

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD
PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA DE
LOS ELEVADORES DE LA EMPRESA MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL MAEL S.A.C, LIMA, 2022

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Marco Antonio La Rosa Valles

Asesor:

Ing. Mg. Juan Carlos Quiroz Flores

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

Esta tesis es gracias a Dios y dedicada a la memoria de mi abuela, sin su dedicación, sin sus sacrificios, sin sus consejos, sin su ayuda desinteresada, no me hubiese convertido en la persona y ser humano que soy ahora, yo no estuviese aquí.

A mis amados hijos Ariana Daniela y Marcos Javier que con sus afecto y cariño son detonantes de mi felicidad, fuentes de motivación e inspiración para poder superarme mas y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.

A mi esposa por sus palabras y su confianza, por su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente.

A mis amigos y a todas aquellas personas que estuvieron apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por bendecirme y prestarme la vida y las oportunidades que me brinda para poder seguir creciendo y lograr esta meta que me trace al inicio de esta vida universitaria.

A mi madre, mi esposa y mis hijos que son pilares fundamentales para seguir creciendo, por sus comprensión y valioso e incondicional apoyo, que han contribuido para la consecución de este logro.

Finalmente agradecer a mi asesor y a todos los docentes de la Universidad UPN sede Los Olivos por sus enseñanzas, que me han acompañado en este camino profesional.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	30
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	57
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	109
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
REFERENCIAS	126
ANEXOS	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Información de la empresa	12
Tabla 2	Puntuación de impacto de causas sobre el problema principal	19
Tabla 3	Matriz de cinco porqués	23
Tabla 4	Ventajas y desventajas del enfoque del mantenimiento	39
Tabla 5	Criterios para la evaluación de riesgos	45
Tabla 6	Controles de actividad y rendimiento.....	51
Tabla 7	Análisis previo de la metodología RCM	60
Tabla 8	Análisis previo del tiempo medio entre fallas (MTBF).....	62
Tabla 9	Análisis previo del tiempo para reparaciones (MTTR).....	63
Tabla 10	Análisis previo de la disponibilidad	65
Tabla 11	Diagrama de Gantt de la implementación de cambios	67
Tabla 12	Diagrama de Gantt de la implementación de cambios	69
Tabla 13	Comparación del orden del área, antes y después de la implementación.....	70
Tabla 14	Programación de capacitaciones.....	71
Tabla 15	Análisis de Pareto de ocurrencia de fallas previo.....	73
Tabla 16	Ficha de análisis AMEF	77
Tabla 17	Solicitud de mantenimiento de ascensor	80
Tabla 18	Check list de mantenimiento	81
Tabla 19	Informe técnico del servicio de mantenimiento	82
Tabla 20	Hoja de decisión RCM	83
Tabla 21	Formato de control de mantenimiento correctivo	84
Tabla 22	Formato de control de mantenimiento preventivo.....	85
Tabla 23	Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor CNP-ASC	86
Tabla 24	Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor RED-ASC	88
Tabla 25	Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor MIN-CAL-ASC	89
Tabla 26	Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor MASA-ASC.....	91
Tabla 27	Programación del mantenimiento preventivo.....	93
Tabla 28	Reporte de auditorias	95

Tabla 29	Formato de inspección.....	96
Tabla 30	Cronograma de auditorias.....	97
Tabla 31	Análisis posterior de la metodología RCM	99
Tabla 32	Análisis posterior del tiempo medio entre fallas (MTBF).....	101
Tabla 33	Análisis posterior del tiempo para reparaciones (MTTR).....	103
Tabla 34	Análisis posterior de la disponibilidad	104
Tabla 35	Costos de implementación.....	106
Tabla 36	Flujo de caja de implementación.....	107
Tabla 37	Indicadores financieros de implementación	108
Tabla 38	Comparación de escenarios de los indicadores RCM	109
Tabla 39	Análisis de la normalidad de los datos del MTBF	112
Tabla 40	Estadísticos de muestras emparejadas para el MTBF	114
Tabla 41	Estadísticos de la prueba T de Student para el MTBF	115
Tabla 42	Análisis de normalidad de los datos del MTTR	116
Tabla 43	Estadísticos de muestras emparejadas para el MTTR	118
Tabla 44	Estadísticos de la prueba T de Student para el MTTR	118
Tabla 45	Análisis de la normalidad de los datos de la disponibilidad.....	119
Tabla 46	Estadísticos de muestras emparejadas para la disponibilidad	121
Tabla 47	Estadísticos de la prueba T de Student para la disponibilidad	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa	12
Figura 2 Organigrama de la empresa.....	13
Figura 3 Diagrama de Ishikawa.....	17
Figura 4 Diagrama de Pareto	20
Figura 5 Árbol de problemas	21
Figura 6 Implementación de la metodología RCM	36
Figura 7 Diagrama de decisión RCM según los efectos del fallo	43
Figura 8 Tipos de fallos	49
Figura 9 Análisis previo de la metodología RCM.....	61
Figura 10 Análisis previo del tiempo medio entre fallas (MTBF)	63
Figura 11 Análisis previo del tiempo para reparaciones (MTTR).....	64
Figura 12 Análisis previo de la disponibilidad	65
Figura 13 Formulario de control de limpieza	68
Figura 14 Evidencia de capacitaciones al personal	72
Figura 15 Análisis de Pareto de ocurrencia de fallas previo	74
Figura 16 Análisis de Pareto del nivel de prioridad de riesgo según tipo de fallas.....	75
Figura 17 Análisis de Pareto del nivel de prioridad de riesgo según tipo de fallas.....	76
Figura 18 Evidencia de mantenimiento de ascensores	94
Figura 19 Evidencia de controles e inspecciones	98
Figura 20 Análisis posterior de la metodología RCM.....	100
Figura 21 Análisis posterior del tiempo medio entre fallas (MTBF)	102
Figura 22 Análisis posterior del tiempo para reparaciones (MTTR).....	103
Figura 23 Análisis posterior de la disponibilidad	105
Figura 24 Análisis comparativo de escenarios para el MTBF.....	110
Figura 25 Análisis comparativo de escenarios para el MTTR	111
Figura 26 Análisis comparativo de escenarios para la disponibilidad.....	111
Figura 27 Histograma de distribución de datos del MTBF previo	113
Figura 28 Histograma de distribución de datos del MTBF posterior	113
Figura 29 Histograma de distribución de datos del MTBF previo	116
Figura 30 Histograma de distribución de datos del MTBF posterior	117
Figura 31 Histograma de distribución de datos del MTBF previo	120

Figura 32 Histograma de distribución de datos del MTBF posterior 120

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)	44
Ecuación 2 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)	44
Ecuación 3 Cálculo del análisis de prioridad de riesgo (NPR).....	45
Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad	47
Ecuación 5 Tiempo medio entre fallas	53
Ecuación 6 Tiempo medio para reparaciones	53

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar en qué medida la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022. Para ello, se inició con un diagnóstico de la situación inicial empleando técnicas de la ingeniería industrial como Ishikawa, análisis de Pareto, determinación de indicadores MTBF y MTTR iniciales, asimismo la elaboración del análisis AMEF, hojas de decisión RCM, formatos de registro, control y seguimiento, principalmente. Los resultados evidenciaron que el tiempo entre reparaciones se redujo de 14.8 horas a 7.4 horas, mientras que el tiempo medio entre fallas aumentó de 216.4 horas a 719.6 horas, en tanto que la disponibilidad operativa de los ascensores se incrementó de 93,57% a 98,76%, lo cual evidenciaría una situación favorable y viable económicamente al obtener un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 43,080 soles para la compañía. Por tanto, se concluye que la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad sí incrementa la disponibilidad de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Palabras claves: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, disponibilidad operativa, ascensores, MTBF, MTTR.

ABSTRACT

The main purpose of this research was to determine to what extent the implementation of the Reliability Centered Maintenance methodology increases the operational availability of the elevators in the company Industrial Maintenance MAEL S.A.C., Lima, 2022. For this, it began with a diagnosis of the initial situation using industrial engineering techniques such as Ishikawa, Pareto analysis, determination of initial MTBF and MTTR indicators, as well as the preparation of the AMEF analysis, RCM decision sheets, registration formats, control and monitoring, mainly. The results showed that the time between repairs was reduced from 14.8 hours to 7.4 hours, while the mean time between failures increased from 216.4 hours to 719.6 hours, while the operational availability of the elevators increased from 93.57% to 98.76%, which would show a favorable and economically viable situation by obtaining a Net Present Value (NPV) of S/ 43,080 soles for the company. Therefore, it is concluded that the implementation of the Reliability Centered Maintenance methodology does increase the availability of elevators in the company Industrial Maintenance MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Keywords: Reliability Centered Maintenance, operational availability, elevators, MTBF, MTTR.

respeto, transparencia y amabilidad, comprendiendo en todo momento los requerimientos para la calidad de las operaciones.

Visión:

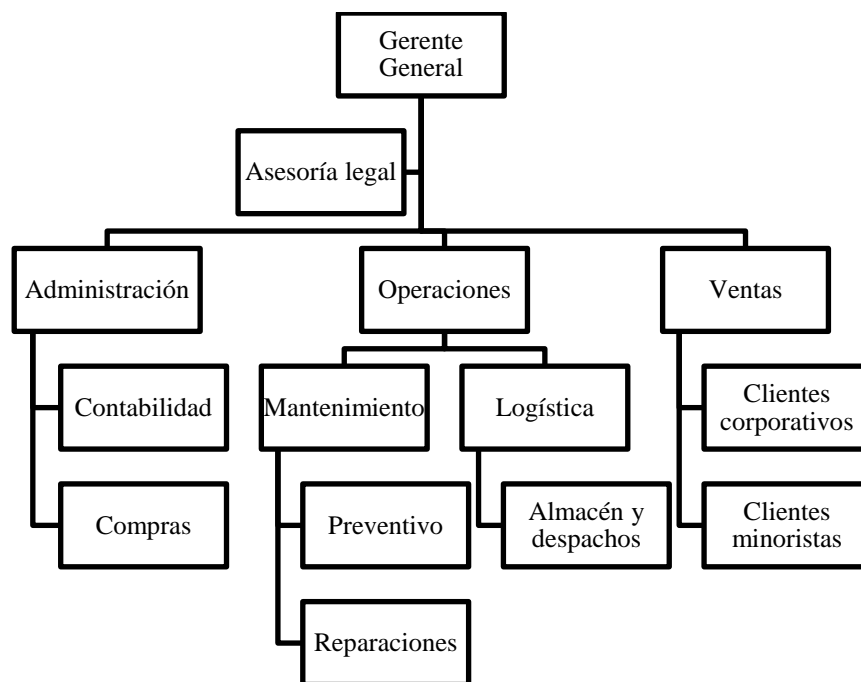
La empresa desea convertirse en líder del mercado de mantenimiento a partir de un excelente servicio al cliente y mostrando calidad en todos sus procesos, en tanto que se brinda la garantía necesaria del cumplimiento de los mejores estándares de operación.

Organigrama:

La organización de la empresa se presenta a través de la siguiente figura.

Figura 2

Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

1.1.3. Funciones del área de trabajo

El área se encarga de dar mantenimiento a todos los ascensores a fin de incrementar sus condiciones físicas internas y externas para que cumplan las actividades diseñadas. A partir de ello, se emplean herramientas y utensilios para el cálculo de la disponibilidad y conocer el nivel de desempeño. En los trabajos de mantenimiento también se emplean repuestos para

el cambio de piezas de ser necesario; es importante mencionar que se debe lograr el mejor funcionamiento de ascensores para continuar con las actividades operativas para los cuales son requeridos.

1.2. Realidad problemática

En el análisis internacional se observan casos de éxito sobre la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para lograr impactos positivos en la disponibilidad; tal es el caso de Eriksen, Bouwe y Lutzen (2021), donde a través de dicho análisis para evaluar las necesidades de mantenimiento y los problemas de la confiabilidad en grandes máquinas. El análisis muestra que el método RCM es generalmente aplicable al examen de cuestiones de fiabilidad y mantenimiento, pero también existen limitaciones importantes que deben resolverse de acuerdo con las condiciones, dado que el método no cuenta con un proceso para evaluar los efectos de las medidas de mantenimiento preventivas versus correctivas. A partir de ello, se proponen mejoras al método RCM para abordar estas limitaciones, y el nuevo método se utiliza para analizar un sistema de maquinaria para dos situaciones operativas.

De forma similar, en Alrifaey et al. (2020) se menciona que gracias al avance de la tecnología y la importancia de la industria se encuentra en búsqueda de técnicas para determinar con precisión la política de mantenimiento adecuada y el cronograma de sus ascensores. El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) es una metodología para elegir qué actividades de mantenimiento deben realizarse para mantener el activo funcionando dentro de su función diseñada, en tanto que sus desarrollos actuales están tratando de resolver los inconvenientes del enfoque tradicional con respecto a la optimización y la selección de estrategias; por ejemplo, el sistema tradicional maneja cada modo de falla individualmente con una simple pregunta de seguridad de sí o no, en la cual la pregunta tiene la posibilidad de un error mayor y perder el efecto de un modo de falla combinatorio.

Asimismo, en Braglia, Castellano y Gallo (2019) se propone un mecanismo de trabajo que facilitan la planificación e implementación de las actividades de mantenimiento, que van desde tareas de mantenimiento autónomo hasta acciones de mejora de la mantenibilidad; todo ello en base a la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Por otro

lado, se menciona que este método puede complementarse con herramientas como el análisis TPM, AMEF, entre otros que colaboren en la identificación de fallas dentro del sistema. El objetivo principal de todos los trabajos debe ser extender la vida útil de los ascensores y mejorar el nivel desempeño en las operaciones.

A nivel nacional, en Canahua (2021) se menciona la importancia de la gestión del mantenimiento para la preservación de los ascensores como parte de una política de cuidado de activos. En este sentido, la actividad industrial requiere de máquinas que funcionen en todo momento para mantener un sistema de producción en alto nivel; para ello es necesario evaluar la confiabilidad de los ascensores con una filosofía de trabajo articulado, en tanto que todo el personal requiere de capacitación para conocer los lineamientos de la operación de máquinas a fin de maximizar la efectividad. Las pérdidas por la baja disponibilidad se asocian a el bajo funcionamiento del sistema, la disminución de la productividad, la baja calidad del producto final, entre otros; para evitar esos aspectos se debe planificar una estrategia de mantenimiento.

Asimismo, en Guerrero et al. (2021) se menciona que en los últimos años la producción en el Perú ha experimentado un gran crecimiento, por lo que se demanda de ascensores con alta disponibilidad para responder a los cambios constantes. A partir de ello, las metodologías de mantenimiento cobran importancia a fin de revisar los intervalos de operaciones y extender la vida útil de las máquinas, en tanto que no se deben presentar fallos o averías que detengan el sistema productivo pues ello ocasiona pérdidas. Las actividades de mantenimiento deben tener un sistema de funcionamiento autónomo sin la necesidad de supervisiones puesto que se debe implementar tareas elementales como la toma de datos, las inspecciones visuales, la limpieza, la lubricación de partes, entre otros. El principal problema que muchas veces se observa es que cada equipo requiere un sistema de mantenimiento diferente según sus condiciones y desgaste, por lo que no siempre se puede usar la misma metodología para todos.

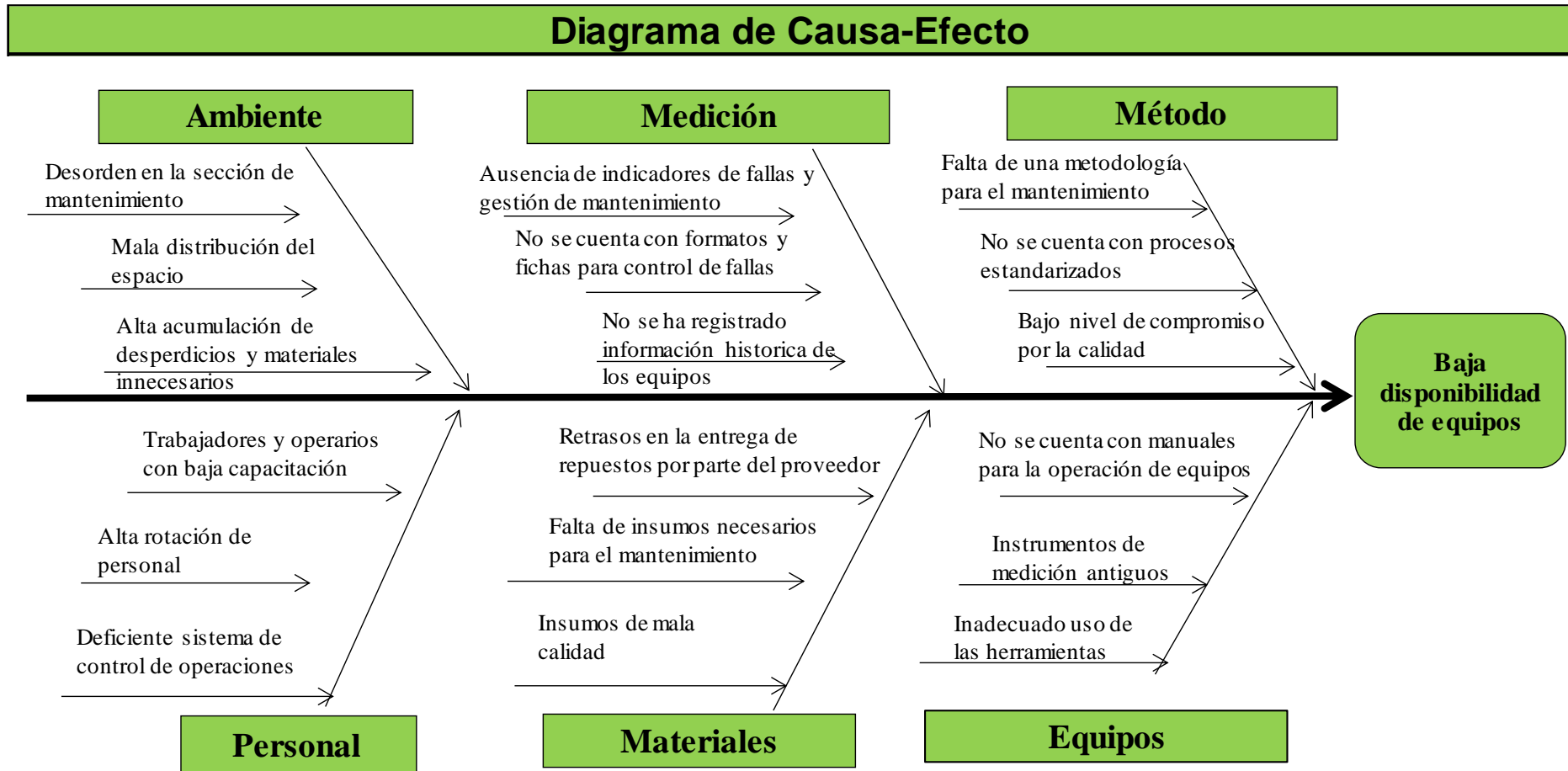
De acuerdo con Medina, Montalvo y Vásquez (2018) la mejora de la productividad del proceso se debe en gran parte al incremento de la disponibilidad como consecuencia de la aplicación de un sistema de gestión de mantenimiento, ya sea autónomo o preventivo. Las actividades de mantenimiento son de gran importancia puesto que preservan la vida útil de

los activos de la empresa, además que se acompañan de otras herramientas complementarias para el análisis, tales como la identificación de fallas, diagramas de flujo, procedimientos, manuales de operación, entre otros. En este sentido, se comenta que la implementación de un sistema de gestión permite alcanzar resultados positivos en el corto y mediano plazo dado que se realizan actividades efectivas sin la necesidad de una inversión inicial alta, sino que se modifica el desempeño del personal y de las herramientas que ya se poseen; otro aspecto positivo del uso de un sistema de mantenimiento es el cuidado del medio ambiente, en tanto que los ascensores generan una menor contaminación.

En el escenario local se han evidenciado inconvenientes en el área de mantenimiento y a través de la experiencia profesional se ha procedido a detallarlas mediante el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa – efecto; a partir de esta información se recurrió a expertos en el tema a fin de conocer los factores que influyen en mayor medida sobre el problema central, para lo cual se empleó el análisis de Pareto. De forma complementaria, el estudio desarrolló un árbol de problemas para profundizar en el tema y finalmente, se presentó la matriz 5W o cinco porqués a fin de conocer las implicancias de cada aspecto y plantear alternativas de cambio que logren cambios significativos.

Figura 3

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Diagrama de Ishikawa, se muestran las deficiencias observadas en la experiencia profesional y se establecen en seis categorías para poder explicarlo. Respecto al método se evidencia una falta de metodología que apoye al mantenimiento de los ascensores, una falta de procesos estandarizados y un bajo nivel de compromiso hacia la calidad de los ascensores. Asimismo, desde la categoría de medición se observa la falta de trazabilidad en los ascensores, la ausencia de plantillas que permitan identificar las fallas, la falta de indicadores que identifiquen dichas fallas y una nula gestión de mantenimiento en la organización.

Respecto a la categoría de ambiente se explica una baja disponibilidad de los ascensores debido a una mala distribución del espacio en las instalaciones, desorden en el área de mantenimiento y una ingente acumulación de materiales obsoletos y desperdicios. Desde la categoría de ascensores se observa una falta de manuales para el uso de los ascensores, instrumentos de medición obsoletos y un inadecuado uso de las herramientas. Ahora bien, sobre los materiales se menciona el retraso de los proveedores al entregar los repuestos, la carencia de insumos para el mantenimiento e insumos de mala calidad. Por último, sobre el personal de la organización se consideran como causas del problema una alta rotación del personal, un ineficiente sistema de control de operación y personal que no está correctamente capacitado. Todo lo mencionado anteriormente trae como consecuencia o genera el problema central de la baja disponibilidad de ascensores.

De forma complementaria, se ha requerido conocer el impacto de dichas causas sobre el problema central; por lo tanto, se empleó la puntuación de expertos para conocer más a fondo la problemática. Dicho puntaje que otorgarán los expertos puede ir desde el 1 al 10 con la finalidad de calificar cada causa del problema identificado. De acuerdo con lo mencionado, se muestra en la siguiente tabla las puntuaciones que se obtuvieron.

De forma complementaria, se ha requerido conocer el impacto de dichas causas sobre el problema central; por lo tanto, se empleó la puntuación de expertos para conocer más a fondo la problemática, la cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Puntuación de impacto de causas sobre el problema principal

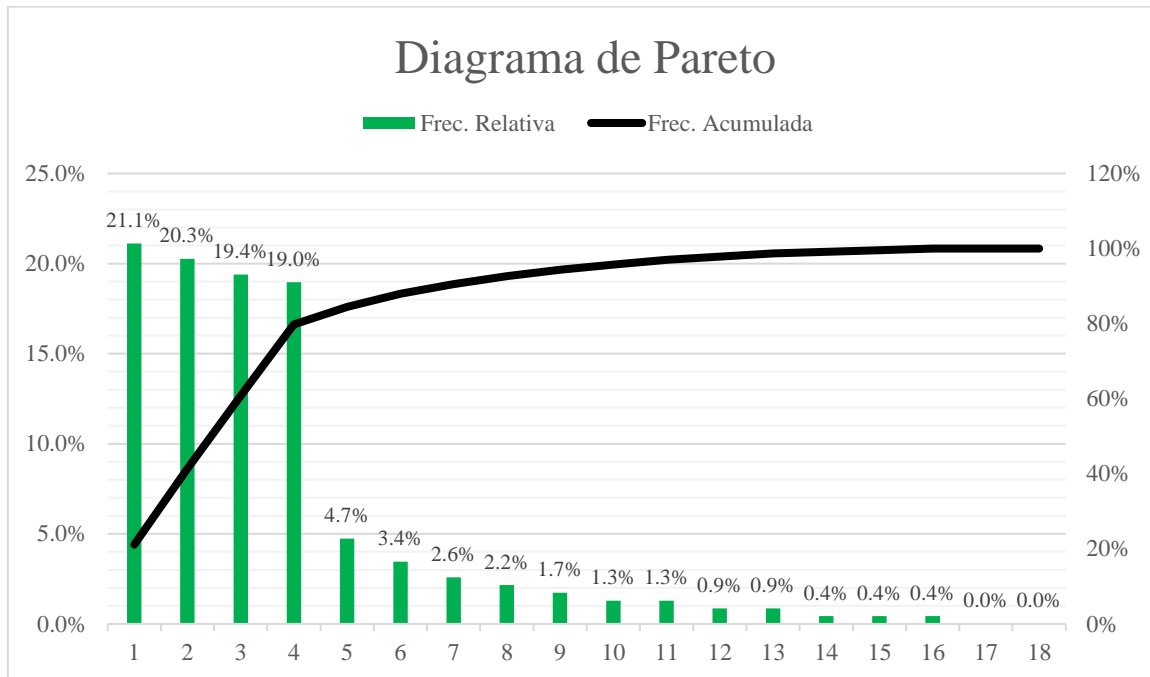
Nº	Descripción de Partida	E1	E2	E3	E4	E5	Punt.	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Falta de una metodología para el mantenimiento	10	10	10	10	9	49	21.1%	21%
2	No se cuenta con formatos y fichas para control de fallas	9	10	10	9	9	47	20.3%	41%
3	Ausencia de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento	8	10	8	10	9	45	19.4%	61%
4	No se cuenta con procesos estandarizados	9	8	10	8	9	44	19.0%	80%
5	Trabajadores y operarios con baja capacitación	2	2	2	4	1	11	4.7%	84%
6	No se ha registrado información histórica de los ascensores	2	2	2	1	1	8	3.4%	88%
7	Desorden en la sección de mantenimiento	1	2	1	1	1	6	2.6%	91%
8	Falta de insumos necesarios para el mantenimiento	1	1	2	0	1	5	2.2%	93%
9	Alta acumulación de desperdicios y materiales innecesarios	0	2	1	0	1	4	1.7%	94%
10	Deficiente sistema de control de operaciones	1	0	1	1	0	3	1.3%	96%
11	No se cuenta con manuales para la operación de ascensores	0	0	1	1	1	3	1.3%	97%
12	Retrasos en la entrega de repuestos por parte del proveedor	1	0	1	0	0	2	0.9%	98%
13	Mala distribución del espacio	0	0	1	0	1	2	0.9%	99%
14	Instrumentos de medición antiguos	0	0	0	1	0	1	0.4%	99%
15	Insumos de mala calidad	0	0	0	0	1	1	0.4%	100%
16	Alta rotación de personal	0	0	0	0	1	1	0.4%	100%
17	Inadecuado uso de las herramientas	0	0	0	0	0	0	0.0%	100%
18	Bajo nivel de compromiso por la calidad	0	0	0	0	0	0	0.0%	100%
TOTAL							232	100%	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 1, se observa que las primeras cuatro causas tienen una puntuación mayor a 40, lo cual significa que explican muy bien el problema principal. Estas se refieren a una falta de metodología para el mantenimiento, la ausencia de formatos y fichas para el control de fallas, la falta de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento y la privación de instrumentos estandarizados. Asimismo, se observa que el impacto de las causas que le siguen a estas cuatro va disminuyendo con puntuaciones que van desde el 11 hasta 0.

Figura 4

Diagrama de Pareto

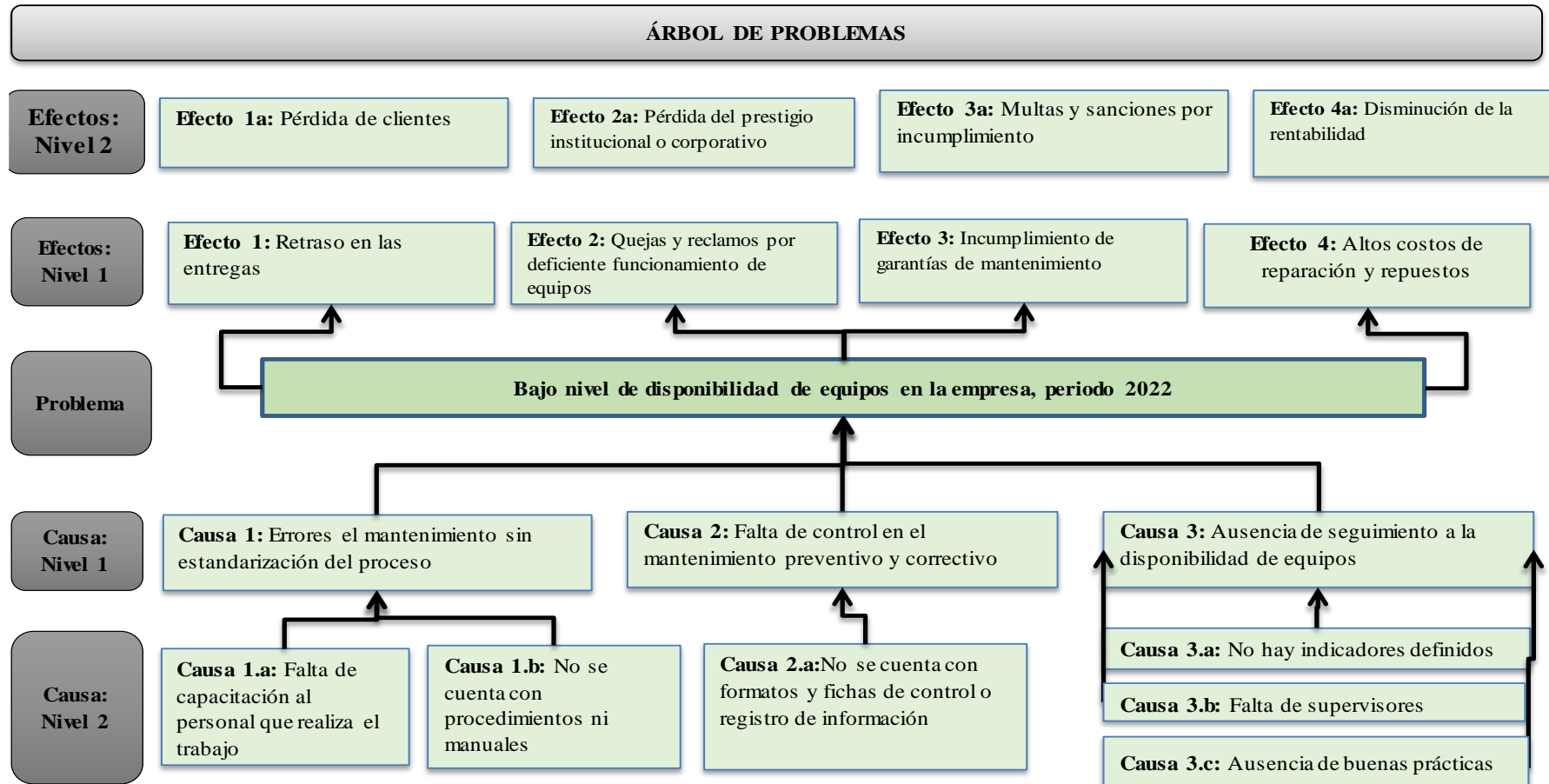


Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Diagrama de Pareto que se dibuja a partir de dos escalas, una de frecuencias relativas y la otra de frecuencias acumuladas; se observa que las barras y la línea de porcentajes tienen el último punto de corte en la cuarta barra, lo cual quiere decir que las cuatro primeras barras (falta de metodología para el mantenimiento, ausencia de formatos y fichas para el control de fallas, falta de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento y privación de instrumentos estandarizados) tienen un impacto significativo para explicar el problema de la baja disponibilidad de ascensores. Cabe decir que el análisis sobre este Diagrama de Pareto nos permitió confirmar el principio 80/20, el cual pretende explicar con un bajo porcentaje, gran parte del problema.

Figura 5

Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

De manera complementaria, con el árbol de problemas se pretendió explicar la misma problemática según sus causas y efectos. Sobre las causas que refieren a la baja disponibilidad de ascensores se menciona los errores en el mantenimiento por una falta de estandarización de los procesos, lo cual se da por la falta de personal capacitado que ejecute las actividades y la ausencia de procedimientos y manuales. Asimismo, se encontró la falta de control en el mantenimiento preventivo y correctivo que se presenta por una falta de formatos y fichas de control para el registro de la información. En cuanto a la falta de seguimiento a la disponibilidad de los ascensores, se explica por una falta de indicadores definidos, una carencia de supervisores y una ausencia de buenas prácticas.

Respecto a los efectos que trae consigo esta problemática se encuentra el retraso en las entregas, lo cual ocasiona una pérdida de clientes. Por otro lado, aparecen las quejas y reclamos debido a un deficiente funcionamiento de los ascensores, arrastrando consigo una pérdida de prestigio institucional. Asimismo, el problema principal ocasiona un incumplimiento de garantías de mantenimiento, lo que desemboca en multas y sanciones por incumplimiento. Cabe agregar los altos costos de reparación y repuestos que hacen que disminuya la rentabilidad de la empresa.

Tabla 3

Matriz de cinco porqués

Problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado del análisis
Deficiente nivel de disponibilidad	Falta de una metodología para el mantenimiento	Desconocimiento de herramientas				Aplicación de una metodología
		Falta de compromiso	Poco interés por la gestión del mantenimiento	No se conocen los beneficios de la adecuada gestión	No se realizan reuniones de información de desempeño	Programación de reuniones para supervisión y gestión
	No se cuenta con formatos y fichas para control de fallas	No se cuenta con personal especializado	Bajo nivel de tecnificación de la mano de obra	Ausencia de instructivos, manuales y procesos	Bajo presupuesto para formación del talento	Mejor gestión de los recursos
		Procesos no identificados	Falta de compromiso	Poco conocimiento del tema	Se requiere de un sistema de control en indicadores	Crear indicadores de desempeño
	Ausencia de indicadores de fallas y gestión de mantenimiento	Falta de auditorías	No se conocen herramientas de control	Bajo nivel de capacitación		Se requiere capacitaciones
		Poco control del registro	No se cuenta con programa de registro	Personal sobrecargado con trabajo	Falta de planificación en el trabajo	Sistema de auditorías internas
	No se cuenta con procesos estandarizados	Métodos no apropiados	Gestión de forma empírica	No se conocen herramientas	No se cuenta con diagramas de procesos	Estandarización de procesos
		Deficiente control	Los jefes no cuentan con tiempo para supervisar	Ausencia de automatización del trabajo		Diseño de formatos y registros

Fuente: Elaboración propia

A través de la matriz de cinco porqués se encuentra una falta de metodología para el mantenimiento, que se debe tanto a un desconocimiento de las herramientas y a una falta de compromiso, esto último debido al poco interés sobre la gestión de mantenimiento que ocurre por un desconocimiento sobre los beneficios que trae consigo una adecuada gestión, lo cual se da por la falta de reuniones para evaluar el desempeño. En cuanto al análisis de ambas explicaciones se propone la aplicación de una metodología en los procesos y una programación de reuniones con el fin de poder gestionar y supervisar.

Asimismo, se encontró una ausencia de formatos y fichas para el control de fallas, lo cual se debe a que no se cuenta con personal especializado debido a un escaso nivel de tecnificación de la mano de obra, lo que se evidencia por una ausencia de instructivos y procesos debido a una falta de presupuesto que permita la formación del talento. De acuerdo con eso, se propuso una mejora en la gestión de los recursos. Otra razón es los procesos no identificados que sucede por una falta de compromiso ya que no se tiene mucho conocimiento sobre el tema, lo cual se da por la ausencia de un sistema de control de indicadores. Frente a esto, se propone la creación de indicadores de desempeño.

Con respecto a la ausencia de una gestión en mantenimiento e indicadores de fallas se explicó a través de la falta de auditorías, lo cual se da por un desconocimiento de las herramientas de control y se debe a un bajo nivel de capacitación, razón por la cual se propuso la necesidad de implementar capacitaciones. Por otro lado, esta ausencia también se explica por el bajo control del registro debido a que no se cuenta con programas de registros ya que existe un personal sobrecargado por una falta de planificación laboral. De acuerdo con esto se propone una estandarización de un sistema de auditorías internas.

Por último, no se cuenta con procesos estandarizados debido a que se usan métodos poco apropiados, ya que existe una gestión empírica por una falta de conocimiento en las herramientas que se debe a una ausencia de diagramas de procesos, por lo cual se propone la estandarización de los procesos. A su vez, se explica por un deficiente control sobre los procesos que se debe a una escasez de tiempo por parte de los jefes que tiene su razón en la ausencia de automatización del trabajo, por lo cual se propone un diseño de formatos y registros.

1.3. Formulación de problemas

1.3.1. Problema general

¿En qué medida la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación inicial de la disponibilidad de ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022?
- ¿Cuáles son las medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022?
- ¿Cuál es la situación final de la disponibilidad de ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022?
- ¿Cuál es la viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

En palabras de Silvestre y Huamán (2019) “se sustenta en que los resultados de la investigación podrían generalizarse e incorporarse al conocimiento científico y además servirán para llenar vacíos cognoscitivos existentes o refutar resultados de otras investigaciones o ampliar un modelo teórico” (p.172). En otras palabras, tener más información sobre las herramientas y métodos que se usarán en la presente investigación, ampliará a un más el bagaje de conocimiento con información actualizada que se recoja de diferentes fuentes recientes. Asimismo, los resultados que se recojan sean refutados o no, contribuirán a investigaciones similares a tener una referencia sobre lo que puede funcionar o no.

1.4.2. Justificación práctica

De acuerdo con Valderrama (2019) “la justificación práctica, se responde a la pregunta: ¿el resultado de la investigación ayudará a solucionar los problemas de una empresa? De igual manera, responde a la pregunta: ¿el resultado de la investigación será una solución (..) que permitirá mejorar la situación actual?” (p.141). A partir de ello, es posible mencionar que esta investigación tiene el objetivo de darle una solución a un problema que en este caso es la baja disponibilidad de las maquinas. De acuerdo con esto, los resultados que brinde esta investigación que tiene un impacto a nivel industrial, no solo generará una mejorara para esta empresa sino también, dependiendo de la significancia de sus resultados, se podrá extrapolar dicha solución a otras organizaciones que padezcan de los mismos problemas.

1.4.3. Justificación metodológica

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) ello se aplica cuando “se indica que el uso de determinadas técnicas e instrumentos de investigación pueden servir para otras investigaciones futuras. Puede tratarse de técnicas o instrumentos novedosos como cuestionarios, test, pruebas ... que el investigador considere que puedan utilizarse en investigaciones similares” (p.221). En este sentido, se comenta que el uso de un método

determinado, en conjunto con sus técnicas e instrumentos, permitirá conocer en qué grado está aportando al hallazgo de los datos. Esto permite también que en futuras proyectos que tomen en cuenta la baja disponibilidad de máquinas se conozca de un método que sea factible y funcione.

1.4.4. Justificación económica

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018) “la viabilidad es un elemento que también se valora y se pondera según el tiempo, los recursos y las capacidades ¿es posible llevar a cabo el estudio? ¿Tengo o tenemos los recursos para hacerlo?” (p.396). La presente investigación que pretende mejorar la disponibilidad de los ascensores para así mejorar los tiempos de producción de las máquinas permitirá que haya una mejora en la rentabilidad que se ha venido viendo afectada. A su vez, esta mejora se ve asociada a un menor gasto en insumos y a un menor tiempo al mantenimiento de las máquinas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar cuál es la situación inicial de la disponibilidad de ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.
- Determinar cuáles son las medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.
- Determinar cuál es la situación final de la disponibilidad de ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.
- Determinar cuál es la viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

1.6.Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Existe un nivel inicial bajo de la disponibilidad de ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022
- Se evidencian medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022
- El nivel final de la disponibilidad de ascensores es adecuado en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022
- Existe una viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Trabajos previos

2.1.1. Trabajos previos internacionales

De acuerdo Nabizadeh et al. (2019) en “Reliability and Maintainability Analysis of Material Handling Machinery in Golegozar Mine No. 1” el objetivo principal fue incrementar la disponibilidad a través de la implementación de la metodología RCM en vehículos de una empresa minera; en este sentido, fue necesario evaluar los indicadores de tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparaciones. La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel descriptivo – explicativo y de diseño experimental. Las máquinas de carga y transporte son de las más importantes unidades operativas en minas a cielo abierto, que su el fracaso puede conducir a la reducción de la producción y la rentabilidad de minas; por lo tanto, es muy importante hacer una confiabilidad y análisis de mantenibilidad de las máquinas mineras con el fin de tomar una mejor decisión con respecto a la operación y mantenimiento de máquinas, así como control de producción en mina. Los resultados indican que luego de la implementación de cambios el tiempo medio para reparaciones (MTTR) fue 8.8 horas; asimismo, el tiempo medio entre fallas (MTBF) corresponde a 27.4 horas.

De acuerdo con Soto (2018), en su estudio denominado “Propuesta de implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), de los activos críticos de la unidad N° 1 de la Central Térmica El Descanso”, elaborado para alcanzar el grado de magister en Gestión de mantenimiento por la Universidad del Azuay, Ecuador, se plantea como objetivo principal desarrollar una propuesta basada en el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), la misma que se orienta a mejorar los activos críticos de la organización. La investigación se desarrolló considerando una metodología de diseño no experimental, del tipo cuantitativo y de alcance correlacional; a su vez, se elaboró la matriz de criticidad de los activos críticos y se estableció la falla funcional, el modo de falla y el efecto de falla de cada operación, con lo que se determinaron tareas específicas a realizar. Por último, los resultados del estudio muestran que la aplicación del plan RCM permitirá mejorar la eficiencia de los activos en un 6.3%, y con ello la disponibilidad de los ascensores.

A su vez, Mancilla (2017) en su investigación titulada “Propuesta de plan de mantenimiento a elevadores de columna hidráulicos” como requisito para alcanzar el título técnico universitario de Mantenimiento Industrial por la Universidad Técnica Federico Santa María, se tiene como objetivo principal la creación de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los elevadores; para ello, el estudio se desarrolló sobre una metodología de diseño no experimental, del tipo cuantitativo y de alcance descriptivo. Para la elaboración del plan de mantenimiento se consideró el análisis vibratorio de los elevadores, de manera que el plan se basó en las características de los ascensores para establecer las actividades de control y seguimiento, así como su periodicidad; asimismo, mantener el estado óptimo de los elevadores incrementa su disponibilidad y la eficiencia.

Por su parte, Cordoba y Montejo (2017) en su investigación titulada “Elaboración de un Plan de Confiabilidad (RCM) para la empresa Citriexpinal S.AS.” elaborada para optar por el título profesional de Ingeniería Mecánica. El estudio en mención se propone como objetivo la elaboración de un plan RCM aplicado a los activos de la empresa Citriexpinal S.A.S. de la ciudad de Bogotá, Colombia; para lo cual se utilizó una metodología de diseño no experimental, del tipo cuantitativo y de alcance descriptivo. A su vez, se utilizó la encuesta como técnica principal para la recolección de información entre los trabajadores de la empresa y, tras el análisis de criticidad y la elaboración de fichas y cronogramas de aplicación, se desarrolla el plan RCM considerando sus fundamentos teóricos. Entre los resultados del estudio se tiene que, debido a que varios activos presentan fallas de manera frecuente, se debe implantar un conjunto de tareas orientadas a monitorear los activos de la empresa de manera programada con la finalidad de evitar la aparición de fallos; con ello, se garantiza un incremento en la confiabilidad y disponibilidad de los activos ya que se trabaja en las fallas más representativas y se evita la aparición de nuevas fallas. Asimismo, se resalta que el uso de un software es importante para lograr la sistematización de la información y disponer de ella en tiempo real.

También, Zavala (2017) en su investigación titulada “Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo electrógeno FG-WILSON P-300”, elaborada para optar por el grado de magister en Gestión de Mantenimiento Industrial por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, se determinó como objetivo general aplicar

los criterios RCM en el equipo eléctrico mencionado. El estudio se desarrolló a partir de una metodología de diseño no experimental, del tipo cuantitativo transversal y de alcance correlacional; además, se siguió la secuencia de implantación RCM, considerando la conformación de grupos, la fase de planeamiento y la fase de ejecución; también, se analizó el comportamiento de generación del equipo. Entre los resultados se obtuvo que el equipo opera por encima de la capacidad óptima, por lo que la aplicación del RCM permite reducir los costos por mantenimiento correctivo en 32%; asimismo, la tasa de fallos pasó de 0.023 a 0.015, experimentando una reducción del 36%.

2.1.2. Trabajos previos nacionales

Análogamente, en los siguientes párrafos se describen los estudios elaborados en el ámbito nacional que analizan las variables de RCM y la disponibilidad de los ascensores; tal es el caso del estudio elaborado por Medrano (2020), denominado “Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los Scooptram LH307 en una minera subterránea, Huaraz 2019” realizado para optar por el título profesional de Ingeniería Industrial por la Universidad Cesar Vallejo, Lima. Dicho estudio se elaboró sobre una metodología de diseño no experimental, de finalidad aplicada y de nivel explicativo, tomando como población a 6 ascensores de la empresa y definiendo la muestra mediante muestreo no probabilístico. Los resultados arrojan que la aplicación del RCM permite que la disponibilidad de los ascensores ascienda de un promedio de 84.7 a 96.9 con un nivel de confianza del 95%; a su vez, el MTBF pasó de 55 a 133.4 con un nivel de confianza de 95%; mientras que, el MTTR se redujo de 9.6 a 4.2 con el mismo nivel de confianza. Por último, se determina un valor VAN de \$77,131 y un TIR de 94.8%, por lo que se considera que la implementación del RCM es rentable económicamente.

Por su parte, Cubillas (2020) en su estudio titulado “Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y los efectos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas, en la empresa Italsolder S.A.C.” como requisito para la obtención del título profesional de Ingeniería Industrial por la Universidad Privada del Norte, Lima; donde se plantea como objetivo general determinar cómo mejora la disponibilidad de los ascensores cuando se implementa la metodología RCM. El estudio se desarrolla sobre una metodología de diseño no experimental, del tipo aplicada y de carácter correlacional; además, se realiza

un análisis de criticidad de la maquinaria y se aplican los criterios dados por la metodología RCM. Luego, en los resultados se obtuvo que el tiempo medio de reparación pasó de 20.7 a 15.3 horas en la primera maquinaria, y de 15 a 11.5 horas en la segunda maquinaria; a su vez, el número de fallas en promedio para la primera maquinaria se redujo de 17 a 3 horas, y en la segunda maquinaria se pasó de 15 a 4 horas; por último, la disponibilidad de la primera maquinaria ascendió de 86.4% a 96.8%; mientras que, en la segunda, la disponibilidad pasó de 88.4% a 96.9%.

Análogamente, Lujan (2020) en su investigación titulada “Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y sus efectos en la disponibilidad de máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú SAC” elaborada para alcanzar el título profesional de Ingeniería Industrial por la Universidad Privada del Norte, Lima, donde se plantea como objetivo general determinar los efectos de la metodología RCM en la disponibilidad de los ascensores de la empresa en mención. Para ello, el estudio se desarrolló considerando una metodología de diseño no experimental, de tipo aplicada y de alcance correlacional; asimismo, se utilizó la ficha de observación y reportes como principales instrumentos de investigación. Entre los resultados se tiene que, luego de la aplicación del RCM, el tiempo promedio de reparación se redujo de 71.8 a 31 horas; mientras que, el número de fallas en promedio pasó de 7.64 a 5.5 horas; a su vez, la disponibilidad de los ascensores pasó de 84.4% a 94.1%, por lo que se concluye que la metodología RCM tiene efectos positivos en la disponibilidad de los activos.

Luego, Pulache (2019) en su investigación titulada “Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los ascensores del sistema de riego de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. – Chulucanas”, elaborada para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial por la Universidad César Vallejo, Piura; se determinó como objetivo general elaborar un plan RCM que mejore la disponibilidad de los ascensores de la empresa agroindustrial. El estudio se desarrolló sobre una metodología de diseño no experimental, del tipo cuantitativo y de alcance correlacional; a su vez, se señala que la disponibilidad es medida a través del tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio de reparación. Entre los resultados se obtuvo que el plan RCM es capaz de incrementar el tiempo medio entre fallas de 89.75 a 263.05; a su vez, el tiempo medio de reparación pasó de 7.97 a 6.97; mientras que, la disponibilidad experimenta un incremento

del 25%. Asimismo, se confirma que la hipótesis que sostiene que el plan RCM mejora la confiabilidad de los ascensores; ello mediante la prueba T-Student, la cual arroja un valor estadístico de 0.026, menor al nivel de significancia 0.05.

Además, Nuñez (2016) en su estudio titulado “RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa Aruntani SAC - Unidad Tukari”, elaborado para alcanzar el título profesional de Ingeniería Mecánica por la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, el cual plantea como objetivo general aplicar la metodología RCM en los tractores Caterpillar D8T para incrementar su disponibilidad; para ello, la investigación se desarrolló sobre una metodología de diseño no experimental, del tipo aplicada y de alcance correlacional; además, se consideró como población a 4 ascensores y se utilizó un muestreo poblacional. El estudio fue dirigido siguiendo las etapas del RCM y se aplicó el diagrama de Pareto, análisis de fallos y efectos, y el análisis de criticidad a los ascensores, siendo que los resultados de la investigación arrojaron que la disponibilidad se incrementó de 83.5% a 94%; asimismo, mediante prueba T-student se corroboró que la hipótesis era verdadera, ya que arrojó un valor de 0.0 menor al nivel de significancia (0.05).

2.2. Bases teóricas

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

Definición del RCM

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, conocido como RCM por sus siglas en inglés, es definido por Casas (2019) como un proceso valido para establecer las actividades optimas de mantenimiento en los ascensores que operan bajo un sistema complejo, por lo que se realiza una gestión efectiva de los riesgos de falla en los ascensores y se fortalece el proceso productivo. Esta técnica se basa en el análisis de las funciones de los ascensores para determinar sus modos de fallo, efectos y consecuencias; y con ello se planean las acciones que resulten económicamente viables. A su vez, se considera que el RCM es un proceso capaz de definir las acciones que se orientan a mantener un determinado nivel operacional de un equipo o maquinaria en un contexto específico.

Velasco, Sánchez y Peral (2016) añaden que el RCM apunta a incrementar la confiabilidad de los elementos que conforman un sistema o equipo, siguiendo un plan de mantenimiento que considere el análisis de criticidad; en otras palabras, el uso del RCM aporta mejoras al plan de mantenimiento de todo sistema o equipo, con lo cual se generan ahorros por costos de mantenimiento y se evitan los riesgos de paro de la maquinaria, pues opera eficientemente y los sistemas de seguridad se encuentran preparados para responder a cualquier eventualidad. Además, los autores resaltan que para cumplir los objetivos de un plan RCM se debe procurar contar con información real y certera; caso contrario, el análisis se aleja de los aspectos más críticos e impide que se logre un plan de mantenimiento óptimo. Otro aspecto importante del RCM es que su desarrollo exige un estricto cumplimiento de la norma, por lo que se garantiza un incremento de la calidad.

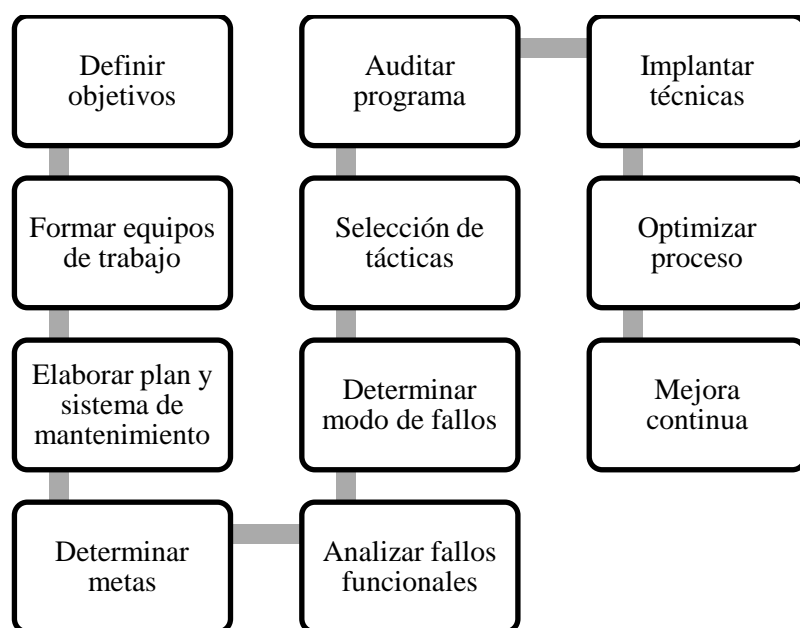
A su vez, González y Fuentes (2019) afirman que el RCM se implementa mediante un conjunto de labores bien definidas y ordenadas de manera lógica; para ello, deben visualizarse las metas de la empresa, de manera que las actividades del RCM se orienten a aportar a su cumplimiento. A su vez, se deben definir los parámetros a analizar, pues estos pueden ser costos, disponibilidad, calidad, servicio, etc.; luego, se realiza el análisis de

efectos y modos de fallo y se determinan las acciones que permitan que el equipo mantenga el nivel de operatividad deseado; en ocasiones, el análisis concluye que el equipo deberá operar hasta que se presente un fallo, manteniendo un equipo alternativo esperando para su sustitución. Esta metodología de mantenimiento se origina en la década de 1980, específicamente al interior de la industria aeronáutica, y fue de gran utilidad para disminuir el número de elementos revisados en las naves; posteriormente, la metodología se fue expandiendo a la industria militar, energética, ferroviaria, entre otros.

Adicionalmente, se mencionan que la implementación del RCM se inicia con la definición de objetivos de la empresa y con la conformación de grupos de trabajo; luego, dichos ascensores se encargarán de elaborar un programa e identificar las prioridades; una vez realizado ello, se determinan las metas del plan considerando los objetivos de la empresa; seguidamente, se desarrolla el análisis de fallos, modos de fallo, causas y efectos. Con la información obtenida se eligen las actividades de mantenimiento más eficaces y viables; así, se obtiene un programa de mantenimiento, el cual deberá pasar por un proceso de auditoría antes de que se ejecuten sus actividades; finalmente, luego de la aplicación del programa se llevan a cabo labores de mejora continua para obtener un resultado óptimo a lo largo del tiempo.

Figura 6

Implementación de la metodología RCM



Fuente: González y Fuentes (2019)

En la figura anterior se muestra la secuencia que se sigue para aplicar la metodología RCM; se inicia con la definición de objetivos y la conformación de ascensores de trabajo, los mismos que se encargaran de elaborar el plan de mantenimiento, determinar metas, analizar fallos funcionales, determinar los modos de fallo y seleccionar las labores a ejecutar; luego, se realiza la auditoria al programa con el objetivo de identificar las deficiencias; seguidamente, se implementan las técnicas elegidas para optimizar el proceso y se repite el proceso de mejora continua.

Además, para Espinosa et al. (2020) el proceso de implementación del RCM se ejecuta siguiendo fases específicas y se aplica a todos los elementos que componen el equipo o sistema; por tanto, se identifican los ascensores a trabajar y se evalúa el nivel de criticidad de los fallos que presenten; luego, se diseñan las actividades de prevención o corrección que eviten los efectos de cada fallo. El costo total de las actividades de mantenimiento deberá ser considerado en base a la importancia de mantener los ascensores en operación.

En González y Fuentes (2019) se establecen algunos puntos débiles y puntos fuertes de la metodología RCM, haciendo referencia a los ítems que requieren de una labor especializada. En primer lugar, se considera como punto débil al hecho de que para obtener la información se requiere de la experiencia de los trabajadores y que el correcto desarrollo del proceso RCM depende en gran magnitud del liderazgo del personal capacitador; asimismo, la aplicación del RCM con frecuencia resulta un proceso lento y tedioso, por lo que suele desmotivar a sus participantes; además, el uso de tecnología resulta de gran importancia para el procesamiento de información. Por otro lado, se considera que la rigurosidad del RCM es un punto fuerte, ya que brinda seguridad a personas ajenas a la institución; asimismo, permite que los trabajadores se involucren y que se capaciten en temas de seguridad y ambiente; también, el RCM ofrece ventajas al evidenciar las deficiencias secundarias y al generar menores costos a la organización.

Gestión del mantenimiento

En específico, para García (2016) el proceso de mantenimiento es aquel conjunto de actividades orientadas a mantener los sistemas en operación durante el tiempo que se

requiera. Dado que se trata de sistemas creados por el ser humano, estos necesitan de tareas específicas para mantener su nivel de operatividad. Con normalidad, las empresas fabricantes proponen las labores de mantenimiento que se deben cumplir para garantizar un funcionamiento óptimo de sus ascensores; sin embargo, resulta casi imposible evitar que se produzca un fallo en algún momento, y que ello produzca un paro del sistema. Al proceso de mantenimiento que se encarga de mantener el funcionamiento de los ascensores se le conoce como mantenimiento preventivo; mientras que, al proceso de mantenimiento que se plantea como objetivo recuperar el funcionamiento de los ascensores, se le denomina mantenimiento correctivo.

Por otro lado, Espinosa et al. (2020) considera que las labores de mantenimiento son necesarias para lograr el desarrollo, controlar el estado de los ascensores y minimizar los costos; en otras palabras, permite incrementar la vida operativa de los ascensores mediante el aumento de la confiabilidad y disponibilidad del equipo y sus elementos. También, el mantenimiento posee como objetivo central alcanzar el máximo nivel de efectividad en las operaciones que conforman el proceso productivo, teniendo en cuenta el medio ambiente, la seguridad y los costos. Con ello, el RCM se presenta como una metodología de mantenimiento que se aplica a los componentes que se determinen como críticos; mientras que, a los componentes no críticos se les realiza mantenimiento solo cuando el fallo se presenta. Esta metodología considera los efectos ambientales de las fallas que se producen, así como los costos que produce la presencia de dichas fallas; así, la metodología impacta positivamente en la confiabilidad de los ascensores mediante la utilización de técnicas participativas. Por tanto, el mantenimiento trata del conjunto de acciones orientadas a mantener los ascensores en funcionamiento durante la mayor cantidad de tiempo.

Por su parte, Gareca, Antequera y Tolabin (2018) señalan que el mantenimiento, a lo largo de los años, ha evolucionado de su concepción correctiva a una concepción preventiva; es decir, se ha vuelto más importante mantener los ascensores funcionando, que repararlos constantemente. La relación entre el mantenimiento y la calidad de los bienes producidos resulta evidente, ya que el mantenimiento genera resultados óptimos en el funcionamiento del sistema productivo y sus ascensores, incrementando la disponibilidad y confiabilidad. Por tanto, el mantenimiento es concebido como una oportunidad para lograr mejores resultados en la organización, ya que se consideran variables como riesgo y disponibilidad,

en vez de ejecutar acciones meramente correctivas. Ergo, el RCM aparece como un proceso útil para definir las acciones que garanticen que el equipo o sistema realice sus funciones bajo los parámetros establecidos; para ello, se identifican las fallas, que pueden ser fallas parciales o totales; la primera, se refiere a un activo no cumple la función completa; y la segunda, a cuando un activo deja de funcionar por completo. También, se determinan las causas y efectos de las fallas mediante un análisis riguroso, y con ello, se elaboran las actividades de mantenimiento a desarrollar.

Tabla 4

Ventajas y desventajas del enfoque del mantenimiento

Enfoque	Ventajas	Desventajas
Mantenimiento correctivo	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos • Intervalos largos entre revisiones • Útil para ascensores de corta duración 	<ul style="list-style-type: none"> • Muchas veces resulta ineficiente • No soluciona averías imprevistas • No planificado • Eleva el costo total durante el ciclo de vida
Mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> • Menores costos totales durante el ciclo de vida • Mayor eficiencia y eficacia de las tareas • Eleva los niveles de disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos costos en el corto plazo • Se requiere de mayor uso de mano de obra • Alta frecuencia de revisiones • Apunta a mejoras específicas
Mantenimiento predictivo	<ul style="list-style-type: none"> • Optimiza cronogramas de mantenimiento • Aumenta la eficacia de función • Evita tareas de mantenimiento innecesarias • Incrementa la fiabilidad y disponibilidad • Resultados de forma conjunta 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de gran información • Personal altamente calificado • Depende del uso de la tecnología • Liderazgo sólido para las buenas prácticas

Fuente: Gareca, Antequera y Tolabin (2018)

En la tabla anterior se muestran las ventajas y desventajas del enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad resumidas en un cuadro de doble entrada, considerando al mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. La principal ventaja del mantenimiento correctivo es el largo intervalo de tiempo entre revisiones; por otro lado, su ejecución normalmente resulta ineficiente y eleva el costo total del equipo durante su tiempo de vida; a su vez, el mantenimiento preventivo permite reducir los costos durante el tiempo de vida del equipo y eleva los niveles de disponibilidad; sin embargo, genera costos altos en el corto plazo y necesita de revisiones frecuentes; asimismo, el mantenimiento predictivo logra optimizar los cronogramas de mantenimiento, evita las tareas innecesarias y presenta

resultados en forma conjunta; aunque su aplicación necesita de gran cantidad de información, de personal altamente calificado y de la implementación de tecnología.

De manera complementaria, en García (2016) se señala que el mantenimiento es necesario ya que todos los ascensores sufren daños irreversibles a lo largo de su vida operativa, ya sea por corrosión, sobrecalentamiento, fractura, etc. También, dado que los ascensores se encuentran en constante interacción, sufren constantes variaciones físicas que impactan en las características de sus operaciones; de manera que, cuando dichas características se alejan de lo preestablecido, se les considera como fallo. Cuando el fallo se produce, el equipo pierde su capacidad de operar, por lo que se requiere de un conjunto de actividades específicas que permitan mantener su funcionamiento mediante tareas preventivas y correctivas; es así que, al conjunto de actividades de mantenimiento y su implementación, se le conoce como proceso de mantenimiento; mientras que, la principal herramienta de gestión es el plan de mantenimiento. Además, los costos que genera el mantenimiento de los ascensores deben ser considerados como un uso de recursos que permiten optimizar el objeto y reducir los costos por reemplazo; ello en vez de representar un costo provocado por la utilización de los ascensores; asimismo, a medida que se eleva la complejidad del sistema, se requerirá de sistemas informáticos especializados para registrar y controlar los procedimientos que se realicen como parte del mantenimiento.

Revisión del sistema

Además, en González y Fuentes (2019) se comenta que el proceso de revisión con base en RCM se realiza de manera grupal, por lo que se debe definir previamente la dinámica de las reuniones y el programa modelo que tome como ejemplo un equipo o sistema importante para la empresa. Es de resaltar que cuando se trate de un equipo con graves problemas, el proceso será complejo, pero existe una gran oportunidad de éxito si se cumplen los parámetros establecidos por la metodología; por ende, se deberán definir las metas a lograr que coincidan con los objetivos de la empresa y se realizará el análisis de modo de fallo, causas y efectos, de manera que se determinen las labores de mantenimiento más eficaces. Seguidamente, se lleva a cabo el proceso de auditoría, el mismo que puede ser asignado a una entidad privada con el propósito de realizar un análisis riguroso.

En ese sentido, para García (2016) el RCM entra a tallar como un método para decidir las labores de mantenimiento óptimas para resolver el fallo, donde se utilizan procedimientos y diagramas útiles para determinar los modos de fallo, así como sus causas y efectos; a su vez, las tareas de mantenimiento deberán poseer una determinada periodicidad y una codificación única. Además, mientras más complejo sean los sistemas, se requerirá de información de más amplia y certera, por lo que, en ocasiones, se deberá recurrir a los fabricantes del sistema para obtener información fidedigna. Una vez que el RCM arroja un primer listado de actividades de mantenimiento, se somete a una evaluación final antes de ser implementado y se corrigen los errores no percibidos.

Además, Escaño, Nuevo y Garcia (2019) resalta que el correcto funcionamiento de una estación industrial depende del buen desempeño de cada uno de los componentes mecánicos, eléctricos, instrumentales, entre otros; para lograr ello es necesario contar con un cronograma de limpieza y disponer de un software que se encargue de registrar, ordenar y controlar las labores de mantenimiento. Asimismo, el tiempo utilizado para la reparación debe ser controlado por el personal responsable del mantenimiento, así como los costos en los que se incurre para dar solución al incidente; con lo cual las actividades de mantenimiento permiten alcanzar un óptimo funcionamiento de la empresa.

A su vez, en Escaño, Nuevo y Garcia (2019) se define al mantenimiento correctivo como aquel proceso que se lleva a cabo cuando se produce el desperfecto; por tanto, una vez que se presenta el desperfecto, se analiza su impacto en la producción y se determina si necesita de una reparación inmediata o puede esperar hasta detener el proceso completo. El mantenimiento correctivo es considerado un método de reacción, pues solo se aplica para afrontar un problema que no había sido considerado; es decir, la intervención solo se realiza en el momento en el cual el equipo o sistema muestra un fallo. Este tipo de mantenimiento no es recomendable para los componentes que formen parte de un equipo importante dentro de la industria, dado que provocaría un inminente paro de la producción. A su vez, contar con información histórica de la empresa respecto a las labores de mantenimiento permite elaborar un plan de mantenimiento óptimo; mientras que, incorporar a los trabajadores de la empresa en las labores de mantenimiento optimiza los resultados, pues estos poseen experiencia sobre el uso y cuidado de los ascensores de la organización.

Por otro lado, para Escaño, Nuevo y Garcia (2019) el mantenimiento preventivo es considerado como el acto real de mantener al equipo funcionando sin desperfectos; a diferencia del mantenimiento correctivo, que centra sus esfuerzos en reparar. Es así que, para evitar el alto costo de reparar y las interrupciones del proceso de producción, se aplica un mantenimiento con labores planificadas conocido como mantenimiento preventivo. El principal objetivo del mantenimiento preventivo se orienta a evitar el deterioro de una máquina, sistema o equipo; por tanto, la ejecución de sus actividades deberá coincidir con los paros planificados del sistema, lo que permite ahorrar costos y garantiza un proceso fluido. Adicionalmente, a diferencia del mantenimiento correctivo, este tipo de mantenimiento no requiere, prioritariamente, de la participación de todos los trabajadores del área, dado que las actividades son planificadas.

Análisis modal de fallas y efectos

En González y Fuentes (2019) se menciona que el Análisis de Modo de Fallo y sus Efectos, conocido como AMEF, como un proceso sistemático y cualitativo encargado de analizar, a profundidad, la confiabilidad de los ascensores o maquinarias. El AMEF opera identificando el componente que se encuentra presto a averiarse; también, da razón del modo de falla principal y de los efectos que producirá tanto en la cadena productiva como en la labor administrativa de las áreas involucradas; luego, cuantifica las probabilidades de fallo y en base a eso se determinan las labores de mantenimiento a realizar. Hasta aquí, el análisis AMEF se asemeja al RCM; sin embargo, el AMEF no considera la posibilidad de que los fallos se produzcan de manera simultánea, lo cual puede generar que se detenga el proceso productivo, y tampoco considera los modos de fallo que desgastan el sistema o equipo. Por tanto, el AMEF es considerado como una metodología que elabora estrategias y planes de mantenimiento para afrontar las averías reales que presentan los ascensores.

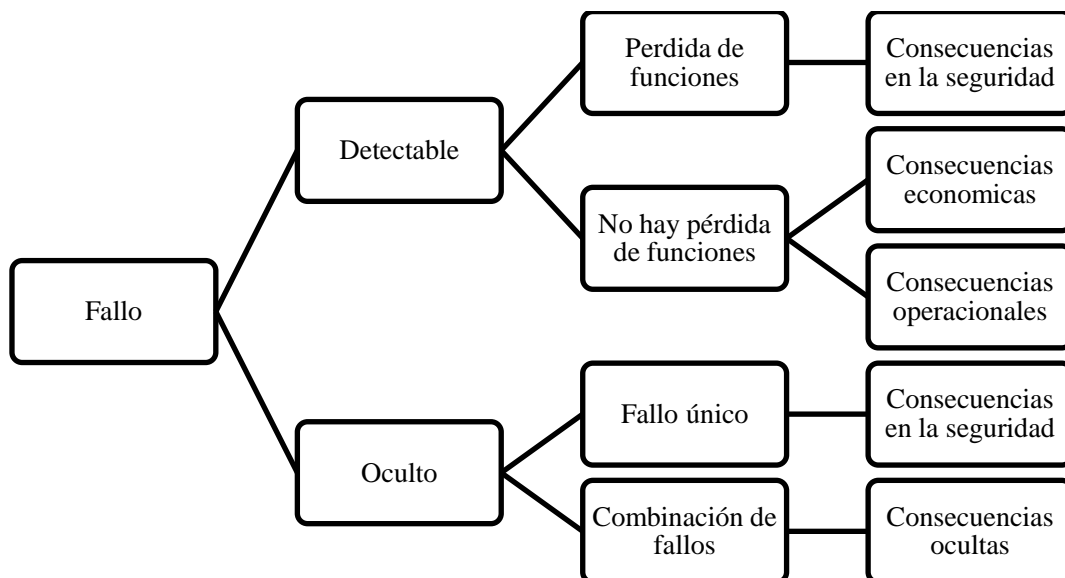
En Arteaga y Gorozabel (2021) se afirma que el mantenimiento ha experimentado una evolución considerable durante los últimos años, debido a los nuevos métodos y a la complejidad de las técnicas utilizadas; es así que, para lograr que un sistema funcione en el momento necesario se deben elaborar un conjunto de estrategias y tareas que se encarguen de mejorar la disponibilidad mediante la reducción de fallos. A su vez, el RCM se centra en lograr que el activo realice las funciones para las que fue diseñado; es decir, se orienta a

alcanzar la mayor confiabilidad del activo, considerando a la confiabilidad como la probabilidad de que el equipo no presente fallos durante su uso. Otro aspecto importante del RCM es que considera los efectos de los fallos de los ascensores en el medio ambiente, la seguridad y la producción. Por otro lado, para cuantificar la confiabilidad se necesita que los fallos se encuentren codificados y sistematizados, para lo que resulta útil el Análisis de Modo y Efecto de Falla, conocido como AMEF, y el uso de un software especializado.

Seguidamente, García (2016) define la fiabilidad como un aspecto que debe estar presente en todo sistema creado por el ser humano, de manera que este cumpla las funciones requeridas en un determinado periodo de tiempo. En otras palabras, la fiabilidad corresponde a la capacidad de un sistema para operar según los estándares requeridos; también, se trata de la capacidad de resistir un fallo en el sistema o de la probabilidad de que un elemento cumpla sus funciones en un tiempo establecido y bajo condiciones determinadas. Con el propósito de cuantificar la fiabilidad, se la define como la probabilidad de que un sistema realice sus funciones con éxito durante un tiempo determinado, siguiendo los parámetros establecidos previamente. A partir de ello, se menciona las decisiones RCM según los efectos del fallo en la siguiente figura

Figura 7

Diagrama de decisión RCM según los efectos del fallo



Fuente: García (2016)

En la figura anterior se observa la clasificación de los fallos según su nivel de detección. La primera parte corresponde a los fallos detectables que pueden ocasionar la pérdida de funciones y traer consecuencias en la seguridad y los fallos que no presentan pérdida de funciones, pero si traen resultados negativos en el aspecto económico o consecuencias operacionales. Por otro lado, los fallos ocultos pueden dividirse en fallos únicos que traen consecuencias en la seguridad del equipo y la combinación de fallos, en tanto que ellos pueden generar consecuencias ocultas dentro del sistema operativo.

Dimensiones

- Confiabilidad del proceso

De acuerdo con Casas (2019) la confiabilidad del proceso se encuentra asociada a la verificación del cumplimiento de los parámetros propuestos dentro del sistema de mantenimiento, lo cual es una fase de gran importancia para mantener los efectos positivos de la implementación de cambios. A partir de ello, la confiabilidad se asocia a los elementos necesarios para que el equipo o sistema desarrolle sus operaciones de forma adecuada con el mejor nivel desempeño; por lo tanto, las supervisiones son un aspecto clave en la metodología. Para el cálculo se presenta la siguiente ecuación.

Ecuación 1 Cálculo de la confiabilidad del proceso (CP)

$$TM = \frac{\textit{Supervisiones del proceso realizadas}}{\textit{Total de supervisiones del proceso programadas}}$$

- Tareas de mantenimiento

Para Linares (2018) las actividades de mantenimiento son de gran importancia para preservar las condiciones de los ascensores, en tanto que se requiere de un sistema articulado y organizado para desarrollar el análisis de fallas y reparación en caso sea necesario. En este sentido, se debe efectuar una programación de las tareas a fin de estandarizar el proceso y orientar los trabajos según la opinión de especialistas; además, se recomienda que dichas tareas cuenten con una programación secuencial con frecuencias desde intervalos en días o

semanas. Para el cálculo del cumplimiento de las tareas de mantenimiento se presenta la siguiente ecuación.

Ecuación 2 Cálculo de las tareas de mantenimiento (TM)

$$TM = \frac{\textit{Tareas de mantenimiento desarrolladas}}{\textit{Total de tareas propuestas}}$$

- Análisis de prioridad de riesgo

Según Gupta y Sri (2016) el número de prioridad de riesgo es un factor de análisis ponderado que calcula la información correspondiente a la frecuencia, severidad y dificultad de detección de las fallas dentro de un equipo o sistema productivo. A partir del análisis modal de fallas y efectos es posible realizar una evaluación profunda de las implicancias de las averías y plantear alternativas de cambio de acuerdo a los datos presentados; cabe resaltar que mientras más alto sea el valor, mayor es la probabilidad de riesgo.

Ecuación 3 Cálculo del análisis de prioridad de riesgo (NPR)

$$NRP = \textit{Frecuencia} * \textit{Severidad} * \textit{Detección}$$

Adicionalmente, en Suárez y Nieto (2021) se menciona que dentro del análisis AMEF existen criterios para evaluar la criticidad del número de prioridad de riesgo, los cuales se han clasificado según la siguiente tabla.

Tabla 5

Criterios para la evaluación de riesgos

NPR	Nivel de riesgo	Decisión	Prioridad de acciones
1-27	Riesgo bajo	Riesgo aceptado (RA)	No es necesario aplicar acciones para reducir el riesgo

28-75	Riesgo medio	Riesgo rechazado (RR)	Recomendable aplicar acciones en el mediano plazo
76-125	Riesgo alto	Riesgo Rechazado (RR)	Es necesario desarrollar acciones en el corto plazo

Fuente: Suárez y Nieto (2021)

Variable dependiente: Disponibilidad

Según García (2016) la disponibilidad es la probabilidad de que un equipo se encuentre funcionando en óptimas condiciones, es decir, es la capacidad de un sistema para mantenerse funcional, dado que una falla en el sistema cancela su funcionalidad, interrumpiendo el proceso. Por otro lado, es necesario diferenciar entre dos estados del sistema o equipo que se complementan; estos son, el estado operativo y el estado no operativo. En la transición de un estado a otro aparecen tres parámetros que componen la disponibilidad; a saber, la fiabilidad, referida a la probabilidad de fallo del sistema o equipo; la mantenibilidad, correspondiente a la probabilidad de mantenimiento en un periodo de tiempo; y la soportabilidad, entendida como la probabilidad de retrasos. Para el cálculo de la disponibilidad se presenta la siguiente ecuación.

Ecuación 4 Cálculo de la disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

Dónde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio para reparaciones

Para Kostrzewski et al. (2020) en la literatura se pueden encontrar varias ecuaciones para evaluar la disponibilidad de agentes (por ejemplo, medios de transporte, maquinas en manufactura o sistema de producción) que participan en un proceso. Estas ecuaciones se basan en los datos disponibles sobre daños a los componentes a lo largo del tiempo y se utilizan para crear un modelo de disponibilidad, que está diseñado para reproducir con la mayor fidelidad posible un proceso operativo de un equipo; sin embargo, cuando se analizan instalaciones hipotéticas, no se conectan datos históricos a fallas en el proceso. Por esta razón, se puede implementar un modelo de simulación para los análisis.

Para Caballero y Clavero (2016) la alta disponibilidad es una propiedad y características de los sistemas automatizados en la producción, en tanto que se requiere de una organización y

administración de los recursos para la gestión de la operatividad. En este sentido, la alta disponibilidad garantiza la continuidad de las actividades bajo un enfoque de productividad y mejora sostenida. Para lograr un incremento de la disponibilidad, los sistemas requieren del cumplimiento de tres aspectos claves.

- Eliminación de puntos de fallo único. La revisión de la operatividad de los ascensores determina la identificación de los mecanismos de fallo, lo cual permite solucionar los problemas a fin de disminuir la causa de las averías; a partir de ello, los puntos de fallo se logran eliminar para mantener el sistema funcionando.
- Fiabilidad de los datos del proceso. Para la mejora de los sistemas es necesario contar con datos confiables dado que en base a ellos se toman decisiones importantes en el enfoque del mantenimiento y la implementación de mejoras.
- Detección de nuevos fallos. El sistema de mantenimiento debe encontrarse preparado para identificar de forma rápida los nuevos tipos de fallos que ocurran y detenga la producción; en este sentido, es necesario un enfoque predictivo para evitar caer en gastos de reparación y que el sistema continúe prestando el servicio.

De acuerdo con Rodríguez et al. (2016) el concepto de disponibilidad representa la continuidad de un servicio o equipo dentro de un sistema de trabajo; en otras palabras, es la probabilidad de encontrar la máquina se encuentre en las condiciones adecuadas para operar en el momento que sea requerido. Adicionalmente, si el sistema cuenta con un valor superior al 90% se considera una buena disponibilidad, en tanto que para lograr cambios significativos es necesario cumplir con el plan de mantenimiento programado, así como las inspecciones y los eventos que puedan prevenir las fallas.

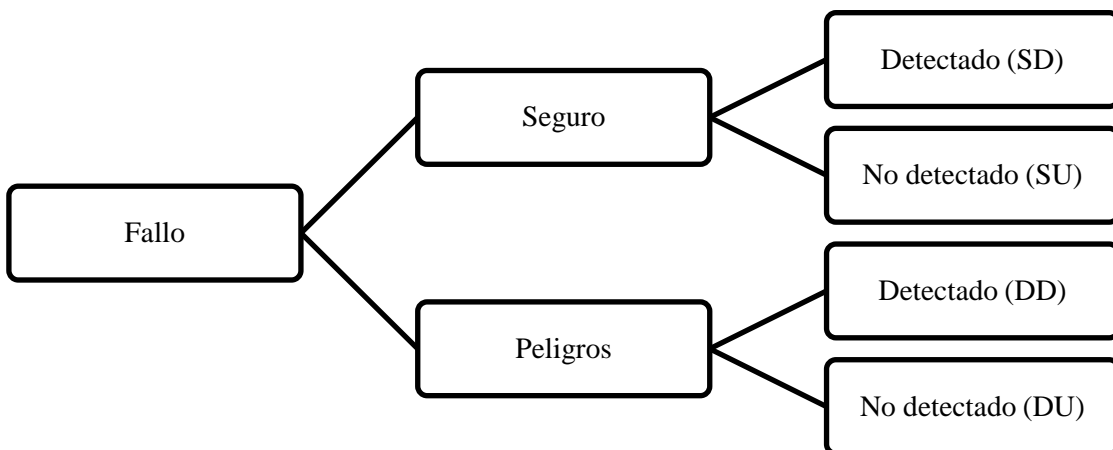
De acuerdo con Kumar et al. (2021) no es posible que ningún sistema sea perfectamente confiable, dado que la creciente complejidad de los ascensores actuales ha centrado la atención en dos aspectos conocidos como mantenibilidad y disponibilidad. El mantenimiento juega un papel muy papel crucial como medida preventiva y correctiva a fin de lograr un continuo y más prolongado de la disponibilidad. Asimismo, mantenibilidad significa la probabilidad de que el sistema reanude su funcionamiento en un determinado

tiempo prescrito después de que se complete la reparación según la condición especificada. La disponibilidad se refiere a la probabilidad de que el sistema está operando en un tiempo determinado, es decir, implica la proporción de tiempo durante el cual el sistema está disponible para un uso que excluye el tiempo de inactividad (cuando está en mantenimiento). La disponibilidad no es un indicador de la cantidad de fallas, sino que depende de las tasas de fallas y reparaciones y se integra tanto confiabilidad como mantenibilidad.

En Fernández (2020) se indica que la disponibilidad es un elemento importante dentro de los sistemas productivos dado que asegura la continuidad de las operaciones en un sistema mediante el uso de herramientas del mantenimiento. En este sentido, la fiabilidad es un concepto que refiere la probabilidad de éxito de funcionamiento durante un intervalo de tiempo determinado, en tanto que la inversa de dicho valor es la probabilidad de falla. A partir de la necesidad de conocer el nivel de disponibilidad del sistema se han creado indicadores importantes que refieren los intervalos de operaciones y mantenimiento, tales como el MTBF y MTTR. Otro aspecto importante es conocer el fallo que pueda ocurrir en el sistema y para ello se presenta la siguiente figura.

Figura 8

Tipos de fallos



Fuente: Fernández (2020)

En la figura anterior se observa que los fallos que afectan la disponibilidad pueden dividirse entre seguros y peligrosos; en tanto que ambos pueden subdividirse entre fallos detectados

y no detectados. Los fallos que más daño pueden ocasionar el sistema operativo son aquellos peligrosos y no detectados puesto que no se conoce el origen de la falla y tampoco se cuenta con un plan de respaldo para gestionar la dificultad.

Según Hanmantrao (2019) en el análisis de la disponibilidad se toma en cuenta la aplicación de un proceso de mantenimiento óptimo para minimizar las averías de ascensores y tiempos de inactividad. Los métodos más comunes suelen utilizar el análisis de confiabilidad y técnicas de gestión de riesgo, como el estudio de peligros y operabilidad, el análisis del árbol de fallas y los modos de falla y análisis de criticidad de efectos; también se utiliza un método de decisión multicriterio, el analítico proceso de red, para clasificar los componentes más críticos.

Para Socconini (2019) el análisis de la disponibilidad implica ir más allá del resultado de indicadores, se debe establecer la evaluación de los pasos dentro del proceso para conocer todo lo que pueda ocurrir, determinar cómo sucederán los fallos y de qué manera se afectará a los agentes de la cadena de operaciones (clientes o empleados), en tanto que una avería es un riesgo para la calidad del producto final. En este sentido, es necesario contar con personal de gran experiencia y altos niveles de conocimiento en la operación y mantenimiento de ascensores, dado que ello garantiza la reducción del margen de error y así es posible preservar los activos fijos de la empresa. En el análisis de los aspectos que ocasionan la disminución de la disponibilidad se deben determinar los errores potenciales para la ocurrencia; a partir de ello, se realiza una descripción detallada de la raíz del problema para comprender la mecánica del fallo.

De acuerdo con Ribeiro et al. (2019) en los últimos años la industria ha experimentado cambios importantes, los cuales tienen su origen en el proceso competitivo que lleva a los fabricantes a diversificar sus productos para crear nuevos mercados. La reorganización de la industria ha cambiado los vínculos entre los fabricantes de ascensores y los constructores, pero también más ampliamente la organización del proceso de producción en sí a través del aumento de la competencia global, el incremento de los precios de las materias primas, entre otros. En esta búsqueda de la diversificación, el mantenimiento es un factor importante que puede garantizar la sostenibilidad de las máquinas y también ayuda a garantizar la disponibilidad de la herramienta de producción.

De forma similar, en Aceña (2016) se comenta que para conservar la disponibilidad en los ascensores es necesario desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo en los ascensores, especialmente si se trata de elementos con alto nivel de empleo; adicionalmente, el programa de mantenimiento logra reducir los costos de reparación por la menor necesidad del cambio de piezas, lo cual incrementa la vida útil de los activos. En este sentido, se debe tomar en cuenta la programación de las inspecciones y la sustitución de componentes ante el desgaste, ello evita que la falla ocurra en un momento inesperado. Asimismo, se han planteado una serie de indicadores para medir el nivel de rendimiento asociado a la disponibilidad y para ello se presenta la siguiente tabla.

Tabla 6

Controles de actividad y rendimiento

Tipos de controles	Indicadores	Escala
Costos de mantenimiento	Costo medio unitario	(dólares / unidad)
	Costo de mantenimiento correctivo sobre costo total	(%)
Indisponibilidad	Tiempo indisponibilidad	minutos, horas
	Indisponibilidad real	(%)
Causas y efectos	Averías por accidente	cantidad, (%)
	Averías por deficiencia	cantidad, (%)
	Averías por desgaste	cantidad, (%)
Tiempos	Tiempo medio entre fallos (MTBF)	minutos, horas
	Tiempo medio para reparaciones (MTTR)	minutos, horas
Número de fallos	Según clasificación por tipo de averías	cantidad, (%)
Mantenimiento	Mantt. Preventivo / Mant. Correctivo	(%)

Fuente: Aceña (2016)

En la tabla anterior se han identificado algunos indicadores de control del rendimiento y la disponibilidad de los ascensores, gran parte de ellos se asocian a los costos, dado que es el aspecto más sensible en toda empresa. La atención usualmente se centra en los indicadores relacionados al tiempo, tales como el MTBF y MTTR, puesto que a partir de ellos se puede tener una noción real de la disponibilidad o no de los ascensores dentro del sistema operativo y a partir de la combinación de ambos se ha desarrollado la fórmula más difundida sobre la disponibilidad operativa.

Por otro lado, en Caballero y Clavero (2016) se menciona que existen algunos elementos que pueden generar problemas en la disponibilidad y los más importantes se mencionan a continuación.

- Poco conocimiento de las características de los componentes del sistema o ascensores para la implementación de un enfoque de mantenimiento
- Fallas en la red de alimentación de energía
- Inconvenientes en el funcionamiento interno
- Complicaciones externas o medio ambiente que dificulta las operaciones
- Golpes o daños externos provocados por el entorno
- Falta de un sistema de prevención ante fallas en el mantenimiento
- Ubicación física inadecuada del equipo

De acuerdo con Socconini (2019) para lograr un cambio significativo en la disponibilidad es necesario contar un sistema de mantenimiento que se centre en la fiabilidad de los ascensores o sistemas, es decir, llevar a cabo un análisis que identifique todos los componentes claves en un equipo y plantee los posibles errores que puedan ocurrir que afecten a la operatividad mediante averías o detenciones. Para ello, se requiere de conocer cómo se inicia el evento y detallar el desarrollo de los pasos operativos considerando los posibles errores, sus causas y el mecanismo para detectarlos. Por otro lado, se comenta que es importante conocer los logros a través de una presentación regular de indicadores en donde se detallen los siguientes tres aspectos fundamentales:

- Situación inicial. Escenario de línea base sobre la cual se modifica la gestión a fin de lograr un cambio significativo.
- Ejecución de mejoras. Se describen las acciones desarrolladas para lograr el cambio (actividades, capacitaciones, entre otros)
- Resultados. Se exhiben los logros y alcances obtenidos en los indicadores de impacto

Dimensiones:

- Tiempo medio entre fallas

De acuerdo con Caballero y Clavero (2016) el tiempo medio entre fallas, MTBF por sus siglas en inglés de *mean time between failures*, es la media aritmética del tiempo en promedio de la ocurrencia de una avería dentro del sistema de operaciones, aplicado a los componentes que pueden ser reparados. A partir de ello, se establece que el tiempo debe ser cada vez más alto al contar con un mecanismo de mantenimiento preventivo y predictivo; para su cálculo se presenta la siguiente ecuación.

Ecuación 5 Tiempo medio entre fallas

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de operaciones del equipo}}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

- Tiempo medio para reparaciones

Para Caballero y Clavero (2016) este indicador refleja el tiempo necesario en promedio para solucionar las fallas de los ascensores dentro del sistema de mantenimiento, en tanto que relaciona a través de una división el tiempo para dichos trabajos entre el número de fallas. Este factor es importante en el análisis de la disponibilidad dado que se requiere un tiempo cada vez menor para los trabajos de manutención a fin de contar con más tiempo del equipo en el sistema operativo. Adicionalmente, se menciona que las siglas de MTTR provienen de su nombre en inglés de *mean time to repair*; para el cálculo del valor se presenta la siguiente expresión:

Ecuación 6 Tiempo medio para reparaciones

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de mantenimiento del equipo}}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

2.3. Definición de términos básicos

Área de trabajo: Espacio, ambiente y condiciones físicas que rodean las actividades operativas para realizar un trabajo (Sánchez, 2015, p.511)

Automatización: Características de los sistemas productivos para estandarizar las operaciones a fin de incrementar la productividad en base a una ejecución en el menor tiempo posible (Sánchez, 2015, p.511)

Avería: Falla en el sistema que interrumpe las operaciones e indispone el equipo para incapacitarlo en su trabajo (Zegarra, 2016, p.32)

Confiabilidad: Concepto que refiere la probabilidad de que el sistema o equipo no presenta fallas y mantenga su operatividad de forma adecuada (Zegarra, 2016, p.33)

Daño: Modificación negativa en las condiciones del equipo, internas o externas, que puede ser ocasionado de forma directa o indirecta (Sánchez, 2015, p.512).

Desperdicio: Elementos que ocasionan inconvenientes en el sistema de operaciones y retrasan la producción mediante el deterioro de funciones, a partir de ello se reduce la productividad (Socconini, 2019, p.23).

Disponibilidad: Capacidad de los sistemas o máquinas para mantener sus actividades de manera constante y adecuada dentro del proceso productivo, dado que no se presenta averías (García, 201, p.152)

Eficiencia: Concepto que refiere la relación entre el logro de metas sobre los parámetros establecidos a través del uso de los recursos productivos (Sánchez, 2015, p.512)

Escala: Relación entre dimensiones en comparación con un parámetro real establecido según las normas (Iglesias, 2015, p307).

Esquema: Hace referencia a los procesos que se siguen en una actividad productiva mediante la presentación gráfica de los pasos a seguir; ello permite una mejor comprensión de las operaciones (Iglesias, 2015, p.307).

FMEA: Siglas de la metodología del análisis modal de fallas y efectos, su análisis identifica los procesos más críticos que deben ser solucionados para disminuir el riesgo expresado en averías (Consuegra, 2015, p39).

Herramientas: Elementos que mediante las acciones del hombre facilitan el trabajo y permiten resolver problemas (Iglesias, 2015, p.307).

Incidencia: Número repetitivo de veces que sucede un evento que influye en el proceso de operaciones. (Consuegra, 2015, pg.45)

Máquina: Mecanismos en un sistema de funcionamiento que permiten desarrollar labores de producción con la transformación de una fuerza externa (Sánchez, 2015, p.512)

Mantenimiento: Trabajos destinados a mejorar las condiciones internas y externas de las máquinas a fin de alcanza un buen funcionamiento en las operaciones (Jiménez, 2018, p.74).

Manuales: Informes a través de un texto escrito donde se indican las características y condiciones de funcionamiento de ascensores para mantener una adecuada conservación (Janoudi, 2015, p.387)

Orden de trabajo: Formato escrito donde se detallan las operaciones de mantenimiento o reparación que una vez terminada debe ser archivada (Linares, 2018, p.173)

Productividad: Concepto que relaciona las salidas de un sistema respecto a los ingresos o consumo de recursos (Socconini, 2019, p.27)

Protocolo: Normativas y reglas para guiar el proceso para obtener un adecuado funcionamiento, eficiente y óptimo para la producción. (Medialdea y Corrales, 2017, p.240).

Reparación: Trabajos para resolver problemas de fallas que lograron detener el equipo en funcionamiento, lo cual requiere del cambio de piezas o su mejora (Sánchez, 2015, p513).

Riesgo: Probabilidad de ocurrencia de una avería cuando el sistema o máquina se encuentre en operaciones y se detenga la producción (Sánchez, 2015, p.513).

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Descripción de la experiencia profesional

3.1.1. Experiencia académica

Mi experiencia académica tiene como inicio en el Servicio Nacional de Adiestramiento Técnico Industrial (SENATI) en la carrera de Técnico Mecánico de Mantenimiento, en el año 2006-2008, en el cual, la formación teórico practico recibida por docentes con experiencia, me permitió a partir de ese año integrarme a una empresa fabricante de triplay denominada “TRIMASA” y poner en práctica a corto plazo lo aprendido , desempeñándome como Practicante de Mantenimiento Mecánico Industrial (2006-2007). En el año 2012 en el mes de Julio ingreso a estudiar en la Universidad Privada del Norte (UPN) La carrera de Ingeniera Industrial.

3.1.2. Experiencia de campo

Después de este proceso de formación, asumí nuevos retos en la empresa R y A Selva SAC, desde el año 2007 como operario en la Fabricación y Reparación de Barcos Navales, Embarcaciones Petroleras, pasando por varias de sus divisiones de electromecánica, desempeñándome como montajista de tuberías y ascensores de transporte de Hidrocarburos y para luego estar a cargo de la interpretación y ejecución de los planos de fabricación y montaje de estructuras de embarcaciones petroleras, hasta el año 2009. Luego, la empresa me da la oportunidad de aprender y desempeñarme en Dic 2009 -Abr 2010 dentro del Servicio industrial de la Marina Iquitos (SIMAI) como inspector de fabricación y procesos de soldadura, ensayos END y elaboración de los protocolos.

En el año 2010, en la empresa SKC RENTAL S.A.C me da la oportunidad de desempeñarme en el Área de Mantenimiento realizando Labores mantenimiento de ascensores ,Lubricación de maquinarias y ascensores Mantenimiento preventivo ,Reparación de maquinaria pesada, Soldadura eléctrica y autógena.

En el periodo 2011-2013, la empresa VIZGONZ E.I.RL (ASESORAMIENTO Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS) en el área de Departamento Técnico Labores realizadas Atender a clientes de la empresa, Elaboración de Presupuestos de Proyectos de obra,

Ejecución de proyectos de estructura metálica y Control de inventarios y Manejo de personal a cargo.

En el 2012 en el mes de Julio ingreso a estudiar en la Universidad Privada del Norte (UPN) La carrera de Ingeniera Industrial.

Para el 2015, tuve la oportunidad de participar con la empresa IPSYCOM S.R.L dentro de las instalaciones de Minera Chinalco Perú S.A con el cargo de Operario Mecánico de Mantenimiento Parada de Planta Minera realizando Mantenimiento sistemas hidráulicos, Mantenimiento sistemas neumáticos Mantenimiento y Lubricación de Maquinas de Planta. Luego continúe con estas paradas de Planta Mineras ganando experiencia en este rubro con las siguientes empresas:

COMSERTRAN S.A.C en las instalaciones de : Cía. Minera Antamina (Parada Planta Concentradora - Flotación) CARGO : Mecánico de Mantenimiento Labores realizadas ,Reparación y Mantenimiento de Celdas de flotación Cu-Zn y Scavenger ,Mantenimiento sistemas hidráulicos ,Mantenimiento sistemas neumáticos. LUGAR : Cía. Minera Antamina (Parada Planta Concentradora - Molinos) como Tecnico Mecánico de Mantenimiento – Reparación y Mantenimiento de Molinos de bolas.

Después de estas experiencias en paradas de plantas mineras donde me desempeñaba como técnico de mantenimiento en el cual pude aprender y ganar más experiencia en el rubro minero postulé la empresa cia. Minera argentum en julio del 2016 ingresando a trabajar ocupando el cargo de mecánico de mantenimiento de planta concentradora (unidad Morococha) labores realizadas mantenimiento y reparación de chancadoras de quijadas ,mantenimiento y reparación de chancadoras cónica mantenimiento y reparación de fajas transportadoras, mantenimiento de zarandas ,mantenimiento de extractores de polvo ,mantenimiento y reparación de bombas verticales y horizontales ,mantenimiento de molinos ,mantenimiento de celdas de flotación ,mantenimiento de filtro prensa ,mantenimiento de filtros tambor ,mantenimiento hidráulicos y neumáticos. ,mantenimiento y lubricación de ascensores de planta concentradora ,reparación y mantenimiento general de estructuras metálicas ,soldadura eléctrica y autógena. ,análisis vibracional de ascensores de planta.

Donde también tuve la oportunidad que me brindaron de desempeñarme en el área de gestión de mantenimiento de planta concentradora aprendiendo a elaborar la programación semanal de mantenimiento planificación de paradas de planta mensuales y overhals de ascensores ,control de backlog de repuestos priorizando actividades críticas ,manejo de sistema software de Mantto máximo, hasta febrero del 2019.

A partir de marzo 2019, ingresé a trabajar para la empresa Mantenimiento industrial MAEL SAC , desempeñándome como Supervisor de Mantenimiento y reparaciones de ascensores de elevación hasta la actualidad.

3.1. Escenario previo a la implementación

En la presente sección, se realiza el análisis previo a la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), donde se analiza la variable independiente, la dependiente y sus dimensiones.

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

En primer lugar, se analiza la situación previa de la metodología RCM; es decir, el nivel de cumplimiento de sus ítems; a continuación, presenta el resumen de dicha situación considerando el porcentaje de cumplimiento de las tareas de mantenimiento, la confiabilidad y el NPR.

Tabla 7

Análisis previo de la metodología RCM

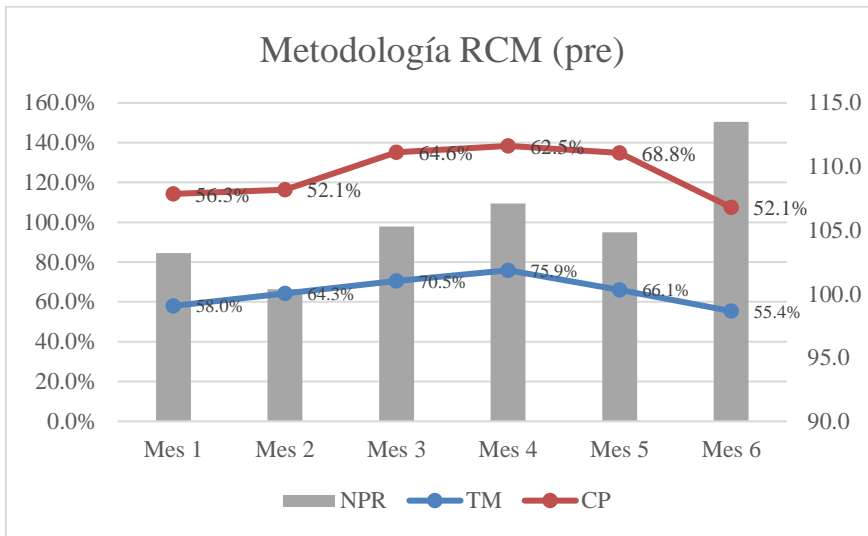
	Variable independiente: RCM									
	Tareas de mantt.			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo			
	Tareas cumplidas	Tareas programadas	TM	Inspecciones Hoja RCM	Inspec. Program.	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mes 1	65	112	58.0%	27	48	56.3%	5.0	4.8	4.3	103.2
Mes 2	72	112	64.3%	25	48	52.1%	5.1	4.1	4.8	100.4
Mes 3	79	112	70.5%	31	48	64.6%	5.2	4.5	4.5	105.3
Mes 4	85	112	75.9%	30	48	62.5%	5.3	4.3	4.7	107.1
Mes 5	74	112	66.1%	33	48	68.8%	5.2	4.2	4.8	104.8
Mes 6	62	112	55.4%	25	48	52.1%	5.3	4.4	4.9	113.5

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestra el porcentaje de cumplimiento de las tareas de mantenimiento a lo largo de los 6 meses previos a la implementación RCM; donde se observa que las cifras oscilan entre 55.4% y 75.9%. A su vez, se tiene que los niveles de confiabilidad del proceso se encuentran entre 52.1% y 68.8%; mientras que, el nivel de prioridad de riesgo mínimo fue de 100.4 y el nivel máximo se calculó en 113.5.

Figura 9

Análisis previo de la metodología RCM



Fuente: Elaboración propia

De manera complementaria, en la figura se ilustra la evolución de los niveles de prioridad de riesgo, tareas de mantenimiento y nivel de confiabilidad del proceso; donde se evidencia que la confiabilidad decae de 68.8% a 52.1% cuando el NPR pasa de 104.8 a 113.5 en el último mes; asimismo, se observa que el nivel de cumplimiento de las tareas de mantenimiento alcanzó su máximo en el mes 4, con un valor de 75.9%; mientras que el valor mínimo se registró en el último mes, siendo 55.4%.

Variable dependiente: Disponibilidad

Seguidamente, se analiza la situación previa e la variable disponibilidad y sus dimensiones; a saber, el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparaciones; a continuación, los valores registrados durante los 6 meses previos a la implementación RCM.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

En la siguiente table se registra el tiempo medio entre fallas, conocido como MTBF, mediante la razón entre las horas de operación y el número total de fallos registrados.

Tabla 8

Análisis previo del tiempo medio entre fallas (MTBF)

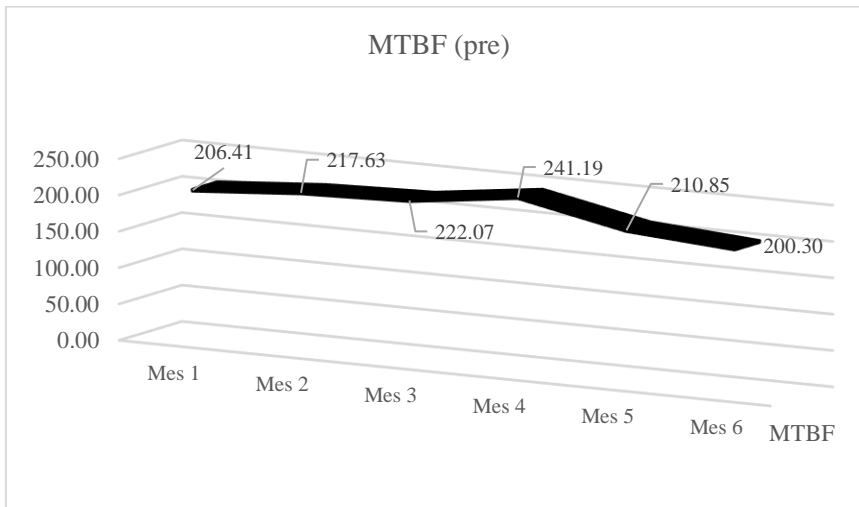
	Tiempo medio entre fallas		
	Horas de operación	Nº fallas	MTBF
Mes 1	9082	44	206.41
Mes 2	9140.4	42	217.63
Mes 3	9105	41	222.07
Mes 4	9165.2	38	241.19
Mes 5	9066.4	43	210.85
Mes 6	9013.5	45	200.30

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se observa, las horas de operación oscilaron entre 9013.5 y 9165.2 a lo largo de los 6 meses analizados; a su vez, se registraron entre 38 y 45 fallos mensuales, siendo que el máximo de fallos se registró en el último mes. Por tanto, el MTBF se incrementó de 206.4 a 241.19 durante los 4 primeros meses, para luego descender hasta 200.30 en el último mes previo a la implementación RCM.

Figura 10

Análisis previo del tiempo medio entre fallas (MTBF)



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se presenta gráficamente la evolución del MTBF durante los 6 meses de la situación previa; donde se evidencia que el valor MTBF se incrementó hasta el mes 4, alcanzando un valor de 241.19; y luego experimentó un descenso hasta el mes 6, alcanzando la cifra de 200.3.

Tiempo medio para reparaciones (MTTR)

Por su parte, se realiza el análisis del tiempo medio de reparaciones (MTTR), el cual se define mediante la razón entre las horas de mantenimiento y el número de fallas producidos.

Tabla 9

Análisis previo del tiempo para reparaciones (MTTR)

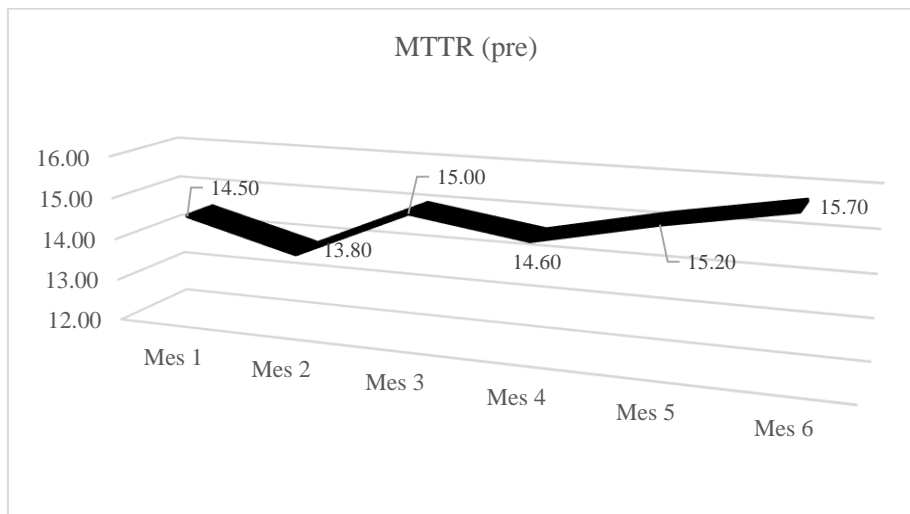
	Tiempo medio para reparaciones		
	Horas de mantenimiento	N° fallas	MTTR
Mes 1	638.0	44	14.50
Mes 2	579.6	42	13.80
Mes 3	615	41	15.00
Mes 4	554.8	38	14.60
Mes 5	653.6	43	15.20
Mes 6	706.5	45	15.70

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestran las horas de mantenimiento mensuales registradas a lo largo del periodo previo a la implementación, con un máximo de 706.5 y un mínimo de 554.8; a su vez, el número de fallas mensuales osciló entre 38 y 45. Por tanto, el MTTR mensual pasó de 14.5 en el primer mes, a 15.7 en el último mes previo al RCM.

Figura 11

Análisis previo del tiempo para reparaciones (MTTR)



Fuente: Elaboración propia

Anteriormente, se muestra la representación gráfica de la evolución mensual del MTTR; donde se evidencia que el valor mínimo fue de 13.8 durante el mes 2; luego, el valor ascendió a 15 para luego descender a 14.6 en el mes 4; finalmente, el MTTR alcanza un valor máximo de 15.7 en el mes 6.

Disponibilidad

También, se realiza el análisis de la variable disponibilidad, la cual se calcula mediante una operación matemática entre el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparaciones.

Tabla 10

Análisis previo de la disponibilidad

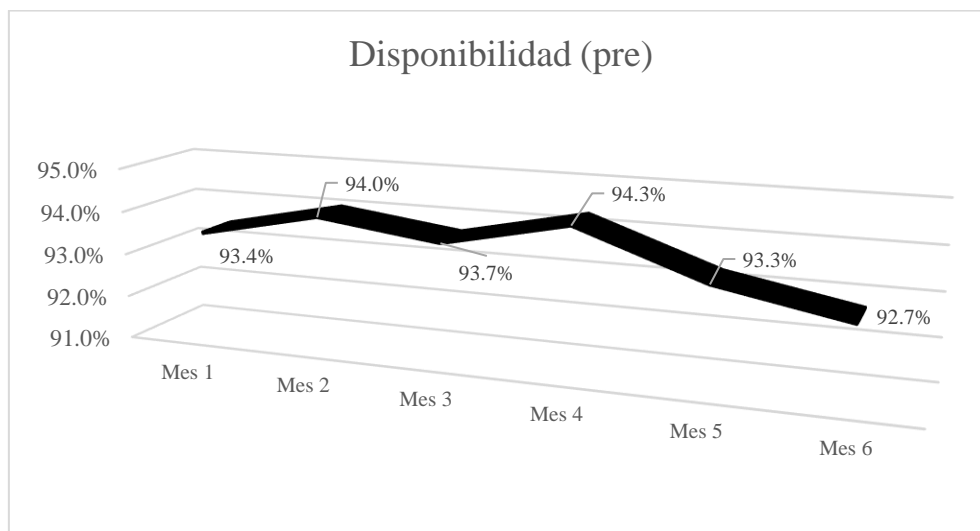
	Variable dependiente: Disponibilidad						
	Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad.
	Horas de operación	N° fallas	MTBF	Horas de mantenimiento.	N° fallas	MTTR	
Mes 1	9082	44	206.41	638.0	44	14.50	93.4%
Mes 2	9140.4	42	217.63	579.6	42	13.80	94.0%
Mes 3	9105	41	222.07	615	41	15.00	93.7%
Mes 4	9165.2	38	241.19	554.8	38	14.60	94.3%
Mes 5	9066.4	43	210.85	653.6	43	15.20	93.3%
Mes 6	9013.5	45	200.30	706.5	45	15.70	92.7%

Fuente: Elaboración propia

También, se realiza el análisis de la variable disponibilidad, la cual se calcula mediante una operación matemática entre el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparaciones.

Figura 12

Análisis previo de la disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se visualiza la evolución porcentual mensual de la disponibilidad en la situación previa; teniendo que, la disponibilidad pasó de 93.4% del mes 1 a 94.3% en el mes 4; luego, el valor descendió hasta su valor mínimo de 92.7% en el sexto mes.

3.2. Planificación de la implementación

Los trabajos de implementación requieren una planificación adecuada con el fin de lograr un cambio asertivo dentro del sistema de trabajo, en tanto que es importante organizar las labores dentro de un cuadro ordenado para la sistematización y adopción de buenas prácticas en la gestión del mantenimiento.

En este sentido, se muestra el diagrama de Gantt con la programación de la implementación de los cambios; en él se determinan los objetivos de mejorar el espacio de trabajo, mejorar el conocimiento del personal, evaluar la criticidad de las averías, implementar la metodología RCM y mantener las mejoras; de manera que cada objetivo posee un determinado conjunto de actividades a realizarse en una fecha específica.

Por ejemplo, para mejorar el espacio de trabajo, se realizará el cronograma de limpieza en las primeras 2 semanas de la implementación, y en las 2 semanas subsiguientes se completa el desecho de los desperdicios; siguiendo el mismo objetivo, se programa elaborar los formatos de control en la semana 9. Por otro lado, se programan charlas a lo largo del periodo de implementación y se realiza el análisis modal de fallas y efectos para determinar la criticidad de las averías. De la misma manera, se programan las actividades requeridas para la implementación de la metodología RCM y se establecen las fechas en las que se realizará el control de mantenimiento y las auditorías.

Tabla 11

Diagrama de Gantt de la implementación de cambios

Objetivos	Actividades	Responsable	Mes 1		Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Observaciones		
			Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22		Sem 23	Sem 24
Mejorar el espacio de trabajo	1. Gestión del área de trabajo																										
	1.1 Limpieza general	Marco																									
	Cronograma de limpieza																										
	Desecho de desperdicios																										
	1.2 Orden del espacio	Marco																									
	Clasificación de herramientas																										
	Elementos encontrados																										
	Asignación de tareas																										
	1.3 Gestión visual	Marco																									
Controles visuales																											
Formatos de control																											
Mejorar el conocimiento del personal	2. Capacitaciones																										
	2.1 Charla 1	Marco																									
	2.2 Charla 2	Marco																									
	2.3 Charla 3	Marco																									
	2.4 Charla 4	Marco																									
	2.5 Charla 5	Marco																									
	2.6 Charla 6	Marco																									
Evaluar criticidad de averías	3. Análisis modal de fallas y efectos																										
	3.1 Análisis de fallas	Marco																									
	3.2 Análisis de severidad	Marco																									
	3.3 Análisis de ocurrencia	Marco																									
	3.4 Análisis de dificultad de detección	Marco																									
	3.5 Determinar NRP	Marco																									
Implementar la metodología RCM	4. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad																										
	4.1 Diagramas de proceso de mantenimiento	Marco																									
	Operaciones del proceso																										
	Análisis del proceso																										
	4.2 Procedimientos de trabajo	Marco																									
	Instructivos																										
	Lineamientos																										
	4.3 Árbol y hoja de decisión RCM	Marco																									
	Análisis RCM																										
	Programación de mantenimiento																										
4.4 Formatos y fichas de mantenimiento	Marco																										
Diseño de formatos																											
Uso de fichas																											
Mantener las mejoras	5. Supervisiones y controles																										
	5.1 Formatos de control	Marco																									
	Control de calidad y proceso																										
	Control de mantenimiento																										
	5.2 Auditorías	Marco																									
Programación de controles																											
Cronograma de auditorías																											

Fuente: Elaboración propia

3.3. Desarrollo de la implementación

- Gestión del ambiente de trabajo

La primera fase de cambios corresponde a la gestión del área de trabajo, en tanto que es importante contar con un ambiente adecuado para el desarrollo de actividades; en este sentido, se han desarrollado lineamientos y formatos para conservar el orden y limpieza en la zona, tal como se muestra a continuación.

Figura 13

Formulario de control de limpieza

FORMULARIO DE CONTROL DE LIMPIEZA CENTRAL

TAREAS DE MANUTENCION DE LIMPIEZA REALIZADAS EN EL MES DE: _____

PERIODO (DÍAS): DESDE _____ HASTA _____

ITEM	UBICACION	LABOR O TAREA	EJECUTADO	FRECUENCIA	NOTAS U OBSERVACIONES
1	TALLER	Desalojo de basura de tachos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
2		Limpieza de mesas de trabajo		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
3		Limpieza de herramientas		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
4		Barrido de pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
5		Trapear pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
6		Limpieza anaqueles		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
7		Limpieza de insumos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
8		Limpieza maquinas		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
9		Desempolvar sillas y mesas		semanal	de lunes a viernes a partir de las 17h30
10		Desempolvar		semanal	de lunes a viernes a partir de las 17h30
11		Retiro de telarañas en área de oficina		quincenal	Fin de semana
12		Limpieza de rejillas del aire acondicionado		quincenal	Fin de semana
13		Limpieza ventanales fachada exterior		semestral	Fin de semana
14		Revisión de condiciones y presentación en general		permanentemente	Técnicos y Supervisores ejecutarán esta labor
15		Lavado de paneles		según necesidad	Fin de semana
16	BAÑOS	Desalojo de basura de tachos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
17		Limpieza y desinfectada de inodoros		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
18		Limpieza y desinfectada de lavabos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
19		Barrer pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
20		Trapear y desinfectar pisos		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
21		Limpieza de espejos de baños		diario	de lunes a viernes a partir de las 17h30
22		Limpieza de grifería		según necesidad	de lunes a viernes a partir de las 17h30
23	Retiro de telarañas		quincenal	Fin de semana	
24	PATIO	Recoger basura		diario	de lunes a viernes a partir de las 7h30
25		barrer patio		2 veces por semana	de lunes a viernes a partir de las 7h30
26		baldear patio		semanal	de lunes a viernes a partir de las 7h30
NOVEDADES, NOTAS U OBSERVACIONES REALIZADAS EN EL MES:					

POR JEFE CUADRILLA:

POR JEFE CENTRAL DE CONTROL:.

NOMBRE: _____

NOMBRE: _____

Fuente: Elaboración propia

En el formato anterior se observa la programación de la limpieza en el área, dado que se ha clasificado las labores según la ubicación y la frecuencia; existen algunas tareas que son realizadas de forma diaria, semanal, quincenal o según la necesidad, siendo importante que se realicen a partir de las 5.30 pm para no interrumpir las labores operativas. Cabe resaltar que los aspectos mas importantes y con mayor detalle se encuentran en el área del taller, en tanto que los elementos complementarios como los baños y el patio de maniobras cuentan con una programación de los aspectos más sensibles a tomar en cuenta. Al realizar los trabajos de limpieza se encontraron algunos elementos que no corresponden a la sección, los cuales se han clasificado en el siguiente formato.

Tabla 12

Diagrama de Gantt de la implementación de cambios

Fecha:					
ELEMENTOS ENCONTRADOS					
Nº	Descripción del artículo	Lugar donde se encontró	Necesario	Innecesario	Decisión
1	Cintas adhesivas	Oficina	X		Reubicarlo
2	Lijas usadas	Taller		X	Desecharlo
3	Retazos de cintas	Almacén		X	Desecharlo
4	Bujías usadas	Taller		X	Venderlo
5	Recipiente de aceite vacío	Taller, obra		X	Venderlo
6	Cajas de repuestos vacías	Taller, almacén		X	Venderlo
7	Latas de grasa usadas	Taller	X		Sacarlo del área
8	Recipientes con aceite	Taller, obra		X	Desecharlo
9	Artículos de limpieza	Taller, obra	X		Reubicarlo
10	Uniformes viejos	Taller, Vestuarios		X	Desecharlo
11	Autopartes deterioradas	Taller		X	Venderlo
12	Mobiliario en desuso	Taller, obra		X	Venderlo
13	Elementos ajenos al giro	Taller, obra		X	Reubicarlo
14	Pósteres publicitarios	Taller, oficina		X	Desecharlo
15	Maquinaria en desuso	Taller		X	Venderlo

Elaborado por: MARCO

Firma



Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la limpieza general se hallaron elementos en su mayoría no necesarios para los trabajos de mantenimiento, en tanto que se tomo la decisión de desecharlos, reubicarlos o venderlos de acuerdo con el estado físico que presentaban; algunas cosas como las cintas, cajas de repuestos y artículos de limpieza fueron consideradas como necesarias por lo que se reubicaron en la zona correspondiente. A partir de los cambios realizados se

puede observar una mejora del espacio de trabajo y para ello se presenta la tabla a continuación.

Tabla 13

Comparación del orden del área, antes y después de la implementación

Antes	Después
	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que el área ha logrado una gran mejoría en base a los trabajos de orden y limpieza programadas dentro de la implementación. En este sentido, un área ordenada permite la eliminación de desperdicios rápido y de dicha manera es posible efectuar los trabajos de mantenimiento de forma adecuada y en el menor tiempo posible.

- Capacitaciones

En segundo lugar, el aspecto de las capacitaciones es importante para lograr cambios significativos y duraderos en el largo plazo, dado que se modifica el conocimiento de los trabajadores para orientarlos a la mejora continua. A partir de ello, es necesario contar con una programación y explicación de las charlas y programas tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14
Programación de capacitaciones

Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.		FORMATO PROGRAMACIÓN DE CAPACITACIÓN				F5.P29.SA		Página 1 de 1	
						Versión 1		Clasificación de la Información: PRIVADA	
QUIEN ELABORÓ		MARCO				VIGENCIA		2021	
PLANIFICACIÓN						REPORTE - SEGUIMIENTO			
Nº	Población Objetivo	Temática	Contenido	Duración	Periodicidad	Numero de personas capacitadas	Fecha medición de eficacia	Observaciones	
1	Todos los trabajadores	Mantenimiento de ascensores	Proceso de mantenimiento de ascensores a nivel general	30 min	Semanal	10	Fin de mes		
2	Todos los trabajadores	Gestión de mantenimiento	Conocer la importancia del proceso de mantenimiento	30 min	Semanal	10	Fin de mes		
3	Todos los trabajadores	Factores de disponibilidad	Elementos que logran un incremento de la disponibilidad	30 min	Semanal	10	Fin de mes		
4	Todos los trabajadores	Reparación de equipos	Los aspectos más comunes para reparar los ascensores con problemas sencillos	30 min	Semanal	10	Fin de mes		
5	Todos los trabajadores	Trabajo en equipo	Importancia del trabajo en equipo para reducir tiempos	30 min	Quincenal	10	Fin de mes		
6	Todos los trabajadores	Componentes del ascensor	Partes y sistemas que componen los ascensores	30 min	Semanal	10	Fin de mes		
7	Todos los trabajadores	Fallas comunes	Conocer los problemas más comunes dentro del ascensor	30 min	Quincenal	10	Fin de mes		
8	Todos los trabajadores	Operatividad de procesos	Sistema de trabajo para estandarizar el proceso	30 min	Mensual	10	Fin de implementación		
9	Todos los trabajadores	Análisis modal de fallas y efectos	Identificar la importancia del AMEF y cómo funcionan los ascensores según sus fallas	30 min	Mensual	10	Fin de implementación		
10	Todos los trabajadores	Confiabilidad del proceso	Determinar el proceso adecuado para el mantenimiento efectivo	30 min	Mensual	10	Fin de implementación		
11	Todos los trabajadores	Regulación de operaciones	Sistemas de control para mantener las buenas prácticas	30 min	Mensual	10	Fin de implementación		
12	Todos los trabajadores	Sistemas electricos	Mecanismo de alimentación electronica y cajas de paso	30 min	Mensual	10	Fin de implementación		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se comentan los aspectos necesarios para la programación de las capacitaciones. En primer término, se menciona que la población objetivo son todos los trabajadores del área de mantenimiento y se han programado un total de 12 charlas que cuentan con una duración de 30 minutos con un aproximado de 10 asistentes. Entre los temas

más recurrentes se indica el mantenimiento de ascensores, la gestión del mantenimiento, los factores que incrementan la disponibilidad, la reparación de ascensores y los componentes de ascensores, todos estos temas cuentan con una programación semanal. Por otro lado, temas complementarios, pero importantes, desarrollan una programación quincenal o mensual como el trabajo en equipo, las fallas más comunes, la operatividad del proceso, el análisis modal de fallas y efectos, la confiabilidad del proceso, la regulación de operaciones y los sistemas eléctricos. En el formato anterior también se ha detallado el periodo de evaluación a fin de observar si se ha logrado asimilar el conocimiento.

Figura 14

Evidencia de capacitaciones al personal



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se observa que los trabajadores han participado en las capacitaciones, interviniendo con preguntas o cuestionamientos sobre cómo mejorar los trabajos según las necesidades del cliente y problemas operativos más recurrentes. A partir de una mejora del conocimiento es posible desarrollar los trabajos de forma rápida y solucionar los problemas identificado la falla central del equipo.

- Análisis modal de fallas y efectos

El tercer aspecto a tomar en cuenta es el análisis modal de fallas y efectos, en tanto que permite identificar los aspectos más influyentes dentro de las fallas de los ascensores; a partir de ello, se puede estimar un trabajo de mantenimiento preventivo para solucionar problemas de operatividad o temas complejos a lo largo de una programación. Para conocer más a fondo la problemática de las fallas, se ha desarrollado un análisis de Pareto con la frecuencia de las causas de averías como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 15

Análisis de Pareto de ocurrencia de fallas previo

Nº	Falla	Cant	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Desmontaje de poleas de contrapeso	10	22.2%	22%
2	Re-alineamiento de rieles	9	20.0%	42%
3	Instalar cables de acero	7	15.6%	58%
4	Aceiteras de rieles y contrapeso	4	8.9%	67%
5	Instalación de fajas	3	6.7%	73%
6	Planchado de Cabina	2	4.4%	78%
7	Cortinas de luz	2	4.4%	82%
8	Instalación de vidrios	2	4.4%	87%
9	Ruedas, aceiteras, guías	1	2.2%	89%
10	Instalación de paso de energía	1	2.2%	91%
11	Desmontaje de moto-reductor	1	2.2%	93%
12	Polea deflectora	1	2.2%	96%
13	Juego de trenes en pasamano	1	2.2%	98%
14	Montaje de stator	1	2.2%	100%
	Total	45		

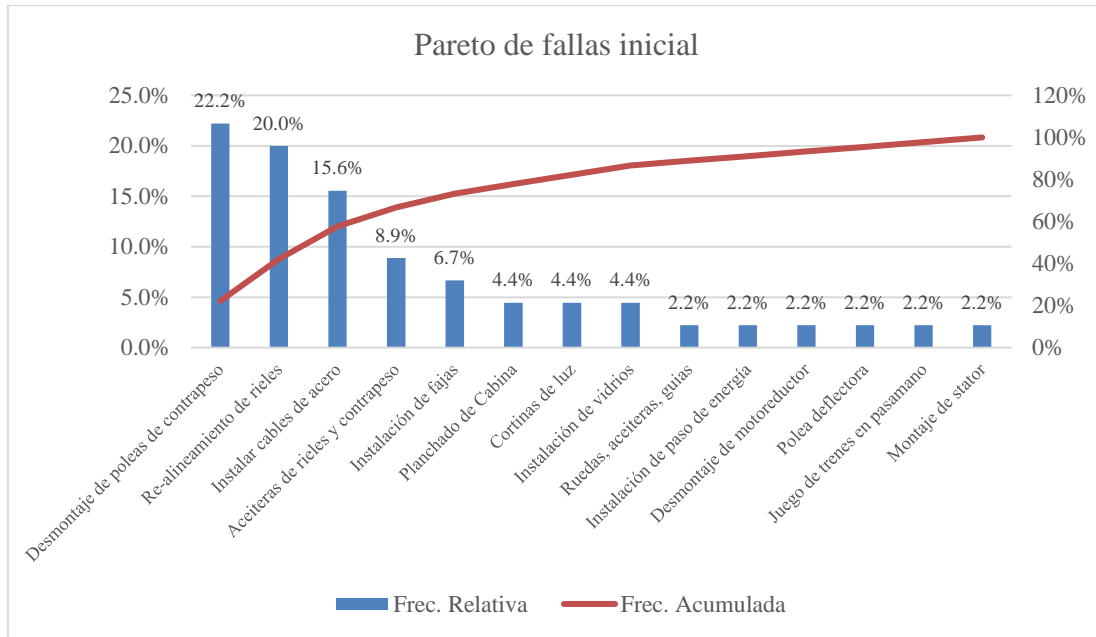
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se indica que existen fallas con alto número de ocurrencias en el análisis previo de la problemática, siendo los aspectos más importantes el desmontaje de poleas de contrapeso con 10 fallas y el 22.2% de frecuencia relativa, el re-alineamiento de rieles con 9 ocurrencias y el 20% de frecuencia, la instalación de cables de acero con 7 fallas y 15.6% de frecuencias. Otros aspectos importantes, pero de menor presencia fueron las fallas en aceiteras de rieles y contrapeso (4 ocurrencias), la instalación de fajas (3 ocurrencias), el planchado de cabina, cortinas de luz e instalación de vidrios con 2 ocurrencia en cada caso;

a partir de este punto, las demás fallas presentan solo una aparición en el periodo de análisis. De forma complementaria, se presenta la gráfica de los datos mencionados anteriormente.

Figura 15

Análisis de Pareto de ocurrencia de fallas previo



Fuente: Elaboración propia

En la figura de Pareto la frecuencia relativa de las fallas ha sido colocada a modo de barras, en tanto que la frecuencia acumulada se muestra a modo de curva. En este sentido, se evidencia que las 3 primeras fallas, a saber, el desmontaje de poleas de contrapeso, el re-alineamiento de rieles y la instalación de cables ha logrado cubrir el 80% del problema total, es decir, se cumple con el principio formulado por Pareto en donde se menciona que pocas causas explican gran parte del problema. A partir de dicha información, se destinarán los trabajos preventivos a solucionar los inconvenientes relacionados al tema y de dicha manera lograr un cambio positivo en la disponibilidad de los ascensores. Asimismo, se ha desarrollado un análisis similar el nivel de prioridad de riesgo, el cual incluye la dificultad de detección y la severidad de las fallas al análisis anterior de ocurrencias; ello se presenta en la siguiente tabla.

Figura 16

Análisis de Pareto del nivel de prioridad de riesgo según tipo de fallas

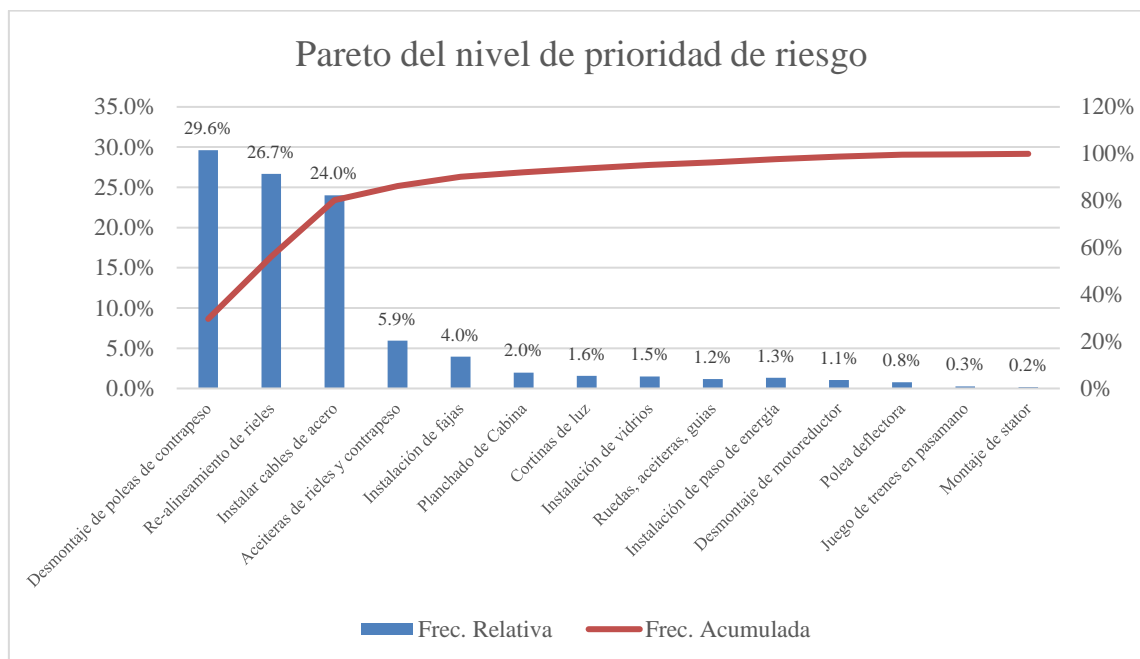
N°	Falla	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	Frec. Relativa	Frec. Acumulada
1	Desmontaje de poleas de contrapeso	10	10	9	900	29.6%	30%
2	Realineamiento de rieles	9	9	10	810	26.7%	56%
3	Instalar cables de acero	9	9	9	729	24.0%	80%
4	Aceiteras de rieles y contrapeso	5	6	6	180	5.9%	86%
5	Instalación de fajas	4	5	6	120	4.0%	90%
6	Planchado de Cabina	3	4	5	60	2.0%	92%
7	Cortinas de luz	4	4	3	48	1.6%	94%
8	Instalación de vidrios	5	3	3	45	1.5%	95%
9	Ruedas, aceiteras, guías	4	3	3	36	1.2%	96%
10	Instalación de paso de energía	4	2	5	40	1.3%	98%
11	Desmontaje de moto-reductor	4	2	4	32	1.1%	99%
12	Polea deflectora	4	2	3	24	0.8%	100%
13	Juego de trenes en pasamano	4	1	2	8	0.3%	100%
14	Montaje de stator	5	1	1	5	0.2%	100%

Fuente: Elaboración propia

El análisis del nivel de prioridad de riesgo toma en cuenta la severidad de fallas, la ocurrencia y el nivel de detección de las mismas, a fin de contar con una evaluación ponderada sobre las fallas y averías de ascensores. En este sentido, las puntuaciones de cada aspecto van desde el 1 al 10, siendo 10 el valor más alto o crítico y 1 el que menor impacto genera; a partir de ello, el tipo de falla de mayor prioridad corresponde al desmontaje de poleas de contrapeso que alcanza una severidad de 10, ocurrencia de 10 y dificultad de detección de 9 y el NPR fue de 900; según los datos de la tabla de ponderación mostradas en el marco teórico, este número corresponde a una falla de riesgo alto que requiere trabajos en el corto plazo. En segundo lugar, se ubica el realineamiento de rieles con un NPR de 810 seguido por instalar cables de acero con 729 puntos, en tanto que un aspecto que también presenta riesgo alto fueron los problemas de aceiteras de rieles y contrapeso con 180 puntos. Las demás tipologías de fallas presentan valores inferiores a 125; por lo tanto, cuentan con un riesgo bajo y un tratamiento en el mediano plazo según las condiciones que se presenten. A modo de resumen se presenta la figura del análisis de Pareto a continuación.

Figura 17

Análisis de Pareto del nivel de prioridad de riesgo según tipo de fallas



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra el nivel de prioridad de riesgo según el tipo de fallas; las barras representan la frecuencia relativa y la curva la frecuencia acumulada hasta lograr el 100% de la explicación del problema. La distribución de los datos evidencia que se cumple con el principio de Pareto, también conocido como regla de 80-20, donde pocas causas explican gran parte del problema central; por lo tanto, será necesario, para reducir el nivel de riesgo, solucionar en el corto plazo los problemas relacionados al desmontaje de poleas de contrapeso, la realineación de rieles y la instalación de cables de acero.

El análisis modal de fallas y efectos se complementa a través de la ficha AMEF, puesto que, a partir de los datos anteriores, se procede a detallar los efectos potenciales del fallo, las verificaciones y controles actuales, entre otras implicancias que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16

Ficha de análisis AMEF

FICHA AMEF											Código:			
Cliente:											Fecha:			
Denominación producto:											Preparado por:			
Taller											Revisado por:			
Descripción de la fase	Efecto/s potencial/es del fallo	Severidad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Persona(s) responsable(s)	Resultado de las acciones				
										Frecuencia de trabajo	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Desmontaje de poleas de contrapeso	Detenimiento progresivo de ascensor	10	Desgaste de piezas, mal mantenimiento	10	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	9	900	Cambio de piezas	Marco	Semanal	3	4	4	48
Re-alineamiento de rieles	Deficiencia equilibrio de ascensor	9	Uso excesivo de batería	9	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	10	810	Mantenimiento general	Marco	Semanal	3	3	4	36
Instalar cables de acero	Deficiencia equilibrio de ascensor	9	Desgaste de piezas, mal mantenimiento	9	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	9	729	Corrección del sistema	Marco	Semanal	2	3	4	24
Aceiteras de rieles y contrapeso	Detenimiento progresivo de ascensor	5	Falta de mantenimiento	6	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	6	180	Reparación de piezas	Marco	Semanal	2	3	3	18
Instalación de fajas	Fallas en motor	4	Desgaste de piezas, mal mantenimiento	5	Mantenimiento preventivo mensual y según kilometraje	6	120	Mantenimiento preventivo	Marco	Semanal	2	4	2	16
Planchado de Cabina	Poca accesibilidad al ascensor	3	Golpes y daños	4	Mantenimiento preventivo mensual y según	5	60	Mantenimiento general	Marco	Quincenal	2	2	4	16
Cortinas de luz	Poca accesibilidad al ascensor	4	Desgaste de piezas, mal mantenimiento	4	Mantenimiento preventivo mensual y según	3	48	Corrección del sistema	Marco	Quincenal	2	2	3	12
Instalación de vidrios	Poca accesibilidad al ascensor	5	Falta de mantenimiento	3	Mantenimiento preventivo mensual y según	3	45	Mantenimiento preventivo	Marco	Quincenal	2	2	2	8
Ruedas, aceiteras, guías	Fallas en motor	4	Golpes y daños	3	No presenta	3	36	Reparación de piezas	Marco	Mensual	2	1	2	4
Instalación de paso de energía	Detenimiento progresivo de ascensor	4	Según daño	2	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	5	40	Mantenimiento general	Marco	Mensual	2	2	1	4
Desmontaje de motoreductor	Deficiencia equilibrio de ascensor	4	Según daño	2	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	4	32	Reparación de piezas	Marco	Mensual	1	2	2	4
Polea deflectora	Problemas de operatividad y respuesta	4	Según daño	2	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	3	24	Mantenimiento preventivo	Marco	Mensual	2	1	1	2
Juego de trenes en pasamano	Poca accesibilidad al ascensor	4	Según daño	1	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	2	8	Mantenimiento general	Marco	Mensual	1	2	1	2
Montaje de stator	Fallas en motor	5	Según daño	1	Mantenimiento correctivo en caso de fallas	1	5	Mantenimiento general	Marco	Mensual	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

La ficha de análisis AMEF anterior muestra el detalle de la descripción de cada fase o tipo de falla. El desmontaje de las poleas de contrapeso tiene un efecto potencial de fallo de detener de forma progresiva el ascensor y la causa potencial se debe a un desgaste de las piezas por un deficiente mantenimiento, los controles o verificaciones iniciales fueron el mantenimiento correctivo ante falas; mediante una evaluación a detalle se ha visto necesario como acción recomendada el cambio de piezas a los ascensores más críticos, este trabajo será progresivo de forma semanal para no afectar las operaciones. El producto del cambio permitirá una reducción del NPR de 900 (riesgo alto) a 48 (riesgo medio), en tanto que dicho indicador seguirá disminuyendo con el paso del tiempo y de los trabajos preventivos.

La falla del realineamiento de rieles tiene un efecto potencial de mostrar un deficiente equilibrio del ascensor, lo cual es bastante incomodo para los clientes, ello se debe al uso excesivo de la batería o problemas en el sistema eléctrico y los controles iniciales solo se centran en un mantenimiento correctivo. El análisis determina que es necesario un mantenimiento general de forma semanal para lograr cambios significativos, en tanto que se espera una reducción del NPR de 810 a 36. Por otro lado, también se ha procedido a un análisis similar para los problemas con los cables de acero, puesto que se espera mediante la corrección de fallas en el sistema de forma semanal obtener una disminución del NPR de 729 a 24 puntos, logrando un riesgo bajo.

De forma análoga se ha mostrado la descripción de los efectos potenciales para los 14 tipos de fallas que presentan los ascensores, dado que se ha detallado las verificaciones iniciales, las acciones recomendadas y la frecuencia de los trabajos para lograr un cambio significativo en la siguiente etapa del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

La fase central de la implementación de cambios corresponde al mantenimiento centrado en la confiabilidad, es decir, la programación de los trabajos orientados a incrementar la disponibilidad de los ascensores. El análisis modal de fallas y efectos previo fue de gran importancia dado que se determinó el tipo de averías a tomar en cuenta con gran importancia para lograr una mejora en el corto plazo. En primer lugar, se muestra el procedimiento de trabajo para el mantenimiento preventivo de ascensores diseñado por el equipo experto en el tema a través de la siguiente figura.

Figura 18

Procedimiento de trabajo para el mantenimiento preventivo de ascensores

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO ASCENSOR		MANTTO INDUSTRIAL MAEL SAC.
Código: PETS-01	Versión: 01	
Área: Mantenimiento y Reparaciones	FECHA: 10/03/2021	

Página 1 de 19

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ASCENSOR

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Elvio Gonzales S. Sup. Operaciones Firma:	Reyna Toribio Sub Gerente MAEL Firma:	Marco A. La Rosa Valles Gerente MAEL Firma:

PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO ASCENSOR		MANTTO INDUSTRIAL MAEL SAC.
Código: PETS-01	Versión: 01	
Área: Mantenimiento y Reparaciones	FECHA: 10/03/2021	

SEGURO

Fecha: 01/12/2020
Página 2 de 19

Versión: 05

- OBJETIVO**
Establecer la metodología de trabajo a seguir para realizar el mantenimiento preventivo de ascensores tomando en cuenta las disposiciones de seguridad.
Establecer medidas de control para la prevención de contagio covid-19.
- ALCANCE**
Este procedimiento se aplica a todas las áreas operativas y administrativas de MAEL SAC, así como a todos sus contratistas.
- RESPONSABLES**
 - Gerente de Servicio:**
Aprobar el presente procedimiento.
Asegurar el cumplimiento de este procedimiento.
Brindar los recursos necesarios para la implementación del procedimiento.
 - Superintendente Servicio Otis:**
Revisar el presente procedimiento.
Cumplir y hacer cumplir el procedimiento.
 - jefe SSOMA:**
Revisar el procedimiento, controlando las versiones vigentes del mismo.
Mantener el control sobre los registros generados y su actualización.
Consolidar, conservar y proteger la documentación.
 - Supervisor SSOMA:**
Elaborar, actualizar el procedimiento, velar por su implementación y administración.
Verificar en campo el cumplimiento del presente procedimiento.
Identificar oportunidades de mejora y/o condiciones inseguras.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se muestra un formato de solicitud de trabajos de mantenimiento en la siguiente tabla.

Tabla 17

Solicitud de mantenimiento de ascensor

Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.	SOLICITUD DE MANTENIMIENTO DE ASCENSOR	Código: RF-P-04-F-01
		Versión: 04
		Fecha: __/__/2021
FECHA	<input type="text"/>	Servicio:
SERIE	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MODELO	<input type="text"/>	<input type="text"/>
MARCA	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<p>Muy cordialmente me permito informar que al ascensor en mención, se hace necesario realizarle el siguiente, mantenimiento o reparación:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
<p>RIESGOS: Es importante tener en cuenta que de no realizar lo anterior podría conllevar a riesgos tales como:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
<p>Atentamente,</p>		
TÉCNICO	<input type="text"/>	_____
DNI	<input type="text"/>	Coordinador
FIRMA	<input type="text"/>	

Fuente: Elaboración propia

El formato anterior de solicitud de trabajos de mantenimiento es importante dado que el cliente puede detallar los problemas o fallas relacionadas al ascensor. Asimismo, se indican aspectos como la fecha de la solicitud, la serie, el modelo y la marca del equipo, en tanto que se debe especificar el tipo de servicio a realizar. Por otro lado, se cuenta con un espacio para indicar los comentarios del tipo de mantenimiento o reparación a solicitar y tomar en cuenta

algunos riesgos que se pueden presentar. Para controlar los trabajos de mantenimiento se presenta el siguiente check list.

Tabla 18

Check list de mantenimiento

		CHECK LIST DE MANTENIMIENTO					F01-MAEL-20
ÁREA						FECHA	
ENCARGADO	MARCO						
ASPECTOS A VERIFICAR	CUMPLIMIENTO		GRADO DE ACCIÓN			OBSERVACIONES	
	SI	NO	A INMEDIATA	B PRONTO	C POSTERIOR		
Limpeza							
Limpeza lavado de requerimientos de materiales							
Limpeza del sistema eléctrico							
Limpeza de drenaje, bandeja y filtros de aire							
Mantenimiento preventivo							
Lubricación							
Rodamientos							
Funcionamiento operativo							
Conexión eléctrica							
Suelo							
Banda							
Puntos internos							
Sistema eléctrico							
Cables eléctricos debidamente entubados.							
Los empalmes o conexiones están en buen estado.							
Tomas e interruptores en buen estado							
Cables en buen estado.							
Los tableros, cajas y circuitos están identificados.							
Los tableros y cajas están libres de obstáculos.							
Existe señalización de peligros.							
Observación del desempeño de tareas							
El personal tiene claro que hacer en caso de un incidente dentro del proceso de mantenimiento							
Se conoce el procedimiento para el mantenimiento además de las responsabilidades							
Los colaboradores usan y cuidan sus EPP.							
Comentarios adicionales							

Fuente: Elaboración propia

El check list de mantenimiento contiene aspectos a verificar dentro de los trabajos, tales como la limpieza, el mantenimiento preventivo, las correcciones del sistema eléctrico y las observaciones del desempeño de tareas; por lo tanto, se cuenta con un espacio para colocar si se cumplen o no con las especificaciones y se debe detallar el grado de acción, siendo A para un trabajo inmediato, B para pronto y C para posterior. Finalmente, se debe anotar algunas observaciones o comentarios adicionales para labores en el futuro.

Tabla 19

Informe técnico del servicio de mantenimiento

INFORME TÉCNICO DE SERVICIO		Código: FRT.22				
		Versión: 05				
Pág. 1 de 2						
NOMBRE DEL EQUIPO		Nº DE INVENTARIO	FECHA DE MANTENIMIENTO (DD/MM/AAAA)			
MANTENIMIENTO APLICADO <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> Verificación <input type="checkbox"/> Repotenciación		TIEMPO ESTIMADO DE MANTENIMIENTO	TIEMPO UTILIZADO DE MANTENIMIENTO			
FECHA ENTREGA EQUIPO:		Ubicación (Campus, edificio, Piso y Salón)				
No de Solicitud	Tipo de Solicitud <input type="checkbox"/> SIMAT <input type="checkbox"/> NO SIMAT					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO:						
ELECTRÓNICA <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> Verifica funcionamiento <input type="checkbox"/> Mantenimiento sistema óptico <input type="checkbox"/> Mantenimiento sistema mecánico <input type="checkbox"/> Mantenimiento y verificación de tarjetas <input type="checkbox"/> Mantenimiento de sistema eléctrico <input type="checkbox"/> Mantenimiento de fuente de energía		ELECTRICIDAD <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> Resistencias <input type="checkbox"/> Borneras (reapretar) <input type="checkbox"/> SSR <input type="checkbox"/> Conectores (reapretar) <input type="checkbox"/> Refractario <input type="checkbox"/> Pulsadores <input type="checkbox"/> Termopar <input type="checkbox"/> Instrumentación <input type="checkbox"/> Pilotos de señalización <input type="checkbox"/> Sensor (s) <input type="checkbox"/> Fusibles <input type="checkbox"/> Medidas de tensión <input type="checkbox"/> Motor (s) <input type="checkbox"/> Contactores <input type="checkbox"/> Medidas de corriente <input type="checkbox"/> Cableado <input type="checkbox"/> Relevos <input type="checkbox"/> Medidas de resistencia <input type="checkbox"/> Termostato <input type="checkbox"/> Térmico <input type="checkbox"/> Medidas de aislamiento <input type="checkbox"/> Cambio de escobillas <input type="checkbox"/> Revisión Reloj <input type="checkbox"/> Revisión Control de Velocidad <input type="checkbox"/> Revisión Eléctrica <input type="checkbox"/> Ajustes mecánicos <input type="checkbox"/> Lubricación <input type="checkbox"/> Medición RPM <input type="checkbox"/> Mantenimiento				
REFRIGERACIÓN <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> Revisión y ajustes del sistema eléctrico <input type="checkbox"/> Medición de corriente y tensión <input type="checkbox"/> Medición de presiones <input type="checkbox"/> Cambio de partes eléctricas <input type="checkbox"/> Cambio de partes mecánicas <input type="checkbox"/> Revisión de carga de refrigerante <input type="checkbox"/> Ajuste de carga de refrigerante <input type="checkbox"/> Lavado/Limpieza de serpentín evaporador <input type="checkbox"/> Lavado de filtros <input type="checkbox"/> Limpieza de desagües <input type="checkbox"/> Lavado/Limpieza de serpentín condensador <input type="checkbox"/> Lubricación de Motores <input type="checkbox"/> Engrase de chumaceras <input type="checkbox"/> Alineación de poleas <input type="checkbox"/> Tensión de correas <input type="checkbox"/> Ajustes mecánicos <input type="checkbox"/> Pruebas y verificación de Funcionamiento		MECÁNICA <input type="checkbox"/> Aplica <input type="checkbox"/> No aplica <input type="checkbox"/> Servicio del taller de mecánica <input type="checkbox"/> Fabricación, repuestos en máquinas y herramientas <input type="checkbox"/> Mantenimiento parcial del equipo <input type="checkbox"/> Mantenimiento total o general mecánico <input type="checkbox"/> Cambio de rodamientos <input type="checkbox"/> Interventoría <input type="checkbox"/> Diseño y montaje de partes mecánicas <input type="checkbox"/> Urgencia técnica <input type="checkbox"/> Apoyo a otro taller <input type="checkbox"/> Apoyo a proyectos de grado <input type="checkbox"/> Compras de repuestos <input type="checkbox"/> Gestión técnicas con proveedores externo (mecánica) <input type="checkbox"/> Servicio a domicilio del servicio				
USO DE REPUESTOS Y/O MATERIALES <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Técnico de Apoyo:						
REPUESTOS	CNT	COSTO	MATERIALES	Cantidad	COSTO	Herramientas
TOTAL			TOTAL			

Fuente: Elaboración propia

El informe técnico del servicio de mantenimiento contiene aspectos como la descripción del trabajo realizado, a fin de que tanto el cliente como el supervisor pueda conocer según la clasificación el tipo de actividad necesaria para incrementar la disponibilidad. Además, se ha colocado una sección para comentar los repuestos o materiales en caso sea necesario y detallar los costos asociados a dicha partida. Un elemento importante es la hoja de decisión RCM a fin de contar con un orden para la ejecución del mantenimiento, ello se presenta a continuación.

Tabla 20

Hoja de decisión RCM

Hoja de decisiones RCM								Área: Mantenimiento de equipos								
								Equipos: Ascensores								
Equipo	Referencias de información			Evaluación de Consecuencias				Acción a falta de						Tarea Propuesta	Intervalo Inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
	FB	FM	FA	H	S	N	O	O1	O2	O3	H1	H2	H3			
ADM-JP		X		X				Desmontaje de poleas de contrapeso			Aceiteras de rieles y contrapeso			Cambio de piezas	1S	Marco
ALIC-ASC			X	X			X	Instalación de fajas			Desmontaje de poleas de contrapeso			Mantenimiento general	5D	Marco
ATL-III-ASC		X		X				Instalación de vidrios			Re-alineamiento de rieles			Corrección del sistema	1S	Marco
BCP-ASC		X		X				Aceiteras de rieles y contrapeso			Instalar cables de acero			Reparación de piezas	4D	Marco
PSM-ASC		X		X			X	Desmontaje de motoreductor			Aceiteras de rieles y contrapeso			Mantenimiento preventivo	3D	Marco
CRP-ASC			X	X				Aceiteras de rieles y contrapeso			Desmontaje de poleas de contrapeso			Mantenimiento general	5D	Marco
CCPN-ASC			X	X				Ruedas, aceiteras, guías			Instalar cables de acero			Corrección del sistema	1S	Marco
CNP-ASC			X	X				Desmontaje de poleas de contrapeso			Instalación de fajas			Mantenimiento preventivo	4D	Marco
CRP-ASC		X		X			X	Polea deflectora			Re-alineamiento de rieles			Reparación de piezas	D	Marco
CRO-ASC		X					X	Planchado de Cabina			Instalar cables de acero			Mantenimiento general	1S	Marco
RED-ASC		X				X		Ruedas, aceiteras, guías			Instalación de fajas			Reparación de piezas	3D	Marco
FNX-ASC			X				X	Desmontaje de poleas de contrapeso			Desmontaje de poleas de contrapeso			Mantenimiento preventivo	1S	Marco
ICR-ASC		X					X	Planchado de Cabina			Planchado de Cabina			Mantenimiento general	4D	Marco
IMI-ASC		X					X	Juego de trenes en pasamano			Re-alineamiento de rieles			Mantenimiento general	1S	Marco
MASA-ASC-			X				X	Desmontaje de poleas de contrapeso			Instalar cables de acero			Mantenimiento preventivo	1S	Marco
MDL-ASC			X				X	Instalación de paso de energía			Planchado de Cabina			Mantenimiento general	8D	Marco
MIN-CAL-ASC			X				X	Desmontaje de poleas de contrapeso			Desmontaje de poleas de contrapeso			Corrección del sistema	10D	Marco
ONP-CV-ASC		X					X	Cortinas de luz			Cortinas de luz			Mantenimiento general	5D	Marco
RSI-ASC			X			X		Re-alineamiento de rieles			Re-alineamiento de rieles			Mantenimiento preventivo	1S	Marco
RP-ASC		X		X				Montaje de stator			Ruedas, aceiteras, guías			Corrección del sistema	4D	Marco
SF-ASC		X		X			X	Desmontaje de poleas de contrapeso			Desmontaje de poleas de contrapeso			Reparación de piezas	D	Marco
SEN-ASC			X	X				Aceiteras de rieles y contrapeso			Montaje de stator			Corrección del sistema	1S	Marco
SP-ASC		X				X		Re-alineamiento de rieles			Juego de trenes en pasamano			Reparación de piezas	3D	Marco
USMP-ASC			X				X	Instalación de paso de energía			Desmontaje de poleas de contrapeso			Corrección del sistema	1S	Marco
USIL-ASC		X					X	Re-alineamiento de rieles			Re-alineamiento de rieles			Mantenimiento preventivo	1S	Marco

Dónde: FB: Frecuencia baja, FM: Frecuencia media; FA: Frecuencia alta; H: Fallas ocultas; S: Fallas de seguridad y ambiente; O: Fallas operacionales; N: Fallas no operaciones

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa la ficha de decisión RCM en donde se comenta las referencias de información según la frecuencia de fallas; adicionalmente, se comenta sobre la evaluación de las consecuencias, especificando si se deben a fallas ocultas ambiente o seguridad, operacionales o no. Asimismo, dentro de la sección a falta, se comentan las causas operacionales y ocultas que han originado los problemas; a partir de ello, se establece una tarea propuesta según los intervalos especificados. Por otro lado, se ha desarrollado un formato para el control del mantenimiento de carácter correctivo que se presenta a continuación.

Tabla 21

Formato de control de mantenimiento correctivo

Formato de control de mantenimiento correctivo							
OBRA / CONVENIO: _____						N° de Parte 001 - Fecha / /	
I- Datos de la Maquinaria:							
Código de Ascensor :		<input type="text"/>	Tipo: <input type="text"/>		Modelo: <input type="text"/>		
II- Datos de Control Inicial							
Hora de Salida :		<input type="text"/> :	<input type="text"/>				
Hora de Llegada :		<input type="text"/> :	<input type="text"/>				
Horas de Traslado :		<input type="text"/> :	<input type="text"/>				
III- Control de Horas de Campo:							
Item	Código	Labor	Horas		Horas Efectivas	Nombre del Controlador	Observaciones
			Inicio	Fin			
1							
2							
3							
4							
Total Horas					<input type="text"/>	<input type="text"/>	
IV- Control de Tiempos Muertos							
Descripción		Tiempo					
Mantenimiento y/o Reparación		<input type="text"/>					
Esperando Indicaciones		<input type="text"/>					
Refrigerio		<input type="text"/>					
Condiciones		<input type="text"/>					
Otros		<input type="text"/>					
TOTAL		<input type="text"/>					
V- Abastecimientos de Insumos:							
Insumos	Unidad de Medid	Cantidad	OBS				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
VI- Ubicación de la(s) obra(s)							
.....							
.....							
.....							
VII- Ocurrencias							

Fuente: Elaboración propia

Las actividades de mantenimiento correctivo son importantes para solucionar los problemas de disponibilidad en el corto plazo, para ello, dentro del formato es necesario colocar el control de las horas de campo, el tiempo mediante el horario de llegada y salida, así como algunas indicaciones sobre los trabajos realizados y ocurrencias. Asimismo, se muestran más detalles en el formato de control del mantenimiento preventivo en la siguiente tabla.

Tabla 22

Formato de control de mantenimiento preventivo





Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.	FORMATO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
	CHECK LIST			FECHA	
				Día	Mes
DATOS DEL CLIENTE					FOLIO
NOMBRE					
DIRECCION					
TELEFONO		e-mail			
DESCRIPCION DEL ASCENSOR					
DISPOSITIVO	MARCA	MODELO	SERIE	INVENTARIO	CONDICIONES FISICA
Puertas					
Cabina					
Vidrios					
Panel					
Motor					
Cables					
OTRO					
Panel					
ENCIENDE?	Unidades		Botones Completos		CONDICIONES FISICAS
			SI	NO	
PROCESADOR					
Motor					
ENCIENDE?	Colores Correctos?		Botones Completos		CONDICIONES FISICAS
	SI	NO	SI	NO	
Cabina					
FUNCIONA CORRECTAMENTE?	Botones Completos			CONDICIONES FISICA	
			SI		
Complementos adicionales					
			SI	NO	
TRABAJO A REALIZAR					
COSTO ESTIMADO			S/ ()		
REVISIA				AUTORIZA/CLIENTE	
NOMBRE Y FIRMA			FIRMA		


Fuente: Elaboración propia

El formato anterior a modo de reporte sobre el mantenimiento preventivo posee una sección para el detalle de los clientes y conocer la empresa que lo requiere; por otro lado, se debe completar la sección de descripción del ascensor en temas como el estado de puertas, cabina, vidrios, panel, motor, cables, entre otros, en dichos puntos se comenta sobre la marca, modelo, serie, inventario y condiciones físicas. En un espacio más abajo se comenta sobre las condiciones de cada uno de estos aspectos a fin de conocer si es necesario profundizar en los trabajos y se debe comentar sobre los trabajos a realizar. Finalmente, se muestra un espacio para el costo estimado del trabajo y la autorización con la firma del cliente. Para evidenciar el análisis y acciones correctivas realizadas, se presentan las siguientes tablas con la explicación e imágenes de algunos trabajos en ascensores.

Tabla 23

Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor CNP-ASC

Acciones correctivas	Escenario previo	Escenario posterior
<p>Se necesita realizar lo siguiente: Realineamiento de rieles de cabina. Realineamiento de rieles de contrapesa. Recorte de rieles de cabina. Recorte de rieles de contrapesa. Dilatación de empalmes de rieles. Recorte de cable limitador de velocidad. Nivelación de pisos desde nivel semi sótano -6 hasta azotea nivel 17. Nivelación y regulación de hojas de puertas de cabina. Se muestra imágenes de los trabajos realizados pasar el cableado a realizar.</p>		
<p>Recorte de rieles de cabina. Recorte de rieles de contrapesa (Equipo oxiacetileno la parte de acero estructural y con soldadura chamfercord la parte de acero)</p>		

<p>Dilatación de empalmes de rieles.</p>		
<p>Recorte de cable limitador de velocidad.</p>		
<p>Nivelación de pisos desde nivel semi sótano -6 hasta azotea nivel 17.</p>		
<p>Regulación de puertas</p>		

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento anterior se realizó por parte del personal de MAEL SAC, el siguiente trabajo descrito tal como se indica con las imágenes, para el trabajo se necesitó los siguientes herramientas, materiales e insumos que se indica al final





- Equipo oxiacetileno
- Máquina de soldar

- Oxígeno industrial
- Gas de Acetileno
- Soldadura de voladura /corte chamfercord.

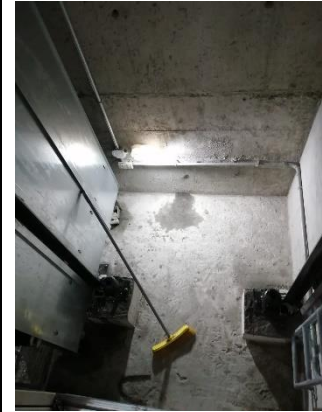
Se inicio los trabajos de reparación en los ascensores el día 10/10, culminando el día 31/10, se realiza las pruebas de funcionamiento ascensor en presencia del personal de administrativo y mantenimiento responsable por parte del cliente, quedando conforme con el funcionamiento del equipo y se firma acta en conformidad por el trabajo realizado.

Tabla 24

Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor RED-ASC

Acciones correctivas	Escenario previo	Escenario posterior
Servicio de desmontaje y montaje de polea deflectora de contrapeso		
Lavado de Rieles y cable cinta tracción		

Orden y Limpieza de ductos de ascensores





Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al a lo solicitado intervención para el desmontaje y montaje de polea deflectora de contrapeso. En los trabajos se observó un apriete en el rodamiento de polea la cual se informó al supervisor y aceptó su instalación previa consulta con el proveedor. Además, se hicieron trabajos de lavado de rieles y cables de cinta de tracción y el orden y limpieza en los ductos de ascensores.

Tabla 25

Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor MIN-CAL-ASC

Acciones correctivas	Escenario previo	Escenario posterior
<p>Se necesita realizar los siguientes trabajos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Servicio de Soldadura y reforzamiento de con perfiles estructurales y anclajes expansivos en paredes de ducto. -Realineamiento de rieles de 12 paradas -Desmontaje y montaje de polines de cabina. -Desmontaje y montaje de polines de contrapesa. -Cambio de garruchas y alineamiento de operador de puerta de pasillos. -Lavado de cable cinta de tracción y de rieles. <p>Nivelación y regulación de hojas de puertas de cabina.</p>		

<p>Se muestra imágenes de los trabajos realizados en los ascensores.</p>		
<p>Soldadura y Reforzamiento de rieles con perfiles estructurales y anclajes expansivos en paredes de ducto.</p>		
<p>Soldadura de reforzamientos metálicos.</p>		

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento anterior se realizó por parte del personal de MAEL SAC, para el trabajo se necesitaron los siguientes herramientas, materiales e insumos:

- Máquina de soldar

- Rotomartillo (taladro percutor)
- Broca para concreto de 3/8"
- Soldadura cellocord 6011
- Petróleo
- Bencina

Se inició los trabajos de reparación en los ascensores el día 02/11, culminando el día 18/12, se realiza las pruebas de funcionamiento ascensor en presencia del personal de administrativo y mantenimiento responsable por parte del cliente el presidente señor Carlos Cuenta y personal supervisor de OTIS, quedando conforme con el funcionamiento del equipo y se firma acta en conformidad por el trabajo realizado.

Tabla 26

Acciones correctivas en mantenimiento de ascensor MASA-ASC

Acciones correctivas	Escenario previo	Escenario posterior
Desmontaje y Montaje de polines de Cabina.		
Desmontaje y Montaje de polines de Contrapesa.		

<p>Realineamiento de rieles</p>		
<p>Cambio de guidores.</p>		
<p>Cambio de garruchas y Regulación de operador de puertas de pasillos.</p>		

Fuente: Elaboración propia

Para complementar la información sobre los trabajos preventivos, se ha diseñado un cronograma de atención enfocado en el tipo de falla a verificar, lo cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 27

Programación del mantenimiento preventivo

Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.	PROGRAMA TIPO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
	AÑO 2021												
OBJETIVO	INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD												
MANTENIMIENTO SEMANAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS
Desmontaje de poleas de contrapeso	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	FNX-ASC	
	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	
	USIL-ASC	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	
	FNX-ASC	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	
Re-alineamiento de rieles	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	FNX-ASC	
	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	
	USIL-ASC	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	
	FNX-ASC	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	
Instalar cables de acero	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	FNX-ASC	
	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	
	USIL-ASC	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	
	FNX-ASC	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	
Aceiteras de rieles y contrapeso	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	FNX-ASC	
	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	
	USIL-ASC	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	
	FNX-ASC	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	
Instalación de fajas	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	FNX-ASC	
	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	
	USIL-ASC	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	
	FNX-ASC	ICR-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	
MANTENIMIENTO MENSUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	OBS
Planchado de Cabina	ADM-JP	ATL-III-ASC	PSM-ASC	CCPN-ASC	CNP-ASC	CRP-ASC	FNX-ASC	ICR-ASC	ONP-CV-ASC	RP-ASC	SEN-ASC	USIL-ASC	
Cortinas de luz	ALIC-ASC	BCP-ASC	CRP-ASC	CRO-ASC	RED-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	RSI-ASC	SF-ASC	SP-ASC	
Instalación de vidrios	PSM-ASC	MASA-ASC	MDL-ASC	MIN-CAL-ASC	ONP-CV-ASC	RSI-ASC	RP-ASC	SF-ASC	SEN-ASC	SP-ASC	USMP-ASC	USIL-ASC	
Ruedas, aceiteras, guías	ADM-JP	ALIC-ASC	ATL-III-ASC	CNP-ASC	CRO-ASC	FNX-ASC	IMI-ASC	MASA-ASC	ONP-CV-ASC	RP-ASC	SEN-ASC	USMP-ASC	
Instalación de paso de energía	ADM-JP	ALIC-ASC	BCP-ASC	PSM-ASC	CRP-ASC	CCPN-ASC	CRP-ASC	RED-ASC	ICR-ASC	MIN-CAL-ASC	SF-ASC	USIL-ASC	

Fuente: Elaboración propia

La programación del mantenimiento preventivo se basa en el objetivo de incrementar la disponibilidad; a partir de ello, se ha desarrollado la programación de trabajos según el tipo de falla preponderante en cada equipo, puesto que los temas relacionados al desmontaje de poleas de contrapeso, el realineamiento de rieles, la instalación de cables de acero, las aceiteras de rieles y contrapeso y la instalación de fajas cuenta con una programación semanal, tratando 4 ascensores por mes. Por otro lado, los demás tipos de averías desarrollan a una programación mensual dado que presentaron menor nivel de riesgo en el análisis AMEF.

Figura 19

Evidencia de mantenimiento de ascensores



Fuente: Elaboración propia

Las imágenes anteriores evidencian los trabajos de mantenimiento en los ascensores, dado que el equipo de trabajo se encuentra comprometido con el incremento de la disponibilidad; muchos de los trabajos se realizan dentro de la empresa que solicita el servicio puesto que las fallas han logrado detener los ascensores y se requiere de un trabajo rápido para solucionar el inconveniente.

- Supervisiones y control

La última etapa corresponde al sistema de supervisiones y controles, ello permite mantener los cambios desarrollados y orientar los trabajos hacia la mejora continua; en este sentido, se ha diseñado formatos, controles y cronograma para orientar las actividades con la colaboración de todo el personal.

Tabla 28

Reporte de auditorias

Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.	Proceso:		Código:	xxxxx
	Documento:		Versión:	1
	Fecha:		Páginas:	1 DE 1
IDENTIFICACION				
ACTIVIDAD				
UBICACIÓN				
NOMBRE DE QUIEN REPORTA				
FECHA DE REPORTE (dd/mm/aa)				
DESCRIPCION DEL ACTO OBSERVADO		DESCRIPCION DE LA CONDICION OBSERVADA		
ACCION CORRECTIVA INMEDIATA		SUGERENCIA PARA PREVENIR SU REPETICION		
ANALISIS				
ACEPTABLE	BAJO	MODERADO	ALTO	INTOLERABLE
ACCIONES CORRECTIVAS, PREVENTIVAS Y DE MEJORA TOMADAS				
RESPONSABLE DE LAS ACCIONES TOMADAS				
FECHA DE CIERRE DEL ACTO O CONDICION INSEGURA				
NOMBRE DEL FUNCIONARIO QUE REALIZA EL CIERRE				

Fuente: Elaboración propia

El reporte de auditorias permite conocer la situación real del sistema de mantenimiento, en tanto que el formato contiene la descripción del acto, las condiciones, se detalla las medidas correctivas y se sugieren cambios para prevenir su aparición. Adicionalmente, se debe marcar si el análisis ha determinado un desempeño aceptable, bajo, moderado, alto o intolerable y finalmente se detallan a fondo las acciones correctivas.

Tabla 29

Formato de inspección

FORMATO DE INSPECCIÓN									
Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C.	Proceso:			Código:					
	Documento:			Versión:					
	Fecha:			Páginas:					
DATOS GENERALES									
FECHA DE VERIFICACIÓN:			SEDE:						
NOMBRE DEL RESPONSABLE:			CARGO:						
DESCRIPCIÓN DE LAS LABORES QUE SE REALIZAN									
Área o espacio en el que se ejecuta la labor.				Descripción de la labor					
ELECTRICOS				SI	NO	N/A	OBSERVACIONES	CLASE	ACCIÓN RECOMENDADA
1	Entubados y protegidos								
2	Aislados								
3	Toma corriente sin sobrecarga								
4	Exteniones electricas sin uniones y aisladas								
5	caja de paso en buen estado								
ILUMINACIÓN									
6	Suficiente número de iluminarias								
7	Luminarias ubicadas perpendicularmente respecto								
8	Luminarias limpias y en buen estado								
9	Uso de persianas o cortinas para controlar la cantidad de luz								
INSTALACIONES LOCATIVAS									
PISOS									
10	En buen estado								
11	antideslizantes, sin materiales cortopunzantes								
PAREDES									
12	En buen estado								
13	bien asegurados								
CABINA									
14	De 60 de ancho o más								
15	Huella de 30 cms o más								
16	Angulo de inclinación superior a 30°								
17	En buen estado (peldaños, huellas y barandas)								
18	Con pasamanos								
19	Piso antideslizante								
ESPACIOS DE TRABAJO - ORDEN Y ASEO									
20	Suficiente para la movilización de personas , objetos y materiales								
21	Vías de circulación libres, demarcadas, limpias y ordenados								
22	Cajones de archivadores y puertas de armarios que se encuentren cerradas								
23	Condiciones de higiene y limpieza de los puestos de trabajo controlados								

Fuente: Elaboración propia

El formato de inspección muestra la revisión del equipo respecto a los temas eléctricos del funcionamiento, la iluminación, las instalaciones locativas como pisos, paredes, cabinas; por otro lado, también se revisa las condiciones del espacio de trabajo sobre el orden y limpieza para constatar que se han ejecutado las operaciones de forma adecuada. Adicionalmente, se ha desarrollado un cronograma de auditorias para organizar las revisiones a lo largo de 12 meses y ello se presenta a continuación.

El cronograma de auditorias se basa en 3 tipos, a nivel interno sobre la disponibilidad de ascensores con indicadores de MTBF y MTTR, las auditorias en RCM donde se evalúa la seguridad de los procedimientos de confiabilidad y finalmente, el sistema de mejora continua. Adicionalmente, se clasifican las auditorias sobre elementos programados y no, dado que se debe ajustar el sistema hacia la mejora continua del proceso en todo momento y no solo en aquellos momentos del control.

Figura 20

Evidencia de controles e inspecciones



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se evidencia que el investigador se ha comprometido en el tema de controles y supervisa los trabajos en los ascensores a fin de observar el cumplimiento del debido proceso; todo ello trae como resultado el incremento de la disponibilidad de equipo como se planteo al inicio de la investigación.

3.4. Escenario posterior a la implementación

Los cambios en la gestión han logrado mejorar el desempeño operativo en las labores; a partir de ello, se presentan los datos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio para reparaciones (MTTR), correspondientes al periodo posterior a la implementación.

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes a la etapa anterior y posterior a la implementación RCM; donde se consideran los porcentajes de cumplimiento de las tareas de mantenimiento, la confiabilidad del proceso y los niveles de prioridad de riesgo.

Tabla 31

Análisis posterior de la metodología RCM

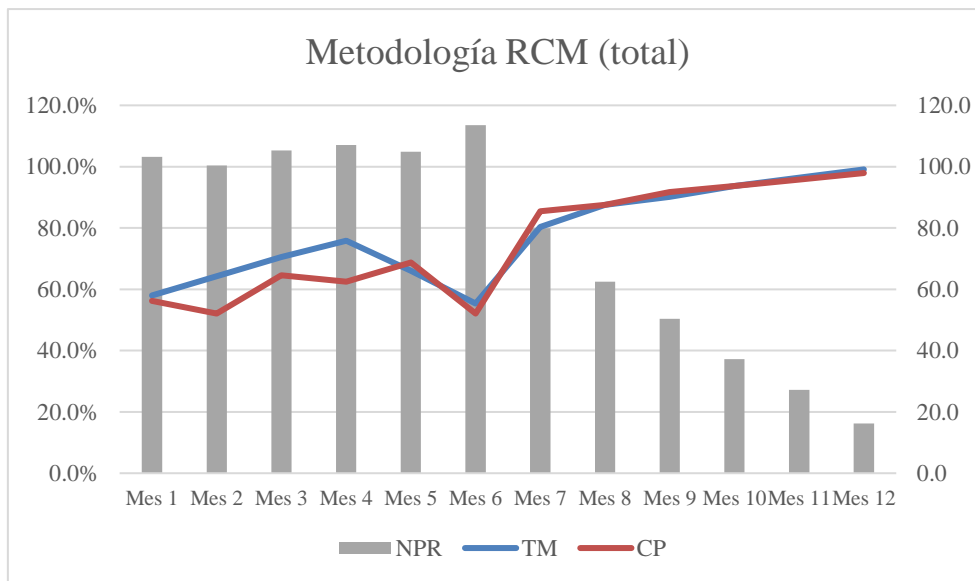
		Variable independiente: RCM									
		Tareas de mantenimiento.			Confiabilidad del proceso			Nivel de Prioridad de Riesgo			
		Tareas cumplidas	Tareas programadas	TM	Inspecciones Hoja RCM	Inspec. Program.	CP	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR
Pre-test	Mes 1	65	112	58.0%	27	48	56.3%	5.0	4.8	4.3	103.2
	Mes 2	72	112	64.3%	25	48	52.1%	5.1	4.1	4.8	100.4
	Mes 3	79	112	70.5%	31	48	64.6%	5.2	4.5	4.5	105.3
	Mes 4	85	112	75.9%	30	48	62.5%	5.3	4.3	4.7	107.1
	Mes 5	74	112	66.1%	33	48	68.8%	5.2	4.2	4.8	104.8
	Mes 6	62	112	55.4%	25	48	52.1%	5.3	4.4	4.9	113.5
Post-test	Mes 7	90	112	80.4%	41	48	85.4%	5.2	3.2	4.8	79.9
	Mes 8	98	112	87.5%	42	48	87.5%	4.8	3.1	4.2	62.5
	Mes 9	101	112	90.2%	44	48	91.7%	4.2	3.0	4.0	50.4
	Mes 10	105	112	93.8%	45	48	93.8%	3.8	2.8	3.5	37.2
	Mes 11	108	112	96.4%	46	48	95.8%	3.2	2.5	3.4	27.2
	Mes 12	111	112	99.1%	47	48	97.9%	3.1	1.8	2.9	16.2

Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que el nivel de cumplimiento de las tareas de mantenimiento en el periodo posterior osciló entre 80.4% y 99.1%; mientras que, el nivel de confiabilidad del proceso se calculó entre los valores de 85.4% y 97.9%; a su vez, el NPR tomó un valor máximo de 79.9 y un valor mínimo de 16.2. La información anterior revela un impacto positivo dentro del sistema de trabajo, ello beneficia la imagen de la empresa, en tanto que los clientes logran una mayor satisfacción por el resultado final.

Figura 21

Análisis posterior de la metodología RCM



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior, se muestra la representación gráfica del nivel de cumplimiento de los ítems RCM en la etapa previa y posterior; donde se evidencia una evolución del porcentaje de cumplimiento de las tareas de mantenimiento y de la confiabilidad del proceso; asimismo, los niveles críticos experimentaron una reducción considerable, hasta alcanzar su mínimo histórico de 16.2. En este sentido, la tendencia positiva de los niveles de cumplimiento de mantenimiento y la reducción sostenida del nivel de riesgo evidencian un desempeño adecuado y eficiente.

Variable dependiente: Disponibilidad

Los cambios en el sistema de mantenimiento fueron para mejorar la disponibilidad operativa de los ascensores; a continuación, se muestran los valores MTBF y MTTR pertenecientes al periodo posterior a la implementación; así como los valores finales de la variable disponibilidad.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

En primer lugar, se exponen una tabla con los valores MTBF obtenidos en la etapa posterior a la implementación RCM; asimismo, se muestran los valores previos, a fin de obtener una perspectiva mayor de su evolución.

Tabla 32

Análisis posterior del tiempo medio entre fallas (MTBF)

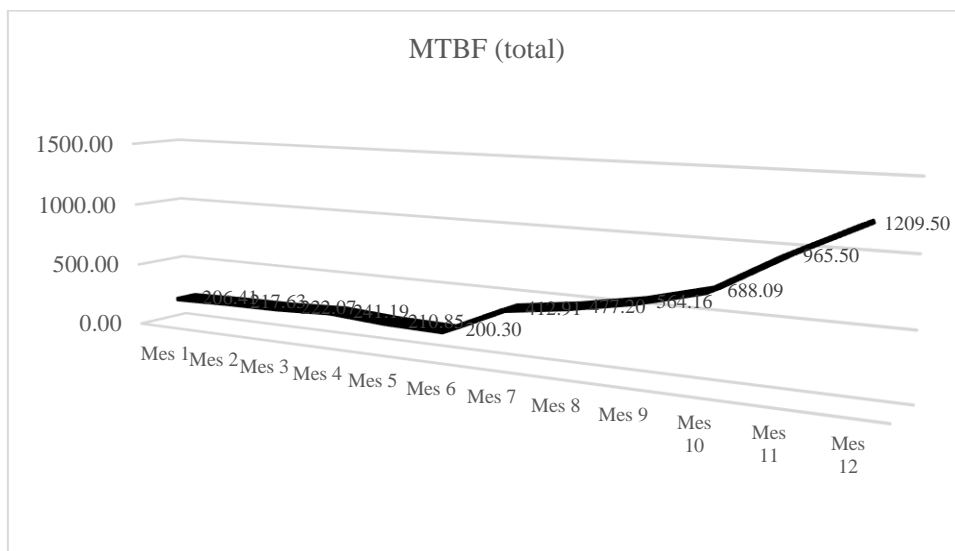
		Tiempo medio entre fallas		
		Horas de operación	N° fallas	MTBF
Pre-test	Mes 1	9082	44	206.41
	Mes 2	9140.4	42	217.63
	Mes 3	9105	41	222.07
	Mes 4	9165.2	38	241.19
	Mes 5	9066.4	43	210.85
	Mes 6	9013.5	45	200.30
Post-test	Mes 7	9496.9	23	412.91
	Mes 8	9544	20	477.20
	Mes 9	9590.8	17	564.16
	Mes 10	9633.2	14	688.09
	Mes 11	9655	10	965.50
	Mes 12	9676	8	1209.50

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se observa, las horas de operación se incrementaron de 9496.9 en el mes 7 a 9676 en el mes 12; mientras que, el número de fallas se redujo de 23 a 8 en el mismo periodo. Por tanto, el MTBF ascendió de 412.91, en el primer mes de implementación, a 1209.5, en el último mes.

Figura 22

Análisis posterior del tiempo medio entre fallas (MTBF)



Fuente: Elaboración propia

De manera complementaria, se muestra gráficamente la evolución del valor MTBF mensual a lo largo del año en estudio; donde se evidencia que el MTBF mejoró considerablemente a partir de la implementación RCM, ascendiendo de 200.3 hasta 1209.5 en el último mes de implementación.

Tiempo medio para reparaciones (MTTR)

A su vez, se realiza el análisis del tiempo medio para reparaciones, conocido como MTTR para el periodo posterior. En la tabla siguiente también se observan los valores obtenidos en la etapa previa, los mismos que son de utilidad para realizar un análisis de la evolución total.

Tabla 33

Análisis posterior del tiempo para reparaciones (MTTR)

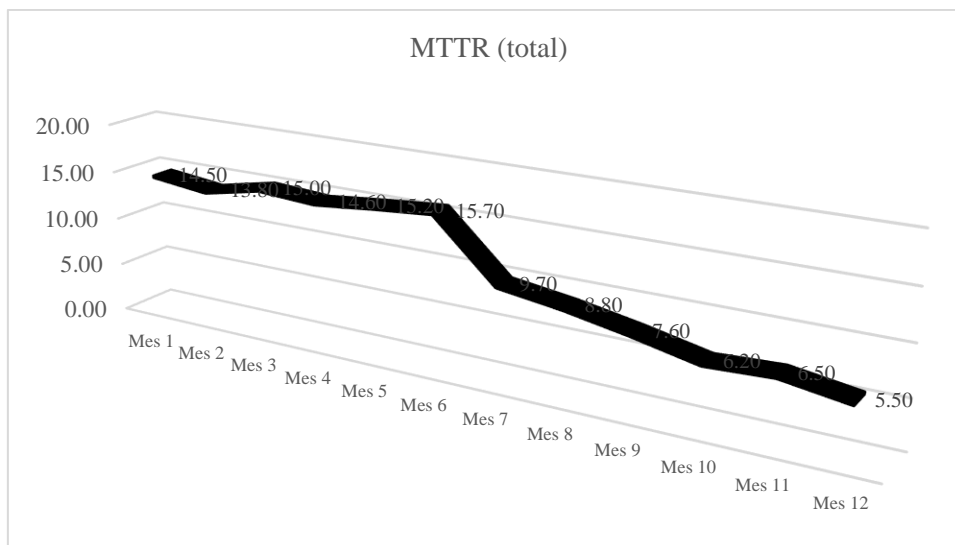
		Tiempo medio para reparaciones		
		Horas de mantt.	N° fallas	MTTR
Pre-test	Mes 1	638.0	44	14.50
	Mes 2	579.6	42	13.80
	Mes 3	615	41	15.00
	Mes 4	554.8	38	14.60
	Mes 5	653.6	43	15.20
	Mes 6	706.5	45	15.70
Post-test	Mes 7	223.1	23	9.70
	Mes 8	176	20	8.80
	Mes 9	129.2	17	7.60
	Mes 10	86.8	14	6.20
	Mes 11	65	10	6.50
	Mes 12	44	8	5.50

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se muestra, las horas de mantenimiento, luego de la implementación, se redujeron considerablemente de 223.1 a 44; a su vez, el número de fallas se redujo de 23 a 8 a lo largo del periodo; por lo que el MTTR también disminuyó, alcanzando un valor mínimo de 5.5 en el último mes de implementación.

Figura 23

Análisis posterior del tiempo para reparaciones (MTTR)



Fuente: Elaboración propia

Tal y como se muestra, las horas de mantenimiento, luego de la implementación, se redujeron considerablemente de 223.1 a 44; a su vez, el número de fallas se redujo de 23 a 8 a lo largo del periodo; por lo que el MTTR también disminuyó, alcanzando un valor mínimo de 5.5 en el último mes de implementación.

Disponibilidad

Por último, se muestran los valores correspondientes a la variable dependiente disponibilidad, tanto en la situación previa como en la situación posterior a la implementación de la metodología RCM.

Tabla 34

Análisis posterior de la disponibilidad

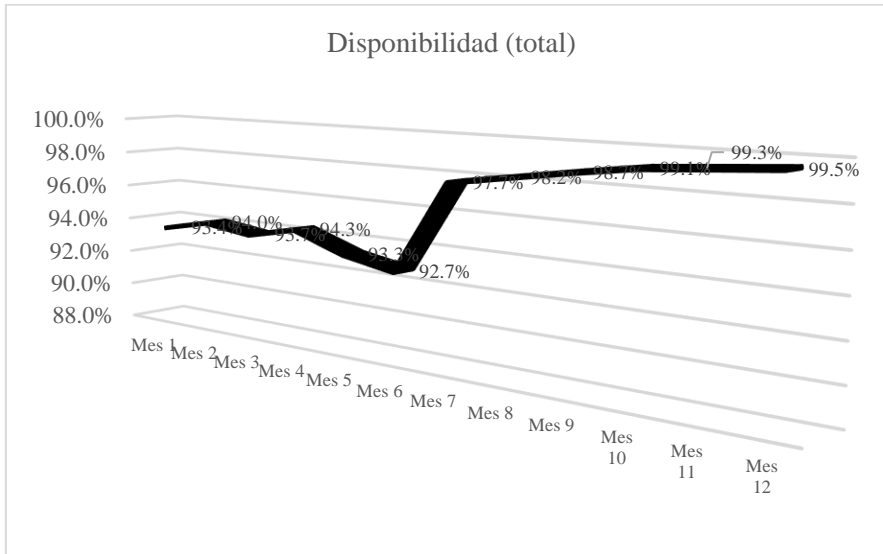
		Variable dependiente: Disponibilidad						
		Tiempo medio entre fallas			Tiempo medio para reparaciones			Disponibilidad.
		Horas de operación	N° fallas	MTBF	Horas de mantt.	N° fallas	MTTR	
Pre-test	Mes 1	9082	44	206.41	638.0	44	14.50	93.4%
	Mes 2	9140.4	42	217.63	579.6	42	13.80	94.0%
	Mes 3	9105	41	222.07	615	41	15.00	93.7%
	Mes 4	9165.2	38	241.19	554.8	38	14.60	94.3%
	Mes 5	9066.4	43	210.85	653.6	43	15.20	93.3%
	Mes 6	9013.5	45	200.30	706.5	45	15.70	92.7%
Post-test	Mes 7	9496.9	23	412.91	223.1	23	9.70	97.7%
	Mes 8	9544	20	477.20	176	20	8.80	98.2%
	Mes 9	9590.8	17	564.16	129.2	17	7.60	98.7%
	Mes 10	9633.2	14	688.09	86.8	14	6.20	99.1%
	Mes 11	9655	10	965.50	65	10	6.50	99.3%
	Mes 12	9676	8	1209.50	44	8	5.50	99.5%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que, con la reducción de los valores MTTR y el incremento del MTBF, la disponibilidad ha aumentado desde 93.4% en el primer mes hasta alcanzar un valor de 99.5% en el mes 12; ello evidencia el impacto positivo de la implementación de la metodología RCM.

Figura 24

Análisis posterior de la disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

A su vez, se muestra la representación gráfica de la evolución del nivel de disponibilidad; donde se evidencia un incremento importante en el mes 7, momento en el cual se inicia con la implementación RCM; es así que, durante todo el proceso de implementación, el nivel de disponibilidad estuvo en constante crecimiento, pasando de su valor mínimo 92.7% a su valor máximo de 99.5%.

3.5. Análisis económico

El análisis económico es importante para demostrar que las mejoras no solo traen beneficios en el aspecto operacional, sino también en la rentabilidad de las operaciones; por lo tanto, se procede a comparar los costos con los ingresos adicionales a continuación.

Tabla 35

Costos de implementación

Fase	Actividad	Cantidad	Precio unitario	Costo
Gestión del área	Limpieza general	1	S/ 300.0	S/ 300.0
	Desinfectantes	24	S/ 12.0	S/ 288.0
	Trapos	100	S/ 0.5	S/ 50.0
	Lijas	80	S/ 2.5	S/ 200.0
	Alcohol	24	S/ 12.0	S/ 288.0
	Cajas de embalaje	50	S/ 7.0	S/ 350.0
	Anaqueles	180	S/ 8.0	S/ 1,440.0
Análisis RCM	Hoja de decisión RCM	27	S/ 2.5	S/ 67.5
	Formatos de mantenimiento	108	S/ 1.5	S/ 162.0
	Procedimientos	3	S/ 60.0	S/ 180.0
	Aceite para riel	27	S/ 11.4	S/ 307.8
	Master cleaner	27	S/ 20.0	S/ 540.0
	Aceite VG150	27	S/ 85.0	S/ 2,295.0
	Cables acerados	135	S/ 75.0	S/ 10,125.0
	Poleas	54	S/ 95.0	S/ 5,130.0
FMEA	Asesoría de expertos	12	S/ 150.0	S/ 1,800.0
	Fichas de evaluación	50	S/ 2.5	S/ 125.0
	Cronograma	27	S/ 2.0	S/ 54.0
Capacitación	Costo de charlas	1	S/ 750.0	S/ 750.0
	Instructivos	10	S/ 30.0	S/ 300.0
	Materiales de consulta	75	S/ 8.0	S/ 600.0
Supervisiones	Auditoría externa	1	S/ 850.0	S/ 850.0
	Formatos de supervisión	162	S/ 1.5	S/ 243.0
	Cronograma	1	S/ 50.0	S/ 50.0
	Asesoría de gestión de calidad	6	S/ 150.0	S/ 900.0
Total				S/ 27,395.30

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa que los costos de implementación ascienden a un total de S/ 27,395 soles, en tanto que en algunos casos se requerirá del mantenimiento con desembolsos adicionales. Por otro lado, el análisis de los ingresos provenientes del ahorro se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 36

Flujo de caja de implementación

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Ingresos							
Fallas pre		44	42	41	38	43	45
Fallas post		23	20	17	14	10	8
Reducción de fallas		21	22	24	24	33	37
Costo unitario de reparación		S/ 700	S/ 700	S/ 700	S/ 700	S/ 700	S/ 700
Ahorro		S/ 14,700	S/ 15,400	S/ 16,800	S/ 16,800	S/ 23,100	S/ 25,900
Costos							
Implementación	-S/ 27,395	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900
Mantenimiento							
Costos totales	-S/ 27,395	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900	-S/ 1,900
Flujo de caja	-S/ 27,395	S/ 12,800	S/ 13,500	S/ 16,802	S/ 16,800	S/ 23,103	S/ 24,000
Flujo acumulado	-S/ 27,395	-S/ 14,595	-S/ 1,095	S/ 15,707	S/ 32,507	S/ 55,610	S/ 79,610

Fuente: Elaboración propia

El análisis del flujo de caja permite determinar que se obtienen un ingreso adicional debido a la reducción de las reparaciones con costo unitario de S/ 700 soles; a partir de ello, se calcula el valor total de los ingresos que se contrastan con los costos de mantenimiento a lo largo de los 6 meses. En este sentido, dentro del flujo de caja se observan fluctuaciones cercanas a los S/ 12,800 soles mensuales, en tanto que, de forma acumulada, considerando la inversión inicial, se logra alcanzar un flujo de S/ 79,610 soles. Para un análisis más profundo se presentan indicadores financieros a continuación.

Tabla 37

Indicadores financieros de implementación

Indicador	Valor
COK	10%
VAN	S/ 43,080.75
TIR	51.17%
B-C	2.90
Periodo de recupero	2.065

Fuente: Elaboración propia

En el análisis financiero se ha tomado en cuenta la tasa de comparación con el costo de oportunidad del capital (COK) que representa el valor del dinero que el inversionista deja de ganar por invertir en la implementación, esperando resultados superiores. A partir de ello, se ha calculado un valor actual neto (VAN) de S/ 43.080.75 soles, lo cual indica que el proyecto es rentable; de forma similar, la tasa interna de retorno de 51.17% es superior al COK lo que demuestra la viabilidad del proyecto. Por otro lado, si se comparan los beneficios respecto a los costos se obtiene un ratio de 2.9 y finalmente, el periodo de recupero de la inversión se da en 2.065 meses. Los resultados anteriores demuestran que la implementación de cambios logra un resultado positivo en términos económicos y financieros para la empresa.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Comparación de escenarios

El análisis comparativo de los escenarios permite determinar el impacto de los cambios entre el periodo previo y posterior a la implementación, en tanto que se deben observar variaciones significativas que muestren un mejor desempeño. En las siguientes líneas se muestra la comparación agrupando los datos de la variable dependiente e independiente.

Variable independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

Las labores de mantenimiento son los trabajos destinados a la conservación de los ascensores; por lo tanto, es importante un adecuado nivel de cumplimiento para aprovechar los recursos y activos de la empresa. La metodología RCM ha sido expresada a través de los indicadores de tareas de mantenimiento, confiabilidad del proceso y nivel de prioridad de riesgo y el resumen de los cambios se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 38

Comparación de escenarios de los indicadores RCM

Indicadores	Antes	Después	Diferencia
Tareas de mantenimiento	65.0%	91.2%	26.2%
Confiabilidad del proceso	59.4%	92.0%	32.6%
Nivel de Prioridad de Riesgo	105.72	45.57	-60.16

Fuente: Elaboración propia

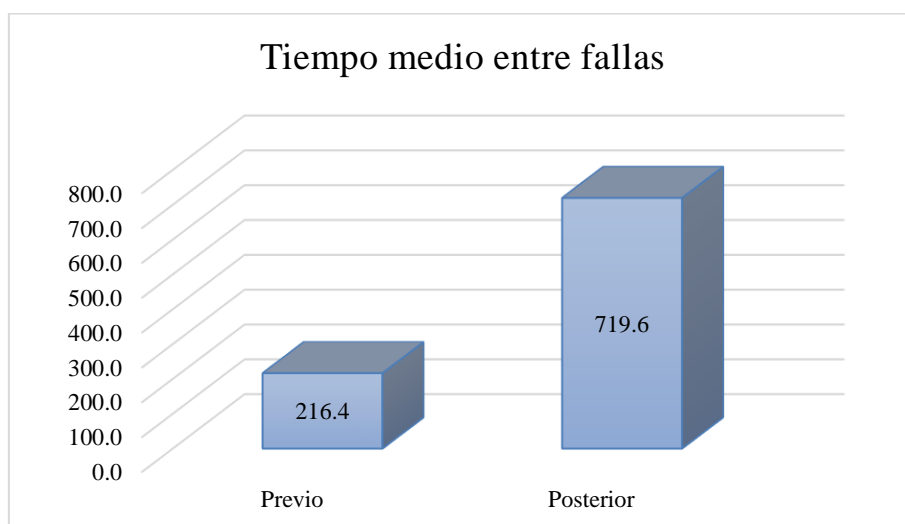
En la tabla anterior se resume el cambio de los indicadores respecto a la variable del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). En el caso de las tareas de mantenimiento, se observa una variación desde 65% en promedio del escenario previo a 91.2% en el periodo posterior, es decir, se ha incrementado el cumplimiento en 26.2%; asimismo, la confiabilidad del proceso a mejora desde el 59.4% al 92%, lo cual representa un cambio del 32.6% y finalmente, el nivel de prioridad de riesgo pasa de 105.72 (riesgo medio) a 45.57 (riesgo bajo) con una diferencia de 69.16 puntos.

Variable dependiente: Disponibilidad operativa

La disponibilidad operativa es un aspecto trascendental en las operaciones; por lo tanto, se debe procurar que su valor sea el más alto posible, dado que de dicha forma no se interrumpen las actividades y se incrementa la productividad. Para el análisis de la disponibilidad se han empleado los indicadores del tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparaciones, lo cual permite hallar el porcentaje de la disponibilidad y la comparación de escenarios entre el promedio previo y posterior se presenta a continuación.

Figura 25

Análisis comparativo de escenarios para el MTBF

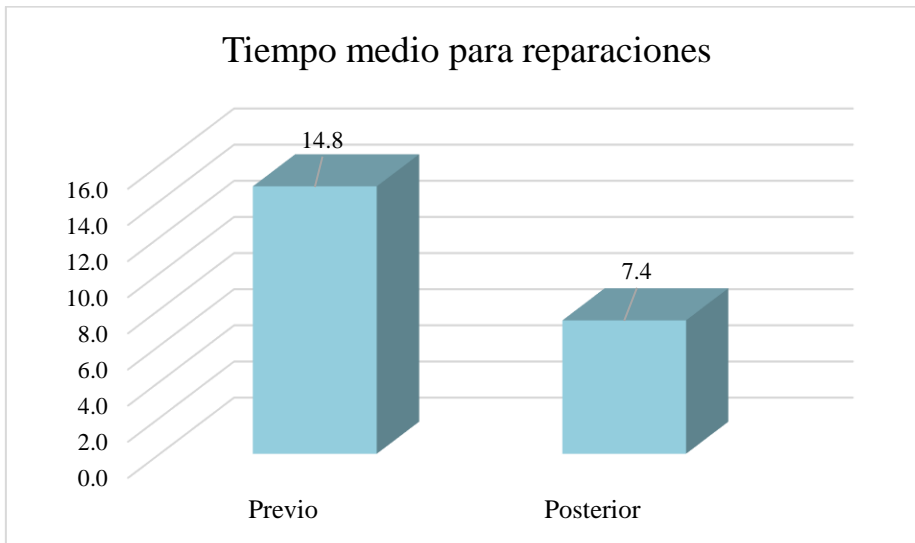


Fuente: Elaboración propia

El análisis del cambio en el tiempo medio entre fallas (MTBF) refleja un incremento del valor desde las 216.4 horas en el promedio del escenario previo hasta 719.6 horas; ello implica que los ascensores presentan una duración más larga en sus operaciones y no se interrumpe sus acciones por alguna falla o avería inesperada. De forma similar, se procede a la comparación del tiempo medio para reparaciones (MTTR)

Figura 26

Análisis comparativo de escenarios para el MTTR

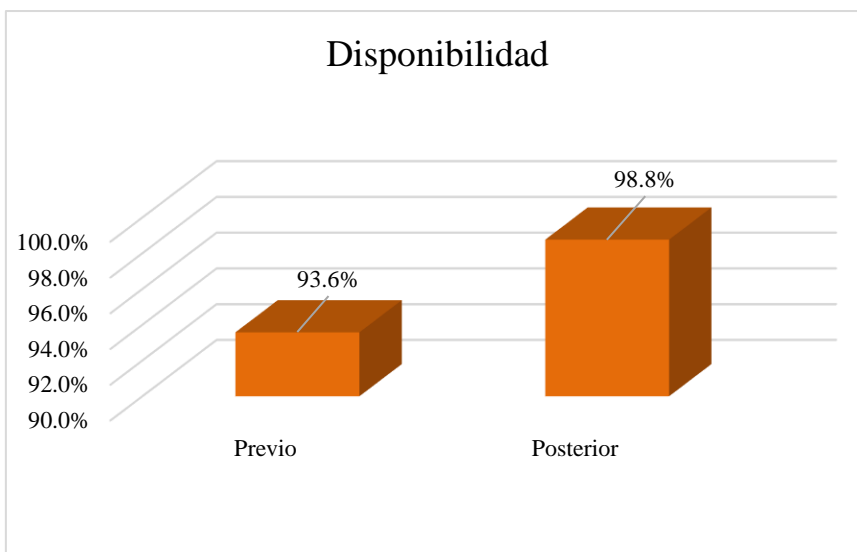


Fuente: Elaboración propia

El tiempo medio para reparaciones (MTTR) se ha reducido de forma importante al caer desde las 14.8 horas en el promedio del escenario previo hasta 7.4 horas en promedio del escenario posterior. A partir de la combinación de ambos indicadores es posible obtener un cambio en la disponibilidad que se muestra en la siguiente figura.

Figura 27

Análisis comparativo de escenarios para la disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

La comparación de la disponibilidad evidencia un incremento entre los escenarios en promedio del previo y posterior a la implementación, pasando de 93.6% a 98.8%; ello implica que se han logrado los objetivos de la investigación y el desempeño final es mucho mejor a la situación encontrada al inicio.

4.2. Prueba de hipótesis

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

En primer lugar, previo a la contrastación de hipótesis, es necesario conocer la normalidad de la distribución de los datos a fin de emplear una prueba adecuada para validar o rechazar la hipótesis de investigación; en este sentido, se menciona lo siguiente.

Ho: Los datos del MTBF provienen de una distribución normal

Ha: Los datos del MTBF no provienen de una distribución normal

Tabla 39

Análisis de la normalidad de los datos del MTBF

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTBF	Previo	,180	6	,200*	,943	6	,683
	Posterior	,207	6	,200*	,911	6	,443

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión.

Si $p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

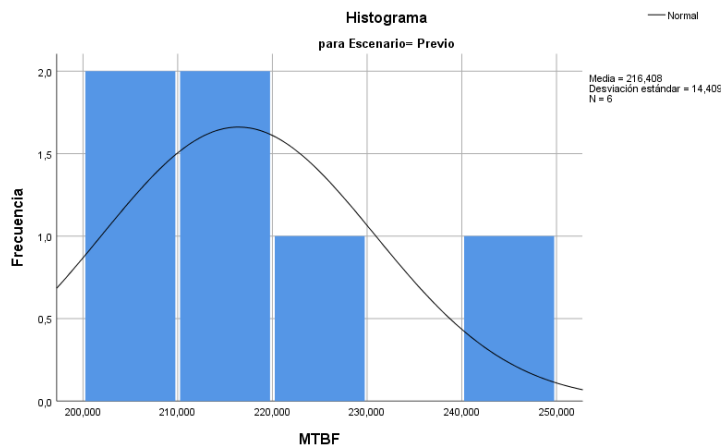
Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos del tiempo medio entre fallas (MTBF), en donde se ha empleado la prueba de Shapiro – Wilk dado que fueron 6 datos para cada escenario. En este sentido, la distribución del escenario previo alcanza una

significancia de 0.683 y en el escenario posterior fue de 0.443; por lo tanto, se evidencia que ambas son mayores a 0.05 lo que indica que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. De forma complementaria, se presentan los histogramas a fin de observar la distribución de manera gráfica.

Figura 28

Histograma de distribución de datos del MTBF previo

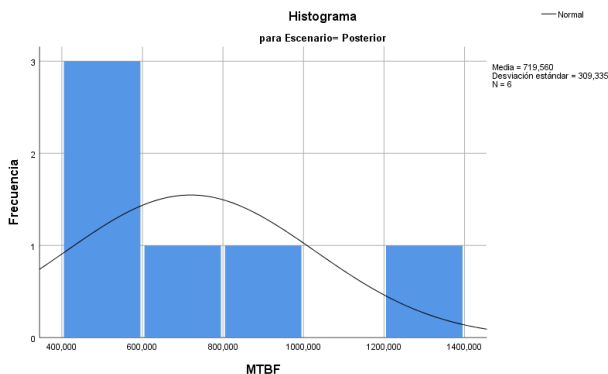


Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Se observa que la distribución de los datos presenta una tendencia al centro, lo cual queda demostrado mediante la curva que representa la campana de distribución normal; a partir de ello, se evidencia que los datos cuentan con una distribución paramétrica

Figura 29

Histograma de distribución de datos del MTBF posterior



Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En las figuras anteriores se ha mostrado los histogramas de distribución de datos, lo cual coincide con la información de la prueba de Shapiro – Wilk; por lo tanto, se afirma que los datos provienen de una distribución normal por lo que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contrastación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no incrementa el tiempo medio entre fallas de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Ha: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa el tiempo medio entre fallas de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Regla de decisión

Ho: MTBF antes \geq MTBF después

Ha: MTBF antes $<$ MTBF después

Tabla 40

Estadísticos de muestras emparejadas para el MTBF

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	MTBF Pre	216,4078	6	14,40890	5,88241
	MTBF Post	719,5599	6	309,33458	126,28531

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En la tabla anterior se observa el análisis de las muestras emparejadas, en donde se evidencia que el tiempo medio entre fallas previo (216.4 horas) fue inferior al tiempo medio entre fallas posterior (719.5 horas). A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de Ho: MTBF antes \geq MTBF después y se toma la hipótesis nula o del investigador. De forma complementaria, para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 41

Estadísticos de la prueba T de Student para el MTBF

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
MTBF Pre – MTBF Post	-503,15205	314,88947	128,55309	-833,60828	-172,69581	-3,914	5	,011

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión

Ho: Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la hipótesis nula

Ha: Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior, se verifica que la significancia T de Student aplicado al tiempo medio entre fallas previo y posterior obtiene un valor de $0.01 < 0.05$; por lo tanto y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador en donde se menciona que la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa el tiempo medio entre fallas de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Tiempo medio para reparaciones (MTTR)

Para el análisis de este indicador es necesario conocer la normalidad de la distribución de los datos a fin de emplear una prueba adecuada para validar o rechazar la hipótesis de investigación; en este sentido, se menciona lo siguiente.

Ho: Los datos del MTTR provienen de una distribución normal

Ha: Los datos del MTTR no provienen de una distribución normal

Tabla 42

Análisis de normalidad de los datos del MTTR

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MTTR	Previo	,157	6	,200*	,987	6	,981
	Posterior	,207	6	,200*	,946	6	,710

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión.

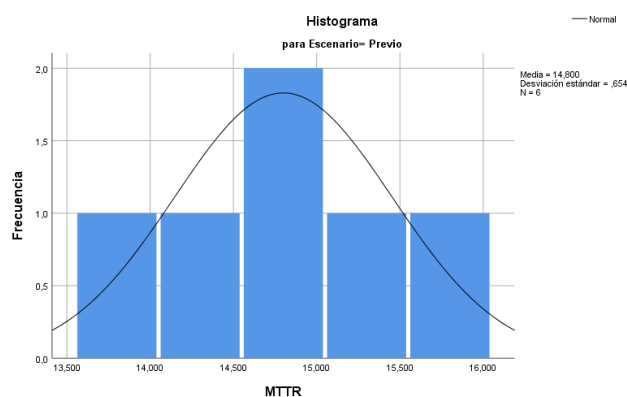
Si p-valor > 0.05, se acepta la hipótesis nula

Si p-valor ≤ 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos del tiempo medio para reparaciones (MTTR), en donde se ha empleado la prueba de Shapiro – Wilk dado que fueron 6 datos para cada escenario. En este sentido, la distribución del escenario previo alcanza una significancia de 0.981 y en el escenario posterior fue de 0.710; por lo tanto, se evidencia que ambas son mayores a 0.05 lo que indica que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. De forma complementaria, se presentan los histogramas a fin de observar la distribución de manera gráfica.

Figura 30

Histograma de distribución de datos del MTBF previo

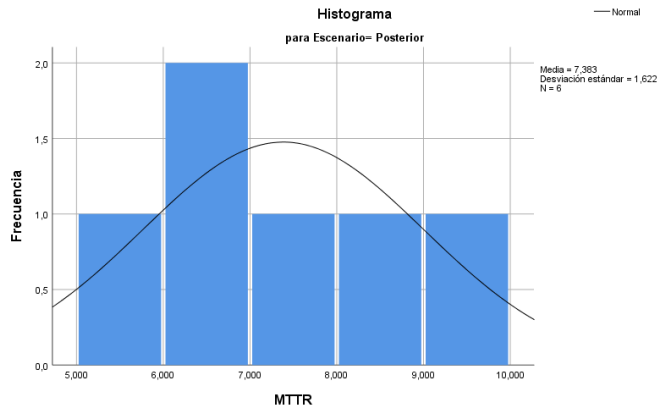


Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Se observa que la distribución de los datos presenta una tendencia al centro, lo cual queda demostrado mediante la curva que representa la campana de distribución normal; a partir de ello, se evidencia que los datos cuentan con una distribución paramétrica

Figura 31

Histograma de distribución de datos del MTBF posterior



Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En las figuras anteriores se ha mostrado los histogramas de distribución de datos del MTTR, lo cual coincide con la información de la prueba de Shapiro – Wilk; por lo tanto, se afirma que los datos provienen de una distribución normal por lo que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contrastación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no disminuye el tiempo medio para reparaciones de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Ha: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad disminuye el tiempo medio para reparaciones de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Regla de decisión

Ho: MTTR antes \leq MTTR después

Ha: MTTR antes $>$ MTTR después

Tabla 43

Estadísticos de muestras emparejadas para el MTTR

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
MTTR Pre	14,8000	6	,65422	,26708
MTTR Post	7,3833	6	1,62162	,66203

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En la tabla anterior se observa el análisis de las muestras emparejadas, en donde se evidencia que el tiempo medio para reparaciones previo (14.8 horas) fue inferior al tiempo posterior (7.38 horas). A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de $H_0: MTTR \text{ antes} \leq MTTR \text{ después}$ y se toma la hipótesis nula o del investigador. De forma complementaria, para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 44

Estadísticos de la prueba T de Student para el MTTR

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
MTTR_Pre - MTTR_Post	7,41667	2,14701	,87651	5,16351	9,66982	8,462	5	,000

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión

H_0 : Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la hipótesis nula

H_a : Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior, se verifica que la significancia T de Student aplicado al tiempo medio para reparaciones previo y posterior obtiene un valor de $0.000 < 0.05$; por lo tanto y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador en donde se menciona que la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad disminuye el tiempo medio para reparaciones de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Disponibilidad

De forma similar a los casos anteriores, previo a la contrastación de hipótesis, es necesario conocer la normalidad de la distribución de los datos a fin de emplear una prueba adecuada para validar o rechazar la hipótesis de investigación; en este sentido, se menciona lo siguiente.

Ho: Los datos de la disponibilidad provienen de una distribución normal

Ha: Los datos de la disponibilidad no provienen de una distribución normal

Tabla 45

Análisis de la normalidad de los datos de la disponibilidad

Pruebas de normalidad							
	Escenario	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad	Previo	,130	6	,200*	,984	6	,970
	Posterior	,189	6	,200*	,948	6	,725
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión.

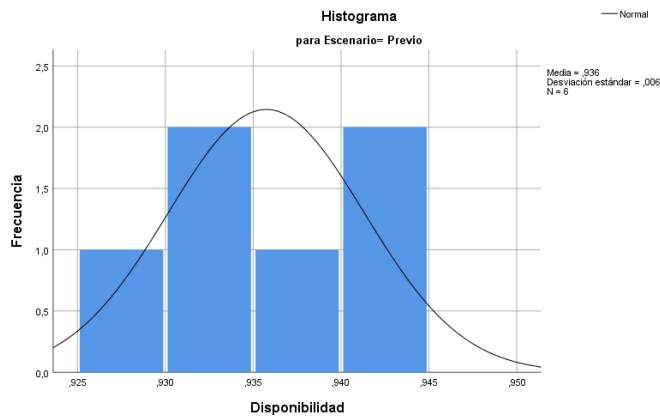
Si $p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Si $p\text{-valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En la tabla anterior se observa el análisis de la distribución de los datos de la disponibilidad, en donde se ha empleado la prueba de Shapiro – Wilk dado que fueron 6 datos para cada escenario. En este sentido, la distribución del escenario previo alcanza una significancia de 0.970 y en el escenario posterior fue de 0.725; por lo tanto, se evidencia que ambas son mayores a 0.05 lo que indica que los datos provienen de una distribución normal o paramétrica. De forma complementaria, se presentan los histogramas a fin de observar la distribución de manera gráfica.

Figura 32

Histograma de distribución de datos del MTBF previo

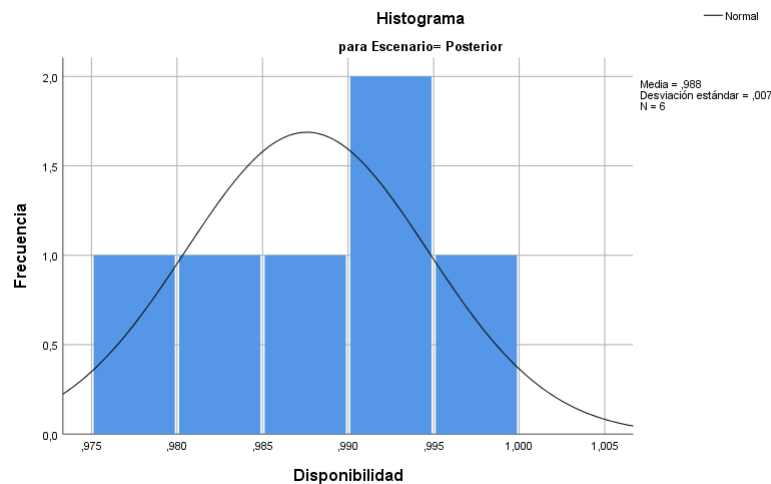


Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Se observa que la distribución de los datos presenta una tendencia al centro, lo cual queda demostrado mediante la curva que representa la campana de distribución normal; a partir de ello, se evidencia que los datos cuentan con una distribución paramétrica

Figura 33

Histograma de distribución de datos del MTBF posterior



Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En las figuras anteriores se ha mostrado los histogramas de distribución de datos, lo cual coincide con la información de la prueba de Shapiro – Wilk; por lo tanto, se afirma que los datos provienen de una distribución normal por lo que será adecuado emplear la prueba T de Student para la contrastación de hipótesis.

Contrastación de hipótesis:

Ho: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad no incrementa la disponibilidad de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Ha: La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Regla de decisión

Ho: Disponibilidad antes \geq Disponibilidad después

Ha: Disponibilidad antes $<$ Disponibilidad después

Tabla 46

Estadísticos de muestras emparejadas para la disponibilidad

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Disponibilidad _Pre	,9357	6	,00558	,00228
Disponibilidad _Post	,9876	6	,00709	,00289

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

En la tabla anterior se observa el análisis de las muestras emparejadas, en donde se evidencia que la disponibilidad previa (0.9357) fue inferior al posterior (0.9876). A partir de ello, se rechaza la hipótesis nula de Disponibilidad antes \geq Disponibilidad después y se toma la hipótesis nula o del investigador. Asimismo, para confirmar que el análisis es correcto, se procede a la evaluación de la significancia de los resultados mediante la prueba T de Student.

Tabla 47

Estadísticos de la prueba T de Student para la disponibilidad

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Disponibilidad _Pre - Disponibilidad _Post	-,05184	,01048	,00428	-,06284	-,04084	-12,112	5	,000

Fuente: Elaboración propia con SPSSv.25

Regla de decisión

Ho: Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la hipótesis nula

Ha: Si $p\text{-valor} < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna

En el análisis anterior, se verifica que la significancia T de Student aplicado a la disponibilidad previa y posterior obtiene un valor de $0.000 < 0.05$; por lo tanto y de acuerdo con la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se toma la hipótesis alterna o del investigador en donde se menciona que la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad de los ascensores en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión General

Se concluye a nivel general que, la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad sí incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores, al lograr el incremento de los indicadores iniciales de disponibilidad, mantenimiento promedio entre fallas, tiempo medio de reparaciones, frente a los obtenidos luego de dicha implementación, en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

Conclusiones específica n° 1

Para el caso de objetivo 1, se evidenció que la disponibilidad operativa de ascensores era baja previo a la aplicación de la mejora planteada, se logró identificar y analizar las deficiencias en el área y empresa materia de estudio. Respecto al método se demarcó una falta de metodología que apoye al mantenimiento de los ascensores, una falta de procesos estandarizados y un bajo nivel de compromiso hacia la calidad de los ascensores. Asimismo, desde la categoría de medición se observa la falta de trazabilidad en los ascensores, la ausencia de plantillas que permitan identificar las fallas, la falta de indicadores que identifiquen dichas fallas y una nula gestión de mantenimiento en la organización.

Conclusiones específica n° 2

Con relación al objetivo 2, como parte de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se incorporaron una variedad de herramientas y técnicas de análisis, diagnóstico y aplicación, desde Ishikawa, análisis de Pareto como análisis AMEF, hojas de decisión, formatos para registro, control y seguimiento de las actividades de mantenimiento bajo el enfoque de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Con relación al objetivo n° 3

Con respecto al objetivo 3, se evidenció que la disponibilidad era baja previo a la aplicación de la mejora planteada, los resultados evidenciaron ante una comparación del escenario inicial y final que el tiempo entre reparaciones se redujo de 14.8 horas a 7.4 horas, mientras que el tiempo medio entre fallas aumentó de 216.4 horas a 719.6 horas, en tanto que la

disponibilidad operativa de los ascensores se incrementó de 93,57% a 98,76%, respectivamente.

Con relación al objetivo n° 4

Se logró determinar la viabilidad económica, ante un valor actual neto (VAN) positivo de S/ 43.080.75 soles, lo cual indica que el proyecto es rentable; de forma similar, la tasa interna de retorno de 51.17% es superior al COK lo que demuestra la viabilidad del proyecto. Por otro lado, si se comparan los beneficios respecto a los costos se obtiene un ratio de 2.9 y finalmente, el periodo de recupero de la inversión se da en 2.065 meses. dada la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

RECOMENDACIONES

En primer lugar, se recomienda a la gerencia general promover e instaurar políticas sobre mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área y en los equipos de trabajo del área, y en general, efectuarlo para todos los equipos que sean parte de la gestión de mantenimiento, de esta manera se garantizarán niveles óptimos de disponibilidad operativa y eficiente aprovechamiento de los recursos empleados.

Por otro lado, se recomienda al jefe de mantenimiento desarrollar programas de capacitación que aborde el aspecto técnico, operativo y de buenas prácticas de mantenimiento en el marco de la mencionada metodología RCM y así pueda dirigirse e incluir a todos los operarios, mecánicos y personal involucrado en la gestión del mantenimiento de equipos en la empresa.

De igual manera, se recomienda al área de administración y finanzas, destinar la aprobación de un presupuesto, en coordinación con el área de mantenimiento y la gerencia general de esta manera se logrará efectuar nueva compra de equipos, modificaciones, herramientas e inversión de recursos en el personal y las áreas encargadas de la gestión del mantenimiento.

Asimismo, se sugiere que la gerencia de mantenimiento programe auditorías internas para verificar, controlar y evaluar oportunamente la gestión llevada a cabo por los mecánicos, y responsables de mantenimiento de los diversos equipos, esto garantizará la calidad del servicio proporcionado a sus diversos clientes industriales corporativos.

Por último, se recomienda que toda documentación relacionada al mantenimiento de equipos basada en la metodología propuesta sea acompañada con la adquisición e implementación de un software de mantenimiento de equipos, puesto que otorgará beneficios para el desarrollo de planes de mantenimiento, su ejecución y control a corto y mediano plazo en la empresa Mantenimiento Industrial MAEL S.A.C., Lima, 2022.

REFERENCIAS

- Aceña Navarro, M. (2016). *Manual. Gestión y control de flotas y servicios de transporte por carretera*. Madrid, España: Editorial CEP.
- Alrifae, M., Sai, T., As'arry, A., Elianddy, E., & Kit, C. (2020). Optimization and Selection of Maintenance Policies in an Electrical Gas Turbine Generator Based on the Hybrid Reliability-Centered Maintenance (RCM) Model. *Processes Vol 8 N° 6*, 1-26; <https://doi.org/10.3390/pr8060670>.
- Arteaga Bazurto, L., & Gorozabel Chata, F. (2021). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a maquinarias críticas de la Plaza Calderon. *Universidad y Ciencia*, 202-216.
- Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 25 N° 4*, 612-634; <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2016-0018>.
- Caballero Gonzáles, C., & Clavero García, J. (2016). *UF1466 - Sistemas de almacenamiento*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Canahua Apaza, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los ascensores (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial Data 24 (1)*, 49-76. Recuperado de DOI: <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>.
- Cárcel, F. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Valencia, España: OmniaScience.
- Casas Figueroa, L. (2019). *El funcionamiento de las edificaciones: administración y mantenimiento*. Cali, Colombia: Programa Editorial UNIVALLE.
- Consuegra, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 37-49.

- Cordoba Alvarez, J., & Montejo Gonzalez , C. (2017). *Elaboración de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para la empresa Citriexpinal S.A.S.* Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas.
- Cubillas Perez, J. (2020). *Implementación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y los efectos en la disponibilidad de las extrusoras hidráulicas, en la empresa Italsolder S.A.C.* Lima, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Eriksen, S., Bouwer, I., & Lutzen, M. (2021). An RCM approach for assessing reliability challenges and maintenance needs of unmanned cargo ships. *Reliability Engineering & System Safety Vol 210*, 107550; <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107550>.
- Escaño Gonzalez, J., Nuevo Garcia, A., & Garcia Caballero, J. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial.* Madrid, España: Ediciones Paraninfo.
- Espinosa Martinez, J., De La Paz Martinez, E., Perez Bermudez , R., & Acosta Perez, I. (2020). Contribución del mantenimiento centrado en la confiabilidad para el estudio de fallos a ascensores consumidores de energía eléctrica . *Revista Centro Azucar*, 22-32.
- Fernández de la Calle, I. (2020). *Seguridad funcional en instalaciones de proceso: Sistemas instrumentados de seguridad y analisis SIL.* Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Garcia Vaca, I. (2016). *Anatomía de sistemas: su analisis y apoyo.* Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.
- Gareca, E., Antequera, T., & Tolabin, E. (2018). Una aplicación práctica del estudio de materiales en el mantenimiento de ascensores centrado en la confiabilidad. *IV Congreso Argentino de Ingeniería*, 1-11.
- Gonzalez Fernandez, F., & Fuentes Losa, J. (2019). *Sistemas ferroviarios: planificación, ingeniería y explotación.* Madrid, España: UNED.

- Guerrero Medina, C., Álvarez Luján, B., Arévalo Daza, J., & Calla Delgado, V. (2021). Propuesta técnica de mejora en la planificación del mantenimiento preventivo de la flota de cargadores Komatsu WA800-3EO en la mina Bayóvar. *INGnosis 1 (1)*, 22–40. Recuperado de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ingnosis/article/view/1613>.
- Gupta, P., & Sri, A. (2014). *Seis Sigma sin Estadística: Enfoque en la búsqueda de las mejoras inmediatas*. Porto, Portugal: Accelper Consulting.
- Hanmantrao, S. (2018). Application of reliability centred maintenance with availability assessment: a case study. *Int. J. Management Concepts and Philosophy 11 (4)*, 456-464. Recuperado de <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMCP.2018.096062>.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Iglesias, J. (2015). *Mantenimiento correctivo de electrodomésticos de gama industrial - UF2244*. Málaga, España: Editorial ELEARNING. S.L. .
- Janoudi, F. (2015). *Reparación de ascensores mecánicos y eléctricos de plantas de tratamiento de agua y plantas depuradoras*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L.
- Jiménez , F. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. Malaga, España: IC Editorial.
- Kostrzewski, M., Gnap, J., Varjan, P., & Likos, M. (2020). Application of Simulation Methods for Study on Availability of One-Aisle Machine Order Picking Process. *Management Science and Informatics in Transport 22 (2)*, 107-104. <https://doi.org/10.26552/com.C.2020.2.107-114>.
- Kumar, A., Negi, G., Pant, S., Ram, M., & Dirimi, S. (2021). Availability-Cost Optimization of Butter Oil Processing System by Using Nature Inspired Optimization Algorithms. *RT&A 2 (64)*, 188-200.
- Linares, V. (2018). *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial*. Malaga, España: IC Editorial.

- Lujan Lezama, J. (2020). *Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y sus efectos en la disponibilidad de maquinas de soldar en la empresa Welders Perú SAC*. Lima, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Mancilla Leiva, G. (2017). *Propuesta de plan de mantenimiento a elevadores de column hidraulicos*. Valparaiso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María .
- Medialdea, J., & Corrales, B. (2017). *Operaciones auxiliares de mantenimiento de instalaciones maquinaria, ascensores y herramientas de floristería*. Málaga, España: Editorial ELEARNING S.L. .
- Medina Hoyos, G., Montalvo Montalvo, G., & Vásquez Coronado, M. (2018). Mejora de la productividad mediante un sistema de gestión basado en Lean Six Sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa maderera Nuevo Perú S.A.C., 2017. *Revista Científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación 5 (1)*, 2-11. Recuperado de <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/863>.
- Medrano Rodriguez, J. (2020). *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los ScoopTram LH307 en una minera subterranea, Huaraz 2019*. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Nabizadeh, M., Jalali, S., Soltani, A., & Khademian, A. (2019). Reliability and Maintainability Analysis of Material Handling Machinery in Golegozar Mine No. 1 . *2019 4th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS)*, 224-229. DOI: 10.1109/ICSRS48664.2019.8987634.
- Núñez Ingaroca, C. (2016). *RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa Aruntani SAC - Unidad Tukari*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vela, J., & Romero Delgado, E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Pulache Vilchez, C. (2019). *Gestión del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC), para mejorar la disponibilidad de los ascensores del sistema de riego de la*

empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A. - Chulucanas. Piura, Perú: Universidad César Vallejo.

Ribeiro, I., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F., & Matias, J. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing Vol 39*, 1574-1581.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>.

Rodríguez, E., Obando, F., Sánchez, M., Calvo, P., Ordonez, A., Ordonez, S., & Villa, J. (2016). *Manual de gestión de mantenimiento del equipo biomédico*. Cali, Colombia: Ediciones de la Universidad Autonoma de Occidente.

Silvestre Miraya, I., & Huamán Nahuala, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y redacción de la tesis universitaria*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.

Socconini Perez, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*. Barcelona, España: Marge Books.

Soto Ortega, M. (2018). *Propuesta de implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), de los activos críticos de la unidad N°1 de la Central Térmica El Descanso*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.

Suárez, Y., & Nieto, O. (2020). Metodología para gestionar riesgos en la autoevaluación de las maestrías del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana. *Rev. Cubana Edu. Superior* 39 (3), 1-12. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v39n3/0257-4314-rces-39-03-e19.pdf>.

Valderrama Mendoza, S. (2019). *Pasos para Elaborar Proyectos de investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.

Velasco Sanchez, E., Sanchez Lozano, M., & Peral Orts, R. (2016). *XXI Congreso Nacional de Ingenieria Mecanica: Libro de articulos*. Alicante, España: Universidad Miguel Hernandez.

Zavala Gaibor, M. (2017). *Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en el grupo eléctrico FG-WILSON P-300 de las granjas avícolas de la*

Empresa Procesadora Nacional de Alimentos Zona Bucay. Riobamba, Ecuador:
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de ascensores pesados.

Ciencia y Desarrollo Vol 19 N° 1, 25-37; :

<http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2016.v19i1.02>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	General	General		
¿En qué medida la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022?	Determinar en qué medida la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022	La implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad incrementa la disponibilidad operativa de los ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022	Variable independiente: Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Variable dependiente: Disponibilidad operativa de ascensores	Tipo: Aplicada, Enfoque: Cuantitativo, Nivel: Explicativo, Diseño: Experimental, Sub-diseño: Pre-experimental, Alcance temporal: Transversal
Específicos	Específicos	Específicas		
¿Cuál es la situación inicial de la disponibilidad de ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022?	Determinar cuál es la situación inicial de la disponibilidad de ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022	Existe un nivel inicial bajo de la disponibilidad de ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022		
¿Cuáles son las medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa, Lima, 2022?	Determinar cuáles son las medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa XXX, Lima, 2022	Se evidencian medidas adoptadas de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para incrementar la disponibilidad de ascensores de la empresa XXX, Lima, 2022		
¿Cuál es la situación final de la disponibilidad de ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022?	Determinar cuál es la situación final de la disponibilidad de ascensores en la empresa XXX, Lima, 2022	El nivel final de la disponibilidad de ascensores es adecuado en la empresa XXX, Lima, 2022		
¿Cuál es la viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa XXX, Lima, 2022?	Determinar cuál es la viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa XXX, Lima, 2022	Existe una viabilidad económica de la implementación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la empresa XXX, Lima, 2022		

Anexo 2. Base de datos de fallas de ascensores

PROVEEDOR	EDIFICIO	DIRECCION	CONTRATO	MAQUINA	DESCRIPCION DEL TRABAJO
ASCENSORES SA	CENCOSUD RETAIL PERU	METRO CALLE LAS TIENDAS 290-SURQUILLO	67T35847	67NE0788	SERVICIO DE INSTALACION DE VIDRIO EN ESCALERA
ASCENSORES SA	CENTRO COMERCIAL PLAZA NORTE	PLAZA NORTE	67T64675	67NE3393	SERVICIO DE INSTALACION DE VIDRIO EN ESCALERA
ASCENSORES SA	CINEPLANET	CINEPLANET -LINCE			SERVICIO DE INSTALACION DE PASO Y REVISION DE FALLA Y PUESTA EN OPERACIÓN DE EQUIPO
ASCENSORES SA	CRONOS	AV. LA ENCALADA	67ME3025	67NE3039	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DEFLECTORA
ASCENSORES SA	ALICORP	AV. JORGE CHAVEZ 902 CARMEN DE LA LEGUA	67LE4294	67NE4295	PLACHADO DE CABINA - DETETOR DE CABINA-
ASCENSORES SA	SENACE	CALLE DIEZ CANSECO 351-MIRAFLORES	67T	67NE5217	RALINIAMIENODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRESAV. CORREGIDOR – LA MOLINA	AV. CORREGIDOR – LA MOLINA	67ME1982	67NE1982	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	USIL	CAMPUS USIL	67ME2964	67NE3161	INSTALACION DE FAJAS EN V
ASCENSORES SA	ALICORP	AV. ARGENTINA 4797-CARMEN DE LA LEGUA	67T64758	67NE429	INSTALACION DE FAJAS EN V
ASCENSORES SA	SENACE	AV.PASEO DE LA REPUBLICA – SAN ISIDRO	67ME1861-1	67NE1861	RALINIAMIENODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	ADMINISTRADORA JOCKEY PLAZA	AV.JAVIER PRADO ESTE 4200-SURCO	67TY214	67TY214	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	RIPLEY SAN ISIDRO	CALLE LAS BEGONIAS 577	67T35837	67NE2212	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	SAGA FALABELA	SALAVERRY-PUNTA DEL ESTE -JESUS MARIA	67T43024		INSTALACION JUEGO DE TRENES EN CURVA DE PASAMANOS
ASCENSORES SA	SUPERMERCADOS PERUANOS S.A	PLAZA VEA VILLA MARIA TRIUNFO	67T64923	67NE5800	RALINIAMIENODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	EMPRESARIAL RED	JLIO/JUAN LIZANA	67T35837	67NE2212	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	MALL DEL SUR	AV. PEDRO MIOTA -SJ MIRAFLORES	67T43083		INSTALACION DE CORTINA DE LUZ
ASCENSORES SA	CLINICA RICARDO PALMA	CLINICA RICARDO PALMA	67T35904	67NE2702	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	CLINICA RICARDO PALMA	CLINICA RICARDO PALMA	67T35905	67NE2704	INSTALACION DE CABLES DE ACERO

ASCENSORES SA	CENCOSUD RETAIL PERU	URB.SOL DE LA MOLINA	67ME2923		DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	INDUSTRIAL CROMOTEX S.A	CARRETERA CENTRAL KM 4.8 STA ANITA	67T65080		RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	SUPERMERCADOS PERUANOS S.A	AV. JOSE CARLOS MARIATEGUI/AV. LAS MAGNOLIAS	67T35926	67NE5398	INSTALACION DE CORTINA DE LUZ
ASCENSORES SA	BANCO DE CREDITO	JR.LAMPA 499-CERCADO DE LIMA		67NE2201	RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	BANCO DE CREDITO	DEFENSORES DEL MORRO	67NE3490		RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	INST.MATERN O INFANTIL	BUENOS AIRES 2307	67T65196	67NE3614	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	CC.PLAZA SAN MIGUEL	AV. LA MARINA 2000	67T35921	67NE3020	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	CARRETERA CENTRAL	6T64876	67NE4080	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	ROYALPARK	ROYAL PARK	67ME1477-1	67NE1478	DESMONTAJE DE MOTOREDUCTOR
ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	CARRETERA CENTRAL	67T43094	67NE4131/4132	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	CLINICA RICARDO PALMA	CLINICA RICARDO PALMA	67T35939	67NE3023	INSTALACION DE CABLES DE ACERO
ASCENSORES SA	BANCO DE CREDITO	CALLE PRINCIPAL /SAN MIGUEL	67T65299	67NE2197	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	ONP-CENTRO CIVICO	CENTRO CIVICO	IMA690345		DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	FENIX MODA SAC	FENIX MODA	67LE5958	67NE5958	RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	SAGA FALABELA	CC. MALL AVENTURA SANTA ANITA	67T43094		RUEDAS, ACEITERAS, GUIAS
ASCENSORES SA	SAGA FALABELA	HOME CENTER PERUANOS	67T65387	67NE4679	PLACHADO DE CABINA - DETETOR DE CABINA-
ASCENSORES SA	MINKA CALLAO	MINKA CALLAO	67T65368	67NE5199	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	SUPERMERCADOS PERUANOS S.A	AV.INCA GARCILAZO DE LA VEGA	67T35948	67NE3290	RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES
ASCENSORES SA	CC.PLAZA SAN MIGUEL	AV.LA MARINA 2000	67T35933	67NE2751	INSTALACION DE FAJAS EN V
ASCENSORES SA	CC.PLAZA SAN MIGUEL	AV.LA MARINA 2000	67T35934	67NE2752	MONTAJE DE STATOR
ASCENSORES SA	CC.PLAZA SAN MIGUEL	AV.LA MARINA 2000	67ME2751	67NE2751	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	CC.PLAZA SAN MIGUEL	AV.LA MARINA 2000	67ME2752	67NE2752	DESMONTAJE Y MONTAJE DE POLEA DE CONTRAPESO
ASCENSORES SA	ATLANTIS III	ATLANTIS III		67NE5289	RALINIAMIEN TODE RIELES, POLINES

ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	MALL SANTA ANITA	67T65407	67N4082	INSTALACION DE ACEITERAS DE RIELES , CONTRAPESA
ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	MALL SANTA ANITA	67T65405	67NE4085	INSTALACION DE ACEITERAS DE RIELES , CONTRAPESA
ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	MALL SANTA ANITA	67T65404	67NE4081	INSTALACION DE ACEITERAS DE RIELES , CONTRAPESA
ASCENSORES SA	MALL AVENTURA SANTA ANITA	MALL SANTA ANITA	67T65406	67NE4084	INSTALACION DE ACEITERAS DE RIELES , CONTRAPESA