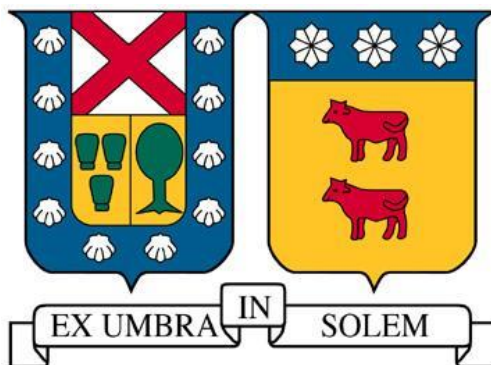


UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
VALPARAISO – CHILE



PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DEL ISP DE CHILE.

JAIME TRALCAL BARRERA

TRABAJO PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE ACTIVOS Y MANTENIMIENTO

PROFESOR GUÍA

: Sr. Rodrigo Demarco.

Agosto 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 mantenimiento preventivo basado en eficiencia energética de equipos de aire acondicionado del ISP de Chile

Nombre del candidato(a): Jaime Trancal Barrera

Carrera / Grado: Magíster en Gestión de Activos y Mantenimiento

Campus: Santiago Vitacura ; Departamento: Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Rodrigo Demarco Bull, 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: 12-09-25 ; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12-09-2025 ; 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 Ejecutivo

El Instituto de Salud Pública de Chile es el organismo de referencia del Estado, que promueve y protege la salud de la población, fortaleciendo el control sanitario a través de la vigilancia, autorización, fiscalización, investigación y transferencia tecnológica; esta institución cuenta con equipamiento y sistemas de aire acondicionado, en donde algunos equipos de carácter crítico como lo son las unidades manejadoras de aire no tienen registro que represente de manera detallada las actividades de mantenimiento realizadas desde la instalación de estos, lo cual trae como consecuencia deterioro e incremento en el consumo energético.

Con este proceso de mejoramiento se pretende establecer un medio en el cual se provee de información referente a los equipos, su funcionamiento y las acciones preventivas o correctivas desarrolladas sobre este, además de establecer una mejora en el plan de mantenimiento preventivo para las unidades manejadoras de aire (UMAS).

Esta investigación tuvo como propósito presentar una propuesta de mantenimiento preventivo al sistema de climatización correspondiente a las unidades manejadoras de aire UMAS disponible en el Instituto de Salud Pública de Chile, con base en las políticas de eficiencia energética y así conservar la continuidad operacional de los laboratorios y demás áreas críticas del organismo.

La propuesta tuvo como resultado un plan de mantenimiento que se basa en la eficiencia energética, permitiendo demostrar que, las acciones de mantención son elementales para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos, así como del consumo energético de la instalación, permitiendo establecer criterios de sostenibilidad ambiental y financiera, previéndose una reducción de costos por mantenimiento y por consumo energético del sistema de climatización.

Índice

1. Introducción	2
2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. Alcance.....	4
4. Justificación	5
5. Metodología Propuesta.....	6
6. Estado del Arte	7
7. Resultados Esperados.....	9
8. Desarrollo del tema.....	9
8.1. Análisis de Criticidad de UMA	9
8.2. Diseñar inventario técnico y formato de Ficha Técnica de UMA.....	13
8.3. Comportamiento de Fallas, Consumo Energético y Disponibilidad de los Equipos.....	16
8.4. Protocolos Genéricos de Mantenimiento Preventivo de UMA	31
8.5. Estrategias de mantenimiento preventivo para la optimización de la eficiencia energética de los equipos	37
8.6. Elaboración de KPI's a través de la creación de indicadores claves de desempeño	45
9. Conclusiones	48
10. Bibliografía	50

1. Introducción

El Instituto de Salud Pública de Chile es el organismo de referencia del Estado, que promueve y protege la salud de la población, fortaleciendo el control sanitario a través de la vigilancia, autorización, fiscalización, investigación y transferencia tecnológica; con enfoque de género, territorialidad e interculturalidad; cumpliendo ello con altos estándares de calidad, transparencia, innovación y equipo humano comprometido con el servicio público. Dentro de sus funciones y estudios de la salud pública y análisis permanente de agentes y control sanitario, para lo cual los ambientes controlados con presiones diferenciales, control de temperatura, humedad, partículas en el ambiente son fundamentales para la seguridad de quien manipula las muestras dentro de los laboratorios, creando barreras para la seguridad del operario como el control y seguridad de la muestra que se está analizando. (Instituto de Salud Pública de Chile, 2025)

Por otra parte, los seres humanos tienen una debilidad que es inherente, la de sentirse cómodos, en un ambiente que no sea ni frío, ni muy húmedo, ni muy seco. Por consiguiente, el Instituto de Salud Pública de Chile cuenta con sistemas de climatización que permite el control de temperatura del aire, control de humedad relativa del aire y la ventilación al interior de los establecimientos y laboratorios. Desde el punto de vista sanitario, los sistemas de climatización tienen que proporcionar las condiciones adecuadas para la protección de personal técnico, junto con ser una herramienta eficaz y eficiente para la reducción de agentes contaminantes en el entorno tal como virus, bacterias, polvo, entre otros. Igualmente, permite la protección entre diferentes dependencias, debido a la diversidad de funciones que se realizan en las diferentes áreas críticas.

Esta investigación tuvo como propósito presentar un mejoramiento al sistema de climatización disponible en el Instituto de Salud Pública de Chile, con base en las políticas

de eficiencia energética y así conservar la continuidad operacional de los laboratorios y demás áreas críticas del organismo.

Este mejoramiento tuvo como resultado un plan de mantenimiento que se basa en la eficiencia energética, permitiendo demostrar que, las acciones de mantención son elementales para garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los activos, así como del consumo energético de la instalación, permitiendo establecer criterios de sostenibilidad ambiental y financiera.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Optimización del mantenimiento preventivo basado en eficiencia energética de unidades de manejadoras críticas del Instituto de Salud Pública de Chile, para dar continuidad operacional a los laboratorios y procesos críticos.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Conocer cuáles son los modos de fallas predominantes y comportamiento energético que presentan los equipos de aire acondicionado.
- ✓ Elaborar la ficha técnica y manual de mantenimiento preventivo de las unidades manejadora de aire, a través de la estandarización de actividades registradas en hoja de vida de equipos de aire acondicionados, además de crear una base de datos con actividades de mantenimiento.
- ✓ Establecer estrategias para minimizar la recurrencia de las fallas en equipos de aire acondicionado, así como de la optimización de su consumo energético.

- ✓ Proponer indicadores de control claves para el desempeño de los equipos unidades manejadoras de aire, como métodos de control en la toma de decisiones.

3. Alcance

El Instituto de Salud Pública (ISP) cuenta con equipamiento y sistemas de aire acondicionado, en donde algunos equipos de carácter crítico como lo son las unidades manejadoras de aire no tienen registro que represente de manera detallada las actividades de mantenimiento realizadas desde la instalación de estos, lo cual trae como consecuencia deterioro e incremento en el consumo energético.

Con este proceso de optimización se pretende establecer un medio en el cual se provee de información referente a los equipos, su funcionamiento y las acciones preventivas o correctivas desarrolladas sobre este, además de establecer una mejora en el plan de mantenimiento preventivo para las unidades manejadoras de aire (UMAS).

En la implementación del plan de mantenimiento preventivo basado en la eficiencia energética para el sistema de aire acondicionado del ISP, se van a llevar a cabo una serie de actividades que serán fundamentales para el desarrollo de acciones tendientes a conservar los equipos dentro de los parámetros de eficiencia, como las estadísticas de fallas más frecuentes y codificación de los equipos, por lo cual se optimizará el trabajo en las acciones cotidianas para el equipo de mantenimiento, y se podrán planificar las tareas de manera tal que no se vea afectado el normal desarrollo de las actividades dentro de la Institución.

De esta manera, es que el Instituto de Salud Pública de Chile requiere inspecciones regulares y mantenimiento apropiado para los equipos de climatización (UMAS), lo cual podría asegurar que los equipos siempre estarán disponibles para su uso y en buen estado,

lo cual puede lograrse por medio de la implementación de Planes de Mantenimiento Preventivo que permitan mejorar la Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad de los equipos de climatización denominados críticos para ISP.

4. Justificación

Para poder cumplir los objetivos trazados, se optimizará el programa de mantenimiento preventivo basado en la eficiencia energética para el Instituto de Salud Pública de Chile (ISP) con el fin de establecer de qué forma incide la utilización errónea de los activos en los costos producidos por un mantenimiento no programado y además su incidencia en el consumo energético.

En la actualidad el Instituto de Salud Pública de Chile no cuenta con un plan de actividades de mantenimiento detallado para los sistemas de aire acondicionado (UMA), adicional a esto no se ha realizado el estudio de consumo de cada equipo y de qué manera a través de actividades programadas de mantenimiento creadas para reducir los niveles de contaminación de los equipos se pueden obtener resultados inmediatos en cuanto al consumo energético. Por lo tanto, y a lo largo de los años de uso de los equipos, no disponemos de una base de datos que nos permita llevar seguimientos controlados de las acciones de mantenimiento realizados sobre los equipos.

En consecuencia, la correcta planificación de esta actividad deberá siempre estar orientada hacia la elección de estrategias, filosofías y teorías de mantenimiento, las cuales continuamente deberán ser monitoreadas, evaluadas y ajustadas con el objeto de gestionar una forma óptima los costos operativos y eficiencia del sistema de climatización.

5. Metodología Propuesta

El propósito principal es establecer una metodología esquematizada y práctica, que permita corregir fallas en los equipos y sistemas de aire acondicionado de carácter crítico del Instituto de Salud Pública de Chile mediante técnicas que nos proporcionen el restablecimiento de sus funciones normales. Además, ejecutar en los sistemas de aire acondicionado acciones fundamentales preventivas en intervalos predeterminados de operación. Con este método pretendemos encontrar la causa o el origen de los desperfectos e inconvenientes que puedan sufrir algunos equipos en su periodo de vida útil. Además, regular los costos que implican la adquisición continua de repuestos.

A partir de los objetivos específicos planteados, se procedió al desarrollo del diseño Metodológico, en donde se definieron las actividades a realizar para el cumplimiento de las metas del estudio.

Desarrollo del objetivo específico número 1: Conocer cuáles son los modos de fallas y consumo energético de los equipos de aire acondicionado, lo que permitirá priorizar, clasificar y tratar de manera específica aquellos eventos que reducen la disponibilidad y eficiencia energética de los mismos.

Desarrollo del objetivo específico número 2: Elaborar la ficha técnica y hoja de vida de equipos de aire acondicionado, además de crear una base de datos con actividades de mantenimiento. Es necesario verificar el procedimiento e histórico de fallas de los equipos y con esto tener el diagnóstico de la causa raíz del problema para tener una mejora continua y confiabilidad en los equipos.

Desarrollo de objetivo específico número 3: Establecer estrategias para reducir la recurrencia de las fallas en equipos de aire acondicionado y optimización de su eficiencia

energética, de tal manera que se garantice la disponibilidad, el funcionamiento y la fiabilidad de los equipos y se reduzca el tiempo de inactividad y los costes de mantenimiento.

Desarrollo de objetivo específico número 4: Proponer indicadores de control claves para el desempeño de las unidades manejadoras de aire, lo que es una actividad importante para poder evaluar, monitorear y controlar la ejecución del Mantenimiento Preventivo. A través de la generación de un conjunto de indicadores claves de desempeño, se permitirá medir el desempeño en forma eficiente y tomar decisiones respecto a la gestión del mantenimiento de los equipos de aire acondicionado.

6. Estado del Arte

Rodríguez García (2020) realizó una investigación sobre la energía consumida por los sistemas de climatización, y como conservar el frío, con el objetivo de maximizar el ahorro energético en la Universidad de Sevilla España. Objetivo de la investigación proponer la optimización del ahorro energético en la universidad de Sevilla, con base en planes de mantenimiento y gestión de equipos críticos; en tal sentido, el autor desarrolló un estudio de la situación actual de la climatización en las instalaciones de la Universidad de Sevilla, concluyendo en el requerimiento de realizar reemplazos y planes de mantenimiento preventivo, de acuerdo con el patrón de falla de los equipos estudiados.

Morales y Romero (2021) realizó una investigación sobre la climatización en laboratorio, y nivel de atención en una farmacia hospitalaria, con el objetivo de determinar la relación entre el ahorro energético y optimización del sistema de climatización y la atención del personal en un hospital en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Como resultado, la carga simultánea de refrigeración se redujo un 16.75% debido a las modificaciones en la envolvente del edificio. En este sentido, con la reestructuración del envolvente, los autores

presentaron un análisis de fallas en la cual se priorizó las más recurrentes, mismas que, fueron evaluadas a la luz de la matriz de riesgos, asumiendo a partir de estas, acciones de mantenimiento y asignación de frecuencias de intervención. En consecuencia, entre las medidas de mantenimiento asociadas con el reemplazo tecnológico, se seleccionó un sistema de climatización de volumen de refrigerante variable compuesto por 2 condensadores y 4 evaporadores, junto con un sistema de ventilación mecánica con recuperadores de calor. Finalmente, el diseño establecido y las modificaciones permitieron obtener un 35.05% en ahorro de energía y 75.95% en ahorro de energía incorporada en materiales, asegurando también la factibilidad del proyecto. Entre los resultados del estudio, se puede decir que la optimización de este sistema impacta positivamente el desarrollo de la institución que lo ejecute y contribuye con el medio ambiente debido a la disminución del consumo de energía.

Peña Suárez (2020) realizó una investigación doctoral sobre la climatización en la República Dominicana, donde abarca las condiciones que inciden en el alto consumo de energía por factores como consecuencia de los materiales usados para la construcción de las edificaciones, y también como la posición geodésica de la isla incide en el alto consumo de los sistema de climatización para mantener el confort en las edificaciones el objetivo de determinar la relación entre el ahorro energético y optimización del sistema de climatización para fomentar la bases para que el gobierno tome medida al respecto en la ciudad de santo domingo República Dominicana. En efecto, el autor analizó las recomendaciones de fabricantes y el comportamiento energético de las unidades de climatización, resultando en una propuesta de climatización de alto rendimiento, complementada con un plan de mantenimiento preventivo y rutinario para las unidades.

7. Resultados Esperados

Mediante la optimización de los planes de mantenimiento de equipos denominados críticos de climatización (UMA) del Instituto de Salud Pública de Chile se espera lo siguiente:

- ✓ Identificar los equipos que actualmente cuenta la Institución.
- ✓ Identificar frecuencias de mantenimiento dependiendo de criticidad.
- ✓ Evaluación de su disponibilidad.
- ✓ Resultados económicos; a través de la reducción de costos de energía eléctrica.
- ✓ Resultados técnicos; se busca mejorar en la eficiencia energética, fallas y reparaciones.
- ✓ Resultados operativos, se busca mejorar la disponibilidad de los equipos y una reducción en los tiempos de mantenimiento.

Lo anterior se traducirá en continuidad de servicios y productividad en los procesos críticos de laboratorios, además de la reducción de riesgos asociados y nivel de satisfacción de las áreas técnicas.

8. Desarrollo del tema

8.1. Análisis de Criticidad de UMA

No todos los equipos del Instituto de Salud Pública tienen la misma importancia, para ello se debe realizar un Análisis de Criticidad, el cual da como resultado una lista jerarquizada del nivel de criticidad de cada equipo, a partir de eso se generan tres categorías las cuales se nombran a continuación:

1. Equipos críticos: Son aquellos cuya detención o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados del ISP.

2. Equipos importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la Institución, sin embargo, las consecuencias son asumibles.

3. Equipos prescindibles: Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad o un pequeño costo adicional.

Para realizar la clasificación de los equipos según el impacto que ocasiona la falla de éstos, de forma cualitativa se evaluaron cada uno de los siguientes aspectos:

- Seguridad: Efecto del fallo sobre las personas.
- Medio Ambiente: Efecto de fallo sobre el entorno.
- Calidad: Efecto del fallo sobre la calidad del producto o servicio.
- Operaciones: Efecto del fallo sobre la producción, costo de operación.
- Mantenimiento: Tiempo y costo de reparación.

Posteriormente, se establecieron los criterios para determinar a qué categoría corresponde cada equipo, es decir, si el equipo es crítico, importante o prescindible.

- Criterios de Criticidad

Tabla 1

Matriz de criticidad

	Niveles de criticidad de equipos		
	Nivel A Crítico	Nivel B Importante	Nivel C Prescindible
Calidad del servicio	La falla produce defectos en la calidad de atención del Instituto de Salud pública.	La falla produce variaciones en la calidad de atención del Instituto de Salud Pública.	La falla no produce defectos en la calidad de atención del Instituto de Salud Pública.

Seguridad y medio ambiente	La falla produce fatalidad o discapacidad irreversible. Daño ambiental mayor o irreversible localizado en área local, regional y/o nacional.	Discapacidad y/o invalidez objetiva pero reversible y/o lesiones con tratamiento médico que implique tiempo perdido. Daño ambiental limitado localizado en área de operación y en áreas circundantes.	Lesiones leves, sin efectos físicos medibles y sin tiempo perdido. Daño ambiental leve dentro de las instalaciones.
Operaciones	La falla detiene o baja la carga de operación por una hora o más.	La falla detiene o baja la carga de operación por menos de una hora.	La falla detiene o baja la carga de operación de manera intermitente.
Coste de oportunidad	La falla requiere la detención del área afectada.	La falla requiere la detención del área afectada.	La falla se soluciona de manera remota.
Frecuencia entre fallas	Mayor a cuatro veces dentro de un año.	Entre una y cuatro veces por año.	Menor a una vez por año.
Coste de reparación	Costos mayores a 2.000 USD.	Costos entre 300 USD Y 2.000 USD	Costos menores a 500 USD.

Nota. Elaboración propia (2025)

Los criterios de evaluación y sus respectivos rangos se establecieron en conjunto con jefes de las respectivas áreas técnicas y el jefe de la unidad de mantención de equipos de laboratorio. Asimismo, se realizó el Análisis de Criticidad en conjunto con Criterios de Criticidad se determinaron las unidades manejadoras de aire críticas, importantes y prescindibles (Tabla 1) con el propósito de enfocar los esfuerzos sólo para los equipos denominados críticos.

Tras la definición de los Niveles de Criticidad se pudo determinar que el Instituto de Salud Pública de Chile cuenta con:

- 19 unidades manejadoras de aire en nivel crítico.

- 9 unidades manejadoras de aire en nivel importantes.
- 2 unidades manejadoras de aire en nivel prescindibles.

Es de esta manera que, en la Tabla 2 se presente la priorización de los equipos según los criterios de criticidad presentados.

Tabla 2

Criticidad de equipos manejadores de aire

ítem	Tag	Nombre	Modelo	Sección	Nivel
1	5380	UMA	E2FE048559A	SIDA	B
2	6400	UMA	MOV24-HN1	VIRUS ONCOGÉNICOS	A
3	6401	UMA	MOV24-HN1	VIRUS ONCOGÉNICOS	A
4	6797	UMA	CTA-18HKIT4	AUDIOLOGÍA	B
5	7794	UMA	Sin Información	CULTIVOS CELULARES	A
6	7821	UMA	MSE-24HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO CHENA	A
7	7822	UMA	MSE-24HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO CHENA	A
8	7851	UMA	Sin información	RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	C
9	8517	UMA	MF-25-X25-0-5E-H	VIRUS HEPÁTICOS Y EMERGENTES	A
10	8531	UMA	MS01-25-X25-0-5E-H	VIRUS HEPÁTICOS Y EMERGENTES	A
11	8535	UMA	CUA-60HR1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
12	8536	UMA	CUA-48HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
13	8815	UMA	38YCL057-D	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
14	8816	UMA	38YCC057-D	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
15	8817	UMA	MOV-96	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
16	8818	UMA	MOV-96	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A
17	9581	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B
18	9582	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B
19	9583	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B
20	9584	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B
21	9781	UMA	38HQD48-C-903	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A
22	9782	UMA	38HQE024-C-703	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A
23	9783	UMA	38HQD48-C-903	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A

24	9788	UMA	MF00-15-X16-0-5E-H	GENÉTICA MOLECULAR	B
25	9789	UMA	MF00-15-X16-0-5E-H	GENÉTICA MOLECULAR	B
26	9812	UMA	MF00-15-X16-0-SF-M	VIRUS ENTÉRICOS	A
27	10325	UMA	CUA-48HRN1	MICOBACTERIAS	A
28	10505	UMA	CUA-48HRN1	METROLOGÍA CIENTÍFICA EN QUÍMICA Y BIOMEDICIONES	B
29	10506	UMA	17G3274	COORDINACIÓN DE PROGRAMAS DE ENSAYOS DE APTITUD Y EVALUACIÓN EXTERNA DE LA CALIDAD	C
30	10823	UMA	399A-719-000006-7739830410	FÍSICOQUÍMICO	A

Nota. Elaboración propia (2025)

8.2. Diseñar inventario técnico y formato de Ficha Técnica de UMA

La Ficha Técnica es un documento sumamente útil dentro del Plan de Mantenimiento Preventivo, ya que es como la cédula de identidad de un equipo. Además de la información recopilada en el Inventario Técnico, se inspeccionó la placa de cada equipo para corroborar la información obtenida. La presente propuesta de Ficha Técnica detalla cada una de las partes, piezas y/o elementos que conforman las unidades manejadoras de aire. Su función es ofrecer la información completa del equipo, ya sea para saber datos generales como su ubicación o el sector donde presta servicio, hasta datos específicos como la cantidad de consumibles que debe utilizar para su correcto funcionamiento. De esta forma este documento permite identificar las especificaciones de los componentes de los equipos de climatización.

Para la realización de esta actividad se revisaron los documentos en formato papel y digital que posee la Unidad de Mantención de Equipos de Laboratorio (UMEL) sobre los equipos de climatización. Luego de analizar los documentos disponibles, se procedió a digitar los datos obtenidos en una base de datos interna, la cual se le dio un determinado formato con el objetivo de recopilar la misma información para todos los equipos críticos.

En la Ficha Técnica de cada equipo se deben anotar los siguientes datos:

- Código del equipo y descripción.
- Datos generales.
- Características principales, es importante recopilar la mayor cantidad de datos de cada equipo.
- Análisis de Criticidad del equipo, es recomendable adjuntar el cuadro en el que se analiza la criticidad en esta ficha del equipo.
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock, perteneciente a estos equipos.
- Consumibles necesarios (filtros HEPA, filtro de bolsa, filtro de papel, filtro de carbón impregnado, correas, etc.) que necesita para funcionar, especificando sus características.

Por lo tanto, se procedió a diseñar un formato de Ficha Técnica digital para las unidades manejadoras de aire, documento que contiene el espacio suficiente para completar con datos técnicos provenientes del Inventario Técnico.

Tabla 3

Ficha técnica propuesta



R.U.T.: 76.422.926-6

Manejadoras de Aire

PLAN DE MANTENCIÓN
N°9039

Av. Quilín 1790, Macul
+56 2 2237 2070

A.T. SR.: OSCAR EDDING **Fecha:** 6/02/2025

INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA
Avda. Marathon N°1000, Ñuñoa, Santiago

SERVICIO DE MANTENCIÓN PREVENTIVA DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y REFRIGERACIÓN

Sección/Unidad	RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	Marca - Modelo	UMA - khone
N° Serie	Sin información	N° Inventario	Sin información
		N° TAG	7851

☐ Papel/Medidas 24X24X2"
☐ Bolsa/Medidas N/A

☐ Hepal/Medidas N/A
☐ Carbón/Medidas N/A

Revisión y Limpieza de Sistema de Desague (tuberías, bandejas de drenaje de condensado)	SI
Revisión de Funcionamiento y Limpieza del Serpentin	SI
Revisión, Limpieza, Lubricación y Balance de ventiladores, Bujes y/o Rodamientos de Motores Ventiladores en General	SI
Revisión de Válvulas y Sistemas de Expansión	SI
Revisión de Controles Eléctricos (tarjetas de control, relés, contactores, capacitores de fuerza y partida, fusibles)	SI
Revisa Conexiones Eléctricas y Apropia Secuencia de Fases de Alimentación	SI
Revisión y Programación del Set Point de Trabajo	SI
Revisión del Gabinete Portafiltros	SI
Revisión de los Manómetros Diferencial de Presión de los Filtros y de las Zonas Climatizadas, Carga de Líquido Manométrico, según Corresponda	SI
Revisión de Filtros Desechables de Papel (cambiar según corresponda)	SI
Revisión de los Filtros de Bolsa (cambiar según corresponda)	SI
Limpieza de la Carcasa	SI
Limpieza de Filtro de Aire (si corresponde metálico)	SI
Verificación de Conexiones Eléctricas	SI
Mediciones de Tensión y Corriente	SI
Verificación Mecánica, Rodamiento	SI
Limpieza y Lubricación de motores	SI
Verificar Vibraciones, Fugas y Corregir	SI
Revisión de Correa de Transmisión y Poleas (cambio de correas según corresponda)	SI
Efectuar pruebas de Funcionamiento	SI

Nombre	Marca	Modelo	N° Serie	Fecha Emitida	N° Certificado
Multímetro digital	Extech	EX310	190218789	27/07/2022	314
N/A	N/A	N/A	N/A	10/02/2022	0
N/A	N/A	N/A	N/A	10/02/2023	0

Consumo Eléctrico Ventilador Interior L1 0,00 L2 0,00 L3 0,00

Consumo Eléctrico Ventilador Exterior L1 0,00 L2 0,00 L3 0,00

Consumo Eléctrico de Compresor Frio L1 8,00 L2 0,00 L3 0,00

Consumo Eléctrico de Compresor Calor L1 0,00 L2 0,00 L3 0,00

Temperatura de Inyección 0 Temperatura de retorno 0

Presión de Trabajo Alta 0 Baja 0

Voltaje Total L1 380 L2 380 L3 380 L4 220

Nota. Elaboración propia (2025)

8.3. Comportamiento de Fallas, Consumo Energético y Disponibilidad de los Equipos

El comportamiento de fallas de los equipos de climatización se presentan en la Tabla 4, de acuerdo con el valor de disponibilidad promedio obtenido para cada una de ellas. En este sentido, se observa que las unidades registraron una disponibilidad promedio anual de 75,17% por debajo del umbral del 80%, en el cual, se espera por criterios operativos internos de la organización. Se espera alcanzar al menos un 85% de disponibilidad en cada una de ellas, por lo que los bajos valores son un indicativo de que estos no se encuentran funcionando en el nivel operativo mínimo esperado, generando paradas imprevistas.

Tabla 4

Disponibilidad promedio de los equipos

ítem	Tag	Nombre	Modelo	Sección	Nivel	Disponibilidad
1	5380	UMA	E2FE048559A	SIDA	B	62
2	6400	UMA	MOV24-HN1	VIRUS ONCOGÉNICOS	A	78
3	6401	UMA	MOV24-HN1	VIRUS ONCOGÉNICOS	A	73
4	6797	UMA	CTA-18HKIT4	AUDIOLOGÍA	B	82
5	7794	UMA	Sin Información	CULTIVOS CELULARES	A	85
6	7821	UMA	MSE-24HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO CHENA	A	65
7	7822	UMA	MSE-24HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO CHENA	A	71
8	7851	UMA	Sin información	RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	C	70
9	8517	UMA	MF-25-X25-0- 5E-H	VIRUS HEPÁTICOS Y EMERGENTES	A	64

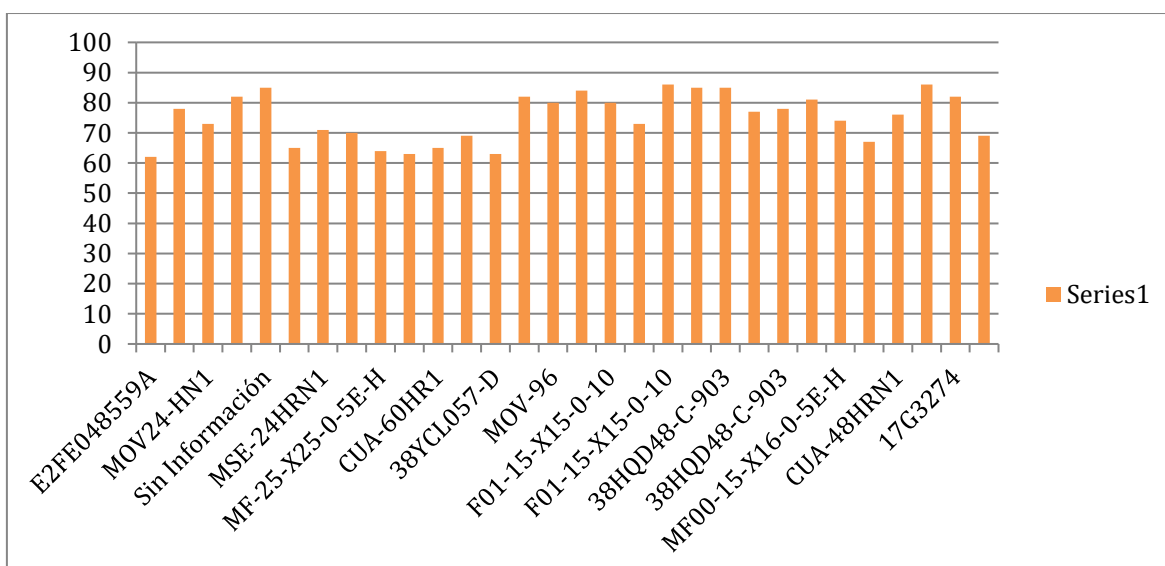
10	8531	UMA	MS01-25-X25-0-5E-H	VIRUS HEPÁTICOS Y EMERGENTES	A	63
11	8535	UMA	CUA-60HR1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	65
12	8536	UMA	CUA-48HRN1	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	69
13	8815	UMA	38YCL057-D	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	63
14	8816	UMA	38YCC057-D	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	82
15	8817	UMA	MOV-96	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	80
16	8818	UMA	MOV-96	CENTRO PRODUCTOR BIOTERIO SANTIAGO	A	84
17	9581	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B	80
18	9582	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B	73
19	9583	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B	86
20	9584	UMA	F01-15-X15-0-10	PRUEBAS BIOLÓGICAS	B	85
21	9781	UMA	38HQD48-C-903	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A	85
22	9782	UMA	38HQE024-C-703	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A	77
23	9783	UMA	38HQD48-C-903	MICROBIOLOGÍA FARMACEÚTICA	A	78
24	9788	UMA	MF00-15-X16-0-5E-H	GENÉTICA MOLECULAR	B	81

25	9789	UMA	MF00-15-X16-0-5E-H	GENÉTICA MOLECULAR	B	74
26	9812	UMA	MF00-15-X16-0-SF-M	VIRUS ENTÉRICOS	A	67
27	10325	UMA	CUA-48HRN1	MICOBACTERIAS	A	76
28	10505	UMA	CUA-48HRN1	METROLOGÍA CIENTÍFICA EN QUÍMICA Y BIOMEDICIONES	B	86
29	10506	UMA	17G3274	COORDINACIÓN DE PROGRAMAS DE ENSAYOS DE APTITUD Y EVALUACIÓN EXTERNA DE LA CALIDAD	C	82
30	10823	UMA	399A-719-000006-7739830410	FÍSICOQUÍMICO	A	69
						75,17

Nota. Elaboración propia (2025)

Figura 1

Gráfico de disponibilidad de las unidades



Nota. Elaboración propia (2025)

Tabla 5*Evaluación del consumo energético de los equipos de refrigeración*

Modelo	Amp Nom	Amp Real	% Consumo
E2FE048559A	22	24	109,09%
MOV24-HN1	24	28	116,67%
MOV24-HN1	22	25	113,64%
CTA-18HKIT4	21	25	119,05%
Sin Información	22	25	113,64%
MSE-24HRN1	24	26	108,33%
MSE-24HRN1	22	25	113,64%
Sin información	23	26	113,04%
MF-25-X25-0-5E-H	25	28	112,00%
MS01-25-X25-0-5E-H	23	26	113,04%
CUA-60HR1	21	24	114,29%
CUA-48HRN1	24	25	104,17%
38YCL057-D	23	26	113,04%
38YCC057-D	23	26	113,04%
MOV-96	24	26	108,33%
MOV-96	22	25	113,64%
F01-15-X15-0-10	22	25	113,64%
F01-15-X15-0-10	23	26	113,04%
F01-15-X15-0-10	22	26	118,18%
F01-15-X15-0-10	23	27	117,39%
38HQD48-C-903	24	24	100,00%
38HQE024-C-703	23	25	108,70%
38HQD48-C-903	24	26	108,33%
MF00-15-X16-0-5E-H	24	25	104,17%
MF00-15-X16-0-5E-H	23	26	113,04%
MF00-15-X16-0-SF-M	23	25	108,70%
CUA-48HRN1	24	25	104,17%
CUA-48HRN1	24	26	108,33%
17G3274	23	24	104,35%

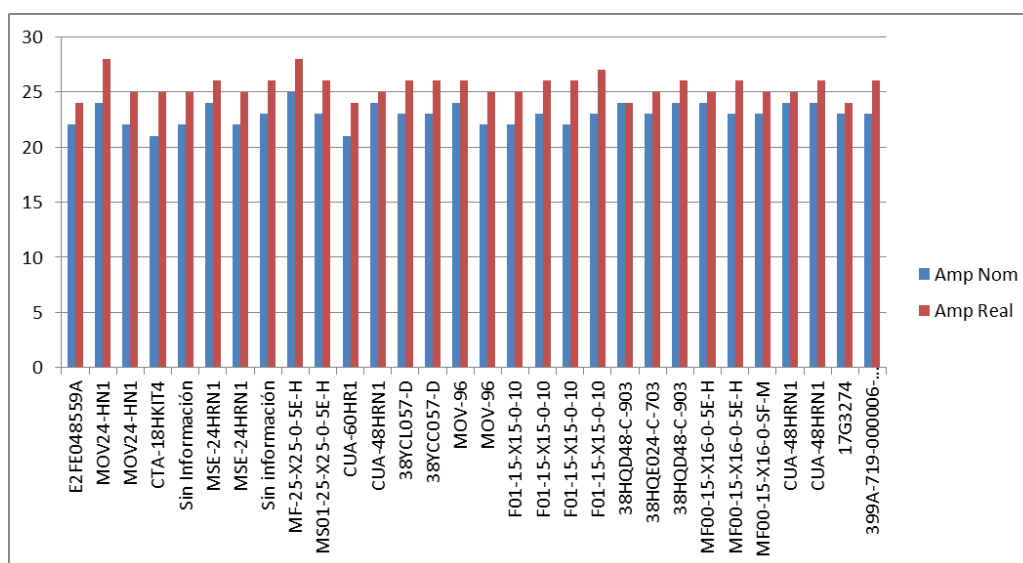
399A-719-000006-7739830410	23	26	113,04%
----------------------------	----	----	---------

Nota. Elaboración propia (2025)

De acuerdo con los datos de la Tabla 5 se puede observar que el consumo promedio de los equipos de refrigeración se encuentra sobre el 111,12% evidenciando con esto que, los mismos están presentando un consumo elevado que requiere ser optimizado, tanto por el aspecto económico que implica un pago de facturación energética, como por mejorar la utilidad de los mismos ya que, en su mayoría se encuentran funcionando por encima de su capacidad nominal en un rango de 11%.

En consecuencia, mediante la Figura 2 se puede observar el comportamiento energético gráfico de cada unidad de refrigeración en relación a su consumo nominal.

Figura 2 Comportamiento energético de los equipos



Nota. Elaboración propia (2025)

Por otro lado, se presenta la Tabla 6 contentivo de aquellos elementos que introducen más fallas al sistema de climatización, destacándose que el compresor registró 27 fallas en un año, el condensador, el evaporador y la válvula de expansión registraron 20 fallas cada uno, el sistema eléctrico introdujo 17 fallas, el ventilador del evaporador 8 fallas y el ventilador del condensador 6 fallas.

Tabla 6

Cantidad de fallas por elemento de climatización

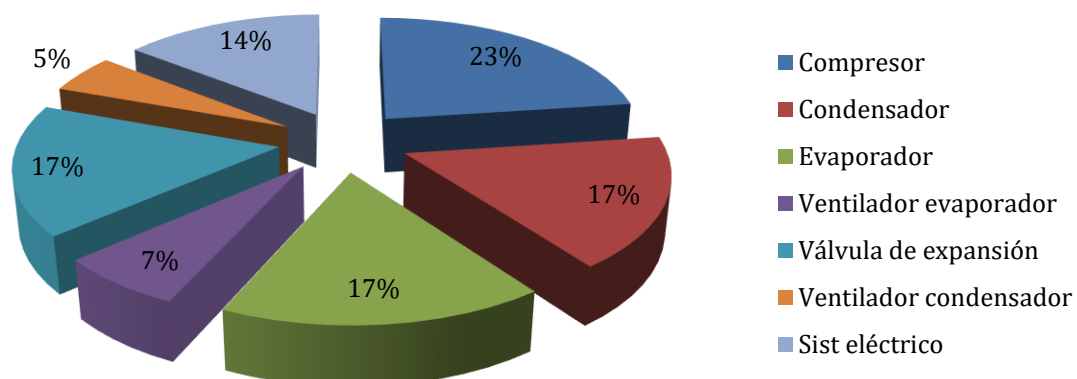
Elemento	Fallas anuales
Compresor	27
Condensador	20
Evaporador	20
Ventilador evaporador	8
Válvula de expansión	20
Ventilador condensador	6
Sistema eléctrico	17

Nota. Elaboración propia (2025)

Figura 3

Distribución porcentual de fallas por elemento

Elementos de Falla



Nota. Elaboración propia (2025)

Tabla 7

Análisis de los modos y efectos de fallas

Pasos Clave del Proceso	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable	SEV	OCU	DET	NPR
¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)?	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	¿Qué causa que el paso clave falle?	¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo?	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Fallo?	¿Qué también puede detectar la Causa o Modo de Fallo?		¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección?	¿Quién es responsable de las acciones recomendadas?				
REGULAR LA TEMPERATURA EXTERIOR	Fuga de refrigerante	No enfría	3	Daño en tubería	3	Reemplazo por falla	2	18	Medición de presiones	Mantenimiento	3	3	2	18
		Bote de líquido	3	Juntas defectuosas	3	Reemplazo por falla	2	18	Inspección periódica	Mantenimiento	3	3	2	18
		Corrosión de tubería	3	Juntas sueltas	3	Reemplazo por falla	2	18	Inspección periódica	Mantenimiento	3	3	2	18

	Baja carga de refrigerante	No enfría	2	Fuga de refrigerante por bote	2	Reposición	2	8	Medición de presiones	Mantenimiento	2	2	2	8
		Sobrecalentamiento	2	Fuga de refrigerante por evaporación	2	Limpieza y ajuste	2	8	Inspección periódica	Mantenimiento	2	2	2	8
	Sobrecarga de refrigerante	Incremento de presión en las tuberías	3	Presencia de hielo en las tuberías	3	Limpieza y ajuste	3	27	Medición de presiones	Mantenimiento	3	3	3	27
		Pérdida de función del compresor	3	Falla de la válvula de expansión	3	Medición de presión	3	27	Inspección y limpieza periódica	Mantenimiento	3	3	3	27
	Falla del compresor	Incremento de líquido circulante	3	Falla del evaporador por congelación	3	Inspección y limpieza	3	27	Inspección, limpieza y prueba de vacío	Mantenimiento	3	3	3	27
		Daño en elementos mecánicos del compresor	3	Sobrecalentamiento de la válvula de expansión	3	Medición, prueba y reemplazo	3	27	Medición de presión e inspección visual	Mantenimiento	3	3	3	27
		Compresor no enciende	2	Fusible disparado	2	Medición y prueba	3	12	Medición e inspección	Mantenimiento	2	2	3	12
	Falla del condensador	Elevación de temperatura	2	Serpentín sucio	1	Limpieza	1	2	Limpieza periódica	Mantenimiento	2	1	1	2
		Incremento de presiones y daño de componentes	2	Ventilador no enciende	2	Revisión y reparación	3	12	Revisión y reemplazo	Mantenimiento	2	2	3	12

	Falla del evaporador	Incremento del calor y temperatura	3	Suciedad y congelamiento	3	Limpieza y ajuste	3	27	Limpieza y ajuste periódico	Mantenimiento	3	3	3	27
	Falla eléctrica	No enciende la unidad	2	Pérdida de continuidad eléctrica	2	Reparación	2	8	Reemplazo	Mantenimiento	2	2	2	8
		No enciende ningún mecanismo	2	Corto circuito en conductores	2	Reparación	2		Reemplazo	Mantenimiento	2	2	2	8
	Falla de válvula de expansión	Incremento de presión en tuberías	3	Obstrucción de tubería	3	Limpieza de válvula	3	27	Limpieza de válvula	Mantenimiento	3	3	3	27

Nota. Elaboración propia (2025)

Considerando la información presentada en la Tabla 7 contenida en el AMEF, se puede apreciar que los modos de fallas con mayor criticidad están relacionados con pérdida e incremento de refrigerante, falla del compresor, falla del elemento evaporador y de la válvula de expansión.

Tabla 8

Acciones de mantenimiento propuesta para alta criticidad

			ÁREA: Refrigeración					DEPARTAMENTO: Mantenimiento	
			SISTEMA: Unidad de climatización					FECHA: Mayo de 2025	
			EQUIPO de climatización					OBSERVACIONES:	
Falla AMEF			Tipo de Tarea						Frecuencia
F	FF	MF	PLF	OHF	MBC	MBT	R	Actividad	
1	A	1			X			Vigilar la temperatura de la cava y sonido de operación del compresor. Una temperatura alta en la cava o tubería de succión escarchada podrían implicar un bajo sobrecalentamiento en el evaporador. Por lo general este tipo de fallas se presentan en sistemas recién instalados.	Diario
1	A	2			X			Verificar el estado del evaporador. Medir tensión y continuidad en las resistencias.	Trimestral
1	A	3			X			Evitar paradas largas de operación. Revisar los ciclos de trabajo del compresor y descongelación.	Trimestral
1	B	1		X				Verificar que haya tensión en las conexiones de la bobina. Verificar que se active y desactive la bobina con el interruptor. (Se puede usar un imán para comprobar que se está energizando la bobina). Verificar a través del visor de líquido que no haya flujo de	Semestral

								refrigerante con la válvula cerrada.	
--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	--

Nota. Elaboración propia (2025)

En la Tabla 9 se presentan las acciones de mantenimiento correspondiente a los equipos de mediana criticidad.

Tabla 9

Acciones de mantenimiento para mediana criticidad

			ÁREA: Refrigeración					DEPARTAMENTO: Mantenimiento	
			Unidad de climatización					FECHA: Mayo de 2025	
			EQUIPO sistema de climatización					OBSERVACIONES:	
Falla AMEF			Tipo de Tarea					Actividad	Frecuencia
F	FF	MF	PLF	OHF	MBC	MBT	R		
1	B	2			X			Revisar el estado e higiene de las tuberías y aletas del condensador. Lavar en caso de ser necesario.	Mensual
1	B	3		X				Vigilar que el ventilador esté girando libremente. Verificar que los álabes no estén rotos o doblados.	Semanal
1	B	4	X					Medir la presión de descarga, si está por encima 230psi abrir la válvula completamente y realizar la medición	Trimestral

							nuevamente.	
1	B	5			X		Calibrar el presostato de alta presión, Cut Out: 250psi Dif: 40psi.	Anual
1	C	1			X		Realizar una inspección de fugas en todos los dispositivos y tuberías del sistema.	Trimestral
1	C	2	X				Realizar mediciones de presión a la entrada y salidas de dispositivos. Limpiar o reemplazar en caso de ser necesario.	Semestral
1	C	3			X		Revisar el estado e higiene de las tuberías y aletas del evaporador. Lavar de ser necesario.	Trimestral
1	C	4			X		Vigilar que el ventilador esté girando libremente. Verificar que los álabes no estén rotos o doblados.	Semanal

En la Tabla 10 se presentan las acciones de mantenimiento correspondiente a los equipos de baja criticidad.

Tabla 10

Actividades de mantenimiento a equipos de baja criticidad

			ÁREA: Refrigeración					DEPARTAMENTO: Mantenimiento	
			SISTEMA: Unidad de climatización					FECHA: Mayo de 2025	
			EQUIPO: sistema de climatización					OBSERVACIONES:	
Falla AMEF			Tipo de Tarea					Actividad	Frecuencia
F	FF	MF	PLF	OHF	MBC	MBT	R		
1	D	1		X				Medir continuidad y verificar que las conexiones estén en buen estado.	Semestral
1	D	2		X				Examinar y ajustar las conexiones. Verificar los contactos, pulir de ser necesario. Ajustar la corriente de disparo en 40A. Prueba de disparo: Ajustar la corriente de disparo a un valor menor, alimentar el relevador y verificar con el multímetro que se desconecte a la corriente ajustada.	Semestral
1	D	3		X				Examinar que los cables no estén partidos, rasgados y/o tostados. Medir continuidad, tensión y corriente en las líneas.	Semestral
1	D	4		X				Examinar y ajustar las conexiones.	Semestral
1	D	5		X				Examinar y ajustar las conexiones de fuerza y control. Verificar los contactos. Pulir de ser necesario.	Semestral

1	D	6		X				Examinar y ajustar las conexiones. Prueba de disparo: Desbalancear las cargas desconectando una de las entradas y verificar que el supervisor suspenda la alimentación de tensión.	Semestral
---	---	---	--	---	--	--	--	--	-----------

Nota. Elaboración propia (2025)

En la Tabla 11 se presentan las acciones de mantenimiento por detección.

Tabla 11

Actividades de mantenimiento por detección

			ÁREA: Refrigeración					DEPARTAMENTO: Mantenimiento	
			SISTEMA: Unidad de climatización					FECHA: Mayo de 2025	
			EQUIPO: sistema de climatización					OBSERVACIONES:	
Falla AMEF			Tipo de Tarea					Actividad	Frecuencia
F	FF	MF	PLF	OHF	MBC	MBT	R		
2	A	1	X					Examinar el nivel de aceite en el compresor.	Semanal
2	A	2			X			Prueba de acidez al aceite.	Anual
2	A	3			X			Vigilar la temperatura de la cava.	Diario

8.4. Protocolos Genéricos de Mantenimiento Preventivo de UMA

Las inspecciones periódicas pueden revelar el desgaste de las unidades de climatización incluido el condensador y la necesidad de limpiar el equipo de refrigeración. Busque estas señales:

- Ruidos extraños como zumbidos o clics.
- Acumulación de escarcha dentro de la unidad.
- Dificultad para mantener temperaturas constantes.

Cuando detecte estos problemas, actúe con rapidez. Ignorarlos podría causar problemas mayores. Por ejemplo, ruidos inusuales podrían indicar un fallo en el compresor. La acumulación de hielo podría indicar un mal funcionamiento del sistema de descongelación. Limpie regularmente los serpentines, las juntas, el condensador y las superficies interiores de los equipos de climatización siguiendo una lista de verificación, para prevenir la proliferación de bacterias. Asegúrese de que el control de temperatura, incluido el serpentín del condensador, funcione correctamente para mantener la seguridad de los alimentos y esté incluido en la lista de verificación de mantenimiento para fines de garantía. Programe revisiones profesionales al menos una vez al año.

Frecuencia de mantenimiento

Los distintos sistemas necesitan mantenimiento a ritmos variables:

Enfriadores portátiles: verifique mensualmente la integridad del sello y el serpentín, y límpielos trimestralmente de acuerdo con la lista de verificación.

Vitrinas: Limpieza semanal, mantenimiento anual.

El tamaño de su operación también puede cambiar la frecuencia con la que necesita mantenimiento:

- Las instalaciones grandes con múltiples unidades deben tener un horario específico.

- Las operaciones más pequeñas podrían combinar fechas de servicio para lograr mayor eficiencia.

Al planificar los intervalos de mantenimiento, siempre consulte primero las instrucciones del fabricante.

Pasos esenciales para un mantenimiento eficaz de las unidades de climatización

Inspecciones regulares

Las inspecciones periódicas son un componente fundamental del mantenimiento de las unidades de climatización. Al programar estas revisiones, puede detectar problemas a tiempo. Esto ayuda a evitar problemas mayores en el futuro.

Un sistema de climatización debe inspeccionarse al menos cada seis meses. Durante la inspección, busque señales de desgaste. Revise el motor, las bobinas y la configuración de temperatura.

Reemplazos de sellos

Con el tiempo, los sellos y juntas de las puertas pueden desgastarse. Cuando esto sucede, se escapa el aire frío. Esto hace que la unidad de climatización tenga que esforzarse más para mantener la temperatura.

Reemplace los sellos viejos por unos nuevos para mantener la temperatura adecuada. Es una solución sencilla, pero tiene un gran impacto en el rendimiento.

Comprobaciones de calibración

Los termostatos y los controles de presión deben ser precisos para que la unidad funcione correctamente. Si se desvían, incluso un poco, puede causar problemas.

Asegúrese de que estos componentes estén calibrados correctamente de forma periódica:

Las lecturas del termostato deben coincidir con las temperaturas reales en el interior.

Los controles de presión deben responder correctamente bajo diferentes condiciones.

Medidas preventivas para evitar averías en la climatización

Limpieza de rutina

La limpieza regular es crucial para las unidades de refrigeración. La suciedad y los residuos pueden obstruir el flujo de aire, lo que dificulta el trabajo del sistema. Esto genera mayores costos de energía y posibles averías.

Los serpentines son piezas clave de su refrigerador o congelador. Deben mantenerse limpios para funcionar correctamente. Los ventiladores también requieren atención; hacen circular el aire, manteniendo los alimentos a la temperatura adecuada.

La limpieza debe realizarse con frecuencia. Un horario establecido ayuda a evitar sesiones perdidas.

Comprobaciones eléctricas

Las conexiones sueltas causan problemas en los sistemas de refrigeración. Es importante realizar revisiones periódicas para garantizar el correcto funcionamiento.

Los técnicos deben revisar el cableado y ajustar las conexiones según sea necesario. Esto evita problemas de suministro eléctrico que podrían apagar una unidad inesperadamente.

Monitoreo de refrigerantes

Vigilar los niveles de refrigerante es vital para el buen funcionamiento del compresor. Un nivel bajo significa que el compresor trabaja demasiado, lo que puede provocar daños con el tiempo. La monitorización garantiza que todo funcione correctamente sin paradas imprevistas por fallos del compresor.

Maximización de la eficiencia energética en el mantenimiento de unidades de climatización

Aislar líneas

El aislamiento adecuado de las líneas de refrigeración es vital. Mantiene el aire frío dentro y el aire caliente fuera. Esta sencilla medida puede reducir significativamente la pérdida de energía.

Aislar las tuberías de su sistema previene la acumulación de calor. Esta acumulación de calor obliga al compresor a trabajar más, lo que incrementa los costos de energía. Una línea bien aislada mantiene la temperatura sin esfuerzo adicional del equipo.

Optimizar la descongelación

Los ajustes de descongelación son cruciales para la eficiencia. Eliminan la acumulación de hielo en los serpentines del evaporador. El hielo actúa como aislante, lo que hace que la unidad de climatización trabaje más para enfriarse.

Ajustar la frecuencia de descongelación ahorra energía. Descongelar demasiado desperdicia electricidad; descongelar muy poco causa problemas de hielo. Encuentre un equilibrio para optimizar el consumo eléctrico y mantener el rendimiento.

Mejora la iluminación

La iluminación LED en el interior de los espacios es beneficiosa por varias razones:

- Los LED emiten menos calor que las bombillas tradicionales.
- Menos calor significa menor tensión en los sistemas de refrigeración.
- Las luces LED consumen menos energía, lo que reduce las facturas.
- Cambiar a iluminación LED no solo reduce el consumo eléctrico, sino que también mejora la visibilidad dentro de las unidades sin aumentar las temperaturas como lo hacen las bombillas más antiguas.

Técnicas de limpieza para componentes del sistema de climatización

Mantenimiento de bobinas

La limpieza regular de los serpentines del condensador es fundamental. La suciedad y los residuos pueden obstruir el flujo de aire y sobrecargar el sistema. Utilice un limpiador comercial específico para serpentines de refrigeración. Rocíelo y enjuague según las instrucciones para eliminar la grasa, los lodos y la suciedad.

Limpiar el serpentín del evaporador también es esencial. Absorbe el calor del interior de la unidad, por lo que mantenerlo limpio garantiza su eficiencia.

Cuidado del drenaje

Mantenga las tuberías de drenaje limpias para evitar la acumulación de agua y la posible aparición de moho. Enjuagarlas regularmente con agua o una solución de limpieza adecuada ayuda a mantener el flujo.

Limpe también las bandejas de drenaje, donde se acumula el agua antes de salir por los desagües. Eliminar el agua estancada reduce los malos olores y la propagación de bacterias.

Comprobaciones rutinarias del flujo de aire y la integridad de los componentes

Funcionamiento del ventilador

Es fundamental revisar regularmente el funcionamiento del ventilador. Un ventilador que no funciona correctamente puede provocar un flujo de aire deficiente, lo que provoca un sobreesfuerzo de la unidad. Busque señales como ruidos extraños o una salida de aire débil. Si detecta alguno, reemplace el ventilador.

A continuación, inspeccione las tuberías y serpentines para detectar daños en el aislamiento. Las grietas o el desgaste en el aislamiento dejan escapar aire frío y sobrecargan el sistema.

Sellos de puerta

Revise los cierres de las puertas con frecuencia. Asegúrese de que sellen bien al cerrarlas. Los cierres sueltos permiten la entrada de aire caliente, lo que altera el control de la temperatura.

Revise también las juntas de las puertas. Deben estar intactas para conservar el frío dentro y el calor fuera.

Bobinas y filtros

La limpieza de los serpentines es fundamental para mantener la temperatura dentro de las unidades. Elimine regularmente cualquier acumulación de polvo o residuos de las superficies de los serpentines. Esto ayuda a prevenir fallos de los componentes por sobrecalentamiento.

Los filtros también requieren atención como parte del mantenimiento rutinario. Un filtro sucio restringe drásticamente el flujo de aire. Cambie los filtros según las instrucciones del fabricante o antes si es necesario.

En resumen, una lista de verificación completa ayuda a gestionar la eficiencia de la refrigeración:

Verifique que los ventiladores funcionen correctamente; reemplácelos si es necesario.

Inspeccione el aislamiento de tuberías y serpentines; repare los daños rápidamente.

Asegúrese de que las juntas de la puerta creen un sello hermético; reemplace las juntas desgastadas inmediatamente.

Limpie las bobinas con frecuencia; elimine la acumulación de polvo o residuos que impiden su funcionamiento.

Revise los filtros periódicamente; cámbielos antes de que se obstruyan con suciedad.

Consejos profesionales para la longevidad de los equipos de climatización

Técnicas de carga

Una carga adecuada es clave para la eficiencia de la refrigeración. La sobrecarga bloquea el flujo de aire, lo que obliga a la unidad a trabajar más. Esto provoca desgaste. Para evitarlo:

Mantenga espacio entre los artículos.

No bloquee las rejillas de ventilación del interior del frigorífico.

El aire debe circular libremente. Esto mantiene los alimentos a temperaturas seguras y reduce la carga sobre el equipo.

Piezas OEM

Cuando necesite reparaciones, utilice piezas originales (OEM). Estas son fabricadas por el fabricante del equipo original. Se ajustan mejor y duran más que las alternativas genéricas. El uso de piezas originales (OEM) garantiza el correcto funcionamiento de su equipo de refrigeración y prolonga su vida útil.

Registros de mantenimiento

Llevar un registro del mantenimiento es fundamental. Documente cada sesión de servicio y cada pieza de repuesto utilizada en el historial de su equipo de refrigeración.

8.5. Estrategias de mantenimiento preventivo para la optimización de la eficiencia energética de los equipos

Las prácticas de mantenimiento deficientes son una causa directa del aumento del consumo de energía en los sistemas de aire acondicionado. Específicamente, los filtros de aire sucios y obstruidos restringen significativamente el flujo de aire, lo que obliga al motor del ventilador a trabajar más para mover el volumen de aire requerido. Este esfuerzo adicional no solo reduce la capacidad de enfriamiento del sistema, sino que también eleva

innecesariamente el consumo eléctrico, potencialmente hasta en un 10%. De manera similar, las bobinas del evaporador y del condensador sucias impiden una transferencia de calor eficiente, reduciendo aún más el rendimiento del sistema y aumentando el uso de energía. Más allá de la limpieza, problemas como una carga incorrecta de refrigerante o el mal funcionamiento de los componentes mecánicos debido a la falta de lubricación también contribuyen a la reducción de la eficiencia.

Los conductos de aire acondicionado, que transportan el aire acondicionado por todo un edificio, con frecuencia sufren fugas. Estas fugas son una fuente común de un desperdicio significativo de energía, con pérdidas de aire típicas que oscilan entre el 10% y el 30% del flujo de aire total. Esto significa que una parte sustancial del aire acondicionado nunca llega a su destino previsto, lo que se traduce en un desperdicio de energía y una reducción del confort.

Para mitigar estos problemas, se recomiendan las siguientes acciones:

- **Limpieza Regular:** Implementar un programa estricto para la limpieza o el reemplazo de los filtros de aire, idealmente cada 1 a 3 meses, o con mayor frecuencia (por ejemplo, mensualmente) en entornos con mucho polvo, mascotas, fumadores u ocupantes con alergias. Las bobinas del evaporador y del condensador deben inspeccionarse y limpiarse anualmente, teniendo cuidado de evitar el agua a alta presión que puede dañar las delicadas aletas. Las aletas de las bobinas dobladas deben enderezarse suavemente con un peine especializado para aletas para restaurar el flujo de aire adecuado.
- **Sellado y Aislamiento de Conductos:** Inspeccionar regularmente los conductos de aire en busca de fugas y sellarlas eficazmente utilizando materiales adecuados como sellador de masilla o cinta metálica (de aluminio). La cinta adhesiva estándar ("duct tape") no se recomienda, ya que no es duradera.

Además, es vital asegurar que los conductos que atraviesan espacios no acondicionados (áticos, sótanos, garajes) estén correctamente aislados para evitar la ganancia/pérdida de calor.

El mantenimiento deficiente (por ejemplo, filtros/serpentes sucios) y las fugas en los conductos representan fuentes significativas, aunque a menudo "invisibles", de desperdicio de energía. A diferencia de una avería completa del sistema, estos problemas se manifiestan como una degradación gradual de la eficiencia, lo que los hace más difíciles de detectar sin herramientas de diagnóstico específicas y un enfoque estructurado.

Esto resalta el papel crítico de las inspecciones detalladas y sistemáticas. Dado que estas ineficiencias no son inmediatamente obvias, un plan de mantenimiento preventivo robusto debe incorporar listas de verificación altamente detalladas que incluyan explícitamente comprobaciones del flujo de aire (utilizando anemómetros), diferenciales de presión en los filtros e inspecciones visuales de la integridad de los conductos.

El uso de cámaras térmicas puede identificar aún más las pérdidas/ganancias de calor ocultas de los conductos o el aislamiento, haciendo que estos problemas "invisibles" sean visibles y cuantificables. Esto refuerza el argumento para invertir no solo en actividades de mantenimiento, sino también en las herramientas de diagnóstico y la capacitación necesarias para identificar y cuantificar estas sutiles ineficiencias. Esto lleva el mantenimiento más allá de la simple limpieza a un proceso basado en datos de optimización continua, asegurando que los ahorros de energía se maximicen y se mantengan.

Es de esta manera que se presenta la Tabla 12 la misma que contiene un análisis causa raíz sobre los aspectos que inciden en la baja eficiencia energética de los equipos de climatización y sobre las acciones que pueden tomarse para mejorar.

Tabla 12

Factores que inciden en la baja eficiencia energética y posibles soluciones

Factor de Ineficiencia	Causa Raíz/Impacto	Solución Recomendada	Referencia
Alta Carga Térmica	Excesiva transferencia de calor del exterior/interior	Mejorar aislamiento térmico de paredes/techos y ventanas; Usar cortinas de aire en puertas abiertas; Evitar equipos encendidos sin uso; Controlar iluminación	
Eficiencia Intrínseca del Equipo Baja	Elección de equipos con menor precio inicial pero mayor costo operativo total	Invertir en equipos con alta etiqueta energética (A+++ y SEER/SCOP; Preferir tecnología Inverter	
Equipo Sobredimensionado	Capacidad mayor a la necesaria; ciclos cortos de encendido/apagado	Dimensionamiento correcto de unidades según carga térmica y espacio	
Mantenimiento Deficiente (Filtros aire; motor trabaja más; Sucios)	Obstrucción del flujo de (Filtros aire; motor trabaja más; reducción de capacidad	Limpieza/reemplazo regular de filtros (cada 1-3 meses)	
Mantenimiento Deficiente (Serpentines Sucios)	Reducción de la capacidad de absorción/expulsión de calor	Limpieza anual de serpentines (evaporador y condensador) y enderezamiento de aletas	
Fugas en Ductos	Pérdida de aire acondicionado y energía (10-30% del flujo)	Sellado y aislamiento de ductos; inspección de la integridad del aislamiento	

Factor de Ineficiencia	Causa Raíz/Impacto	Solución Recomendada	Referencia
Control Deficiente del Sistema	Mayor consumo energético; condiciones de falta de confort	Uso de sistemas de control de calidad y correctamente instalados; calibración de sensores	
Temperatura Interior Inadecuada	Operación ineficiente; incomodidad y quejas IDAE); de ocupantes	Programar temperatura óptima (26°C en verano según usar modos ECO/Noche; evitar cambios bruscos	
Nivel de Refrigerante Incorrecto	Baja eficiencia de enfriamiento; posible daño al compresor	Verificación y ajuste por profesional; detección y reparación de fugas	
Drenajes Condensado Obstruidos	de Humedad excesiva; daños al sistema; olores desagradables	Limpieza regular de drenajes y bandejas de condensado	
Componentes Eléctricos Deteriorados	Operación insegura; reducción de vida útil; ineficiencia	Inspección anual de conexiones eléctricas y cableado	
Falta de Lubricación de Partes Móviles	Mayor fricción; desgaste; ruido	Lubricación periódica de motores, rodamientos y correas	
Obstrucción de la Unidad Exterior	Flujo de aire restringido al condensador; menor eficiencia	Mantener el área alrededor de la unidad exterior limpia y libre de escombros y vegetación	

Nota. Elaboración propia (2025)

Un plan de mantenimiento preventivo eficaz es el pilar para garantizar la eficiencia energética y la longevidad de los equipos de aire acondicionado. Este plan debe ser sistemático, programado y adaptable a las características específicas de cada instalación.

Tareas de Mantenimiento Específicas y Frecuencia Recomendada

Un plan de mantenimiento preventivo robusto se fundamenta en procedimientos sistemáticos y programados de limpieza, inspección y ajuste. Estas actividades son esenciales para mantener la eficiencia y prolongar la vida útil de los equipos de aire acondicionado.

Las tareas de mantenimiento clave y sus frecuencias recomendadas incluyen:

- **Limpieza o Reemplazo de Filtros de Aire:** Los filtros son la primera línea de defensa contra los contaminantes. Deben revisarse mensualmente y limpiarse o reemplazarse cada 1 a 3 meses, o con mayor frecuencia (por ejemplo, mensualmente) en entornos con mucho polvo, mascotas, fumadores o personas con alergias. Los filtros sucios restringen significativamente el flujo de aire, lo que obliga al sistema a trabajar más y aumenta el consumo de energía hasta en un 10%.
- **Inspección y Limpieza de Serpentes del Evaporador y Condensador:** Estos serpentines son vitales para el intercambio de calor, pero acumulan polvo y suciedad con el tiempo, lo que reduce su eficiencia. Deben inspeccionarse y limpiarse anualmente. Se debe tener cuidado de evitar el agua a alta presión, que puede dañar las delicadas aletas. Las aletas dobladas deben enderezarse cuidadosamente con un peine especializado para aletas para asegurar un flujo de aire adecuado.
- **Verificación de los Niveles de Refrigerante:** Los niveles bajos de refrigerante a menudo indican una fuga o una carga incorrecta, lo que afecta directamente la

eficiencia de enfriamiento del sistema y puede provocar daños en el costoso compresor. Esta tarea requiere un profesional calificado para un diagnóstico preciso, detección de fugas y recarga segura.

- **Limpieza de Drenajes de Condensado:** La línea de drenaje de condensado puede obstruirse con moho, algas y residuos, lo que provoca desbordamientos de agua, humedad excesiva y posibles daños por agua a la unidad o la estructura circundante. Los drenajes deben revisarse y limpiarse cada 6 meses con una solución de agua y vinagre o un limpiador especializado para HVAC.
- **Inspección de Componentes Eléctricos y Cableado:** La inspección anual de todas las conexiones y componentes eléctricos es crucial para identificar signos de desgaste, corrosión o sobrecalentamiento. Las conexiones sueltas o dañadas pueden provocar un funcionamiento inseguro del sistema, reducir la eficiencia y acortar la vida útil de los componentes críticos.
- **Lubricación de Partes Móviles:** Componentes como los motores de los ventiladores, los compresores y los rodamientos requieren una lubricación adecuada para funcionar de manera suave y eficiente. Si bien los sistemas más nuevos pueden ser autolubrificantes, las unidades más antiguas necesitan atención regular de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- **Inspección y Sellado de Conductos:** Los conductos de aire deben inspeccionarse regularmente en busca de fugas, que pueden representar del 10 al 30% de la pérdida de aire acondicionado. Las fugas deben sellarse con materiales adecuados como masilla o cinta metálica. Un aislamiento adecuado de los conductos, especialmente en espacios no acondicionados, también es vital para la eficiencia energética.

- **Verificación y Calibración del Termostato:** El termostato es el centro de control del sistema de aire acondicionado. Debe revisarse periódicamente para asegurarse de que esté leyendo y manteniendo con precisión la temperatura deseada, evitando el desperdicio de energía por un funcionamiento incorrecto. Se recomienda encarecidamente actualizar a un termostato inteligente o programable para un uso optimizado de la energía.
- **Despeje del Área de la Unidad Exterior:** La unidad condensadora exterior requiere un flujo de aire adecuado para un funcionamiento eficiente. Asegure al menos 24 pulgadas (aproximadamente 60 cm) de espacio libre alrededor de todos los lados de la unidad, libre de escombros, hojas o follaje excesivo.
- **Comprobaciones Operativas Exhaustivas:** Realizar verificaciones regulares de los parámetros operativos del sistema, incluyendo la comprobación de los ciclos de arranque y apagado adecuados, el funcionamiento del ventilador y la medición del flujo de aire (usando un anemómetro), los diferenciales de temperatura (entrada/salida, superficies de las bobinas, tuberías de refrigerante) y el consumo eléctrico.

Si bien algunas tareas pueden ser realizadas por el personal interno (por ejemplo, la limpieza de filtros), una revisión profesional anual exhaustiva es esencial. Dependiendo del tipo de sistema y el uso, algunos componentes pueden requerir atención profesional bimensual o cuatrimestral.

8.6. Elaboración de KPI's a través de la creación de indicadores claves de desempeño

Una actividad importante para poder evaluar, monitorear y controlar la ejecución del Mantenimiento Preventivo, es la generación de un conjunto de indicadores claves de desempeño. Estos indicadores permitirán hacer seguimiento a los Planes de Mantenimiento Preventivo, medir el desempeño en forma eficiente y tomar decisiones respecto a la gestión del mantenimiento que lleva a cabo la Unidad de Mantención de equipos de laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile.

Tabla 13

Indicador de disponibilidad

ELEMENTO	DESCRIPCION
Nombre KPI	Disponibilidad
Responsable	Jefe Unidad Mantención Equipos de Laboratorio
Formula	$D = \left(\frac{\text{Horas totales de servicio} - \text{Horas de parada por mantención}}{\text{Horas totales de servicio}} \right) * 100$
Alcance	Unidad de Equipos de Laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile
Frecuencia	Mensual
Fuente	Sistema de órdenes de trabajo y registro del historial del equipo.
Meta	90% recomendación fabricante

Nota. Elaboración propia (2025)

Tabla 14*Indicador confiabilidad*

ELEMENTO	DESCRIPCION
Nombre KPI	Confiabilidad
Responsable	Jefe Unidad Mantenición Equipos de Laboratorio
Formula	$MTBF = \left(\frac{\text{Total de horas del período analizado}}{\text{Cantidad de paradas}} \right)$
Alcance	Unidad de Equipos de Laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile
Frecuencia	Mensual
Fuente	Sistema de órdenes de trabajo y registro del historial del equipo.
Meta	400 horas recomendación fabricante
Nota. Elaboración propia (2025)	

Tabla 15*Indicador mantenibilidad*

ELEMENTO	DESCRIPCION
Nombre KPI	Mantenibilidad
Responsable	Jefe Unidad Mantenición Equipos de Laboratorio
Formula	$MTTR = \left(\frac{\text{Total de horas de parada por mantención}}{\text{Cantidad de paradas}} \right)$
Alcance	Unidad de Equipos de Laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile
Frecuencia	Mensual
Fuente	Sistema de órdenes de trabajo y registro del historial del equipo.
Meta	2 horas recomendación fabricante
Nota. Elaboración propia (2025)	

Tabla 16

Eficiencia energética

ELEMENTO	DESCRIPCION
Nombre KPI	Eficiencia energética
Responsable	Jefe Unidad Mantención Equipos de Laboratorio
Formula	$Eficiencia = \frac{Amperaje\ real}{Amperaje\ nominal}$
Alcance	Unidad de Equipos de Laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile
Frecuencia	Semanal
Fuente	Sistema de órdenes de trabajo y registro del historial del equipo.
Meta	76%

Nota. Elaboración propia (2025)

Tabla 17*Indicador porcentaje de mantenimiento preventivo*

ELEMENTO	DESCRIPCION
Nombre KPI	Porcentaje de Mantenimiento Preventivo
Responsable	Jefe Unidad Mantención Equipos de Laboratorio
Formula	$Porcentaje = \left(\frac{Cantidad\ de\ trabajo\ de\ MTTTO\ preventivo}{\text{Órdenes de trabajo totaltes}} \right)$
Alcance	Unidad de Equipos de Laboratorio del Instituto de Salud Pública de Chile
Frecuencia	Mensual
Fuente	Sistema de órdenes de trabajo
Meta	2 horas recomendación fabricante

Nota. Elaboración propia (2025)

Los indicadores de mantenimiento permitirán valorar de manera cuantitativa y objetiva la gestión del mantenimiento valorando diferentes aspectos como la Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad, todos estos indicadores se pueden evaluar manualmente o con ayuda de herramientas informáticas.

Estos indicadores van a servir para conocer la situación de una determinada característica que se desea valorar, elaborar informes de mantenimiento con el objetivo de poder argumentar de mejor manera cualquier conclusión que permita tomar una decisión si se evalúa la evolución de un determinado indicador.

9. Conclusiones

La propuesta del Mantenimiento Preventivo es lograr una mayor eficiencia, productividad en los procesos internos de la unidad de mantención de equipos de laboratorio, a modo de lograr brindar un mejor servicio para los usuarios y funcionarios del sistema público. Para ello se elaboraron distintos Planes de Mantenimiento para las unidades manejadoras de aire críticas emplazadas en el Instituto de Salud Pública de Chile.

En relación con el análisis de la situación actual permitió realizar un diagnóstico de los procesos de mantenimiento, conocer las deficiencias de la Unidad de Mantención de Equipos de Laboratorio y concluir que la falta de personal es sin duda uno de los factores más importante que afecta el funcionamiento de la organización debido que tienen a cargo un total de 1000 equipos de refrigeración y climatización. Asimismo, permitió reconocer que no existe una forma de proceder en cuanto a la Planificación, Programación y Control del Mantenimiento Preventivo. Finalmente, el análisis sirvió de antecedente para la realización

del Programa de Mantenimiento Preventivo en base a los recursos con los que actualmente cuenta dicha unidad.

De acuerdo con el proceso de levantamiento de información técnica permitió jerarquizar los equipos de acuerdo con su función en los respectivos laboratorios y concluir que el Análisis de Criticidad es una metodología esencial a la hora de determinar cuáles son los equipos más importantes de la instalación, con el objetivo de enfocar los esfuerzos en esos equipos. Gracias a dicho análisis se pudo establecer que existen 19 equipos en la categoría de críticos, 9 equipos importantes y dos equipos considerados prescindibles. Adicionalmente, es fundamental mantener almacenadas las Instrucciones de uso y Mantenimiento recomendados por los fabricantes para la realización del Mantenimiento Preventivo, así como también contar con un Inventario Técnico de todos los equipos para completar y mantener actualizada la Ficha Técnica de cada unidad.

El Instituto de Salud Pública de Chile suma un sistema de control de activos y aumenta su confiabilidad al contar con una herramienta de gestión efectiva del mantenimiento, permitiendo que esta área tenga una verdadera estructura organizacional y realice control sobre los procesos de mantenimiento.

10. Bibliografía

- Instituto de Salud Pública de Chile. (2025). *¿Quiénes somos?* Recuperado el 2025, de Instituto de Salud Pública de Chile: <https://www.ispch.gob.cl/quienes-somos/>
- Morales, R. y Romero, Y. (2021). *Diseño de un sistema de climatización eficiente y sustentable para reformar un centro educativo en consultorio clínico*. Recuperado el 2025, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54743>
- Peña Suárez, J. (2020). *Caracterización climática, confort térmico y reducción de la demanda energética en viviendas de tipología mayoritaria de la República Dominicana* . Recuperado el 2025, de <https://www.ehu.eus/eu/web/doktoregoa/-/tesis-pena-suarez-jes%C3%BAs-nicolas>
- Rodríguez García, D. (2020). *Optimización y control de sistemas de refrigeración mediante sistemas de almacenamiento con material de cambio de fase*. Recuperado el 2025, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=282363>