https://centrosangrevalpo.redsalud.gov.cl/>
<https://centrosangrevalpo.redsalud.gov.cl/colecta-fija-y-movil/requisitos-para-donar-sangre/>
https://es.scribd.com/document/513958347/CATALOGO-PITEC-REF-19-Refrigerador-con-sensor-temp-GB?utm_source

<https://eldigitalsur.com/canarias/hospital-general-fuerteventura-incorpora-robot-diagnostico-covid-19-mediante-pcr/>

<https://www.comparasoftware.cl/fractal>

(Fuente: <https://samotics.com/es/blog/proven-maintenance-strategies-for-industrial-equipment/>)

Anexos

Anexo 1: OT correctiva.



Orden de Trabajo
OT5850 (1).pdf

Anexo 2: Informe técnico incompleto.



Informe de servicio
Tecnico selladora de

Anexo 3: Registro de Mantenimiento de los equipos

Registro de Manteniones													
Id	Nombre de Equipo	Fecha de Manten	Tipo de Mantenci	Observaciones	Nombre de E	Nombre de T	Estado post	Solicitud de	Número Inve	Número de S	Marca	Modelo	Registro Adj
1	Agitador de Plaquetas	03-02-2022	Preventivo		Jorge Dante	Armando Gu	Operativo	Preventivo	4968	5097	Pitec	PT-48	1
2	Agitador de Plaquetas	03-02-2022	Correctivo	Compresor Defectuoso	Jorge Dante	Armando Gu	No Operativ	Correctivo	4915	5423	Pitec	PT-48	1
3	Agitador de Plaquetas	03-02-2022	Preventivo	?	Jorge Dante	Armando Gu	Operativo	Preventivo	4916	5200	Pitec	PT-48	1
4	Agitador de Plaquetas	03-02-2022	Preventivo	?	Jorge Dante	Armando Gu	Operativo	Preventivo	4913	5201	PITEC	PT-48	1
17	Agitador de Plaquetas		?	?				Correctivo	5097	5422	PITEC	PT-48	0
150	Agitador de Plaquetas		?	?				Preventivo	4913	5201	PITEC	PT-48	0
15	Aire Acondicionado	26-10-2023	Correctivo		Jehosus Sant	No Operativ	Correctivo	Correctivo	4921	0	Clack		0
35	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	4875	-	KENDAL	-	0
37	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	0	0	KENDAL	TAC-1200	0
38	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	0	0	KENDAL	TAC-1200	0
39	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	No Operativ	Preventivo	0	0	PCTRONIX	-	0
40	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	4936	0	CLARK	0	0
41	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	4935	0	CARRIER	0	0
42	Aire Acondicionado	30-10-2023	Preventivo	Pendiente de enviara inform	FRIQ DURAN	JEHOSUS SAI	Operativo	Preventivo	4945	0	CARRIER	0	0

Excel de datos -mantenimiento equipos.

(Fuente: Información interna CSV)

Anexo 4: Indicadores esperados de la propuesta.

	N° Fallas	TTR	MTBF (Hrs)	MTTR (Hrs)	Disponibilidad	Indisponibilidad	Mejora MTBF	Mejora MTTR	Mejora en la disponibilidad
2025	62	920	129	14,84	89,69%	21,2 %	0,0%	0,0%	0,0%
2026	50	720	160	14,40	91,74%	16,9 %	19,4%	3,0%	2,2%
2027	43	580	186	13,49	93,24%	13,0 %	30,6%	10,0%	3,8%
2028	38	470	211	12,37	94,45%	9,0 %	38,7%	20,0%	5,0%
2029	34	380	235	11,18	95,47%	5,8 %	45,2%	32,8%	6,1%

Tabla 3.3 Indicadores de mantenimiento