

Compilatio informa de las tasas de similitudes recuperadas. No son tasas de plagio. La puntuación por sí sola no permite interpretar si las similitudes encontradas son plagiadas o no. Consulte el informe de análisis detallado para interpretar el resultado.

Similitudes del documento :

 **10%**

Similitudes de las partes 1 :

 **23%**

ANALIZADO EN LA CUENTA

Apellido :	De Ingeniería y Gestión
Nombre :	Facultad
E-mail :	fig@untels.edu.pe
Carpeta :	V PROGRAMA TSP MECANICA

INFORMACIÓN SOBRE EL DOCUMENTO

Autor(es) :	No disponible
Título :	Trabajo de suficiencia final caruajulca vargas jhoan eder tsp.pdf
Descripción :	No disponible
Analizado el :	11/01/2022 02:12
ID Documento :	28wpbzay
Nombre del archivo :	TRABAJO DE SUFICIENCIA FINAL CARUAJULCA VARGAS JHOAN EDER TSP.pdf
Tipo de archivo :	pdf
Número de palabras :	8 632
Número de caracteres :	64 180
Tamaño original del archivo (kB) :	1 354.75
Tipo de carga :	Entrega manual de los trabajos
Cargado el :	11/01/2022 01:40

FUENTES ENCONTRADAS

 Fuentes muy probables :	27 fuentes
 Fuentes poco probables :	123 fuentes
 Fuentes accidentales :	66 fuentes
 Fuentes descartadas :	0 fuente

SIMILITUDES ENCONTRADAS EN ESTE

DOCUMENTO/ESTA PARTE

Similitudes idénticas :	12%
Similitudes supuestas :	10%
Similitudes accidentales :	1%

TOP DE FUENTES PROBABLES - ENTRE LAS FUENTES PROBABLES

Fuentes	Similitud
1.  www.misgsst.com/.../documento/ujE4vs502x.pdf	 8%
2.  idoc.pub/.../documents/rcm-vylyz1616d4m	 5%
3.  www.renovetec.com/.../14-revista-irim-6/304-indicadores-de-disponibilidad	 2%
4.  repositorio.ucv.edu.pe/.../20.500.12692/51775	 1%

5.  www.recytrans.com/.../blog/compactadores-de-residuos  -1%
6.  www.redalyc.org/.../4760/476047388001.pdf  <1%
7.  twitterwesmar69.blogspot.com/.../gestion-de-manteni...to-industrial.html  <1%
8.  alicia.concytec.gob.pe/.../UNAC_d2933b40d4043d5e77b539fbb5b2400d/Description  <1%



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: <i>Conajulca Vargas Jhon Eder</i>
D.N.I.: <i>74713517</i>
Otro Documento:
Nacionalidad: <i>Peruana</i>
Teléfono: <i>951314628</i>
e-mail: <i>2013100224@unfels.edu.pe</i>

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: <i>Ingeniería y Gestión</i>
Programa Académico: <i>Trabajo de suficiencia profesional</i>
Título Profesional otorgado: <i>Ingeniero Mecánico Electricista</i>

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: <i>Plan de mantenimiento Preventivo Para incrementar la disponibilidad operacional de los camiones Volkswagen Workar compactos A.250 de una Empresa encargada de la gestión de residuos sólidos ubicada en San Juan de Miraflores</i>
Fecha de Sustentación: <i>11 - diciembre - 2021</i>
Calificación: <i>Aprobada</i>
Año de Publicación: <i>2023</i>



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA
A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Carvajal Vargas Jhoan Eder

APELLIDOS Y NOMBRES

74713517

DNI



Firma y huella:

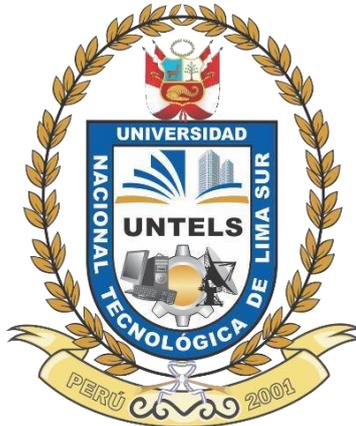


Lima, 27 de abril del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA
DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LOS CAMIONES
VOLKSWAGEN WORKER COMPACTADOR 17.250 DE UNA
EMPRESA ENCARGADA DE LA GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS
UBICADA EN SAN JUAN DEMIRAFLORES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CARUAJULCA VARGAS JHOAN EDER

ORCID: 0000-0002-3113-6985

ASESOR

CARLOS VIDAL DAVILA IGNACIO

ORCID: 0000-0002-6337-251X

**Villa El Salvador
2021**



"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional
Facultad de Ingeniería y Gestión

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador siendo las 12:15 horas del día sábado 11 de diciembre de 2021, y debido a la emergencia sanitaria y aislamiento social por el COVID-19, se reunieron en el Sala Virtual N° 06 vía Google meet (meet.google.com/ykc-rwdi-dni), los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: Mg. MILLAN MONTALVO FABRIZIO ARMANDO	CIP N°112861
Secretario	: Mg. FLORES CACERES RICHARD	CIP N° 185839
Vocal	: Mg. SÁNCHEZ AYTE JORGE AUGUSTO	CIP N°110166

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N° 432-2021-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 09 de diciembre de 2021.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 126-2021-UNTELS de fecha 06 de agosto de 2021, en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del V Programa de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur", siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El bachiller: **CARUAJULCA VARGAS JHOAN EDER**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL DE LOS CAMIONES VOLKSWAGEN WORKER COMPACTADOR 17.250 DE UNA EMPRESA ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS UBICADA EN SAN JUAN DE MIRAFLORES.**

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición...Aprobado por Unanimidad..... con nota.....13.....
Equivalente...Bueno..... De acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 12:50 horas del día sábado 11 de diciembre de 2021, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente Acta los miembros del Jurado.


SECRETARIO
Mg. FLORES CACERES RICHARD
185839


VOCAL
Mg. SÁNCHEZ AYTE JORGE AUGUSTO
110166


PRESIDENTE
Mg. MILLAN MONTALVO FABRIZIO ARMANDO
112861

Nota: Art. 17°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación Procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del Presidente del Jurado asumirá la presidencia el docente de mayor categoría. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada para el día hábil siguiente.

DEDICATORIA

A mi abuelo que en paz descansa, Gonzalo Caruajulca Tello, por su confianza hacia mi persona.

A mis padres Hugo Caruajulca Chávez, Vilma Vargas Chile, por ser apoyo y fortaleza en todo momento

AGRADECIMIENTO

Agradezco al ingeniero Carlos Dávila, quien fue mi asesor en esta oportunidad y me brindó su apoyo para realizar este trabajo de suficiencia profesional.

Agradezco a los revisores, por sus sugerencias y recomendaciones para realizar este trabajo de suficiencia profesional.

Agradezco a mi hermana Almendra Jazmín Caruajulca Vargas que me apoyo en todo el proceso como estudiante y profesional para poder lograr los objetivos trazados

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
LISTADO DE TABLAS	v
LISTADO DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1 CONTEXTO	2
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.2.1 ESPACIAL.....	3
1.2.2 TEMPORAL.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES.....	5
2.1.1 INTERNACIONALES	5
2.1.2 NACIONALES	6
2.2 BASES TEÓRICAS:	9
2.2.1 MANTENIMIENTO	9
2.2.2 DISPONIBILIDAD	13
2.2.3 QUE ES EL RCM.....	14
2.2.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.....	16
2.2.5 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ	17
2.2.6 AMEF.....	18
2.2.7 DIAGRAMA DE DECISIONES.....	19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	21
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	23
3.1 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	23
3.2 MODELO DE SOLUCION PROPUESTO	25
3.3 SELECCIÓN DE TAREAS	60
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	73
Anexo N° 01 Hoja de entrevista para la tabla AMEF	73
Anexo N° 02 Hoja de entrevista para los criterios de criticidad	73
Anexo N° 03 Registros de los mantenimientos para la disponibilidad.....	74

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 : Codificación de Equipos.....	28
Tabla 2 : Ficha Técnica.....	29
Tabla 3 : Registro de Horas Diarias	30
Tabla 4: Toma de Tiempos Mensuales	30
Tabla 5 : Registros de Trabajos de Mantenimiento	33
Tabla 6 : Registros de Disponibilidad Mensual	35
Tabla 7 : Registros de disponibilidad antes del plan de mantenimiento	35
Tabla 8 : Tabla AMEF Sistema de Frenos	36
Tabla 9 : Tabla AMEF Sistema Motor.....	38
Tabla 10 : Tabla AMEF Sistema Hidráulico	40
Tabla 11 : Tabla AMEF Sistema de Transmisión.....	43
Tabla 12 : Tabla AMEF Sistema Eléctrico.....	45
Tabla 13 : Criterios de Criticidad – Frecuencia de Fallas	47
Tabla 14 : Criterios de Criticidad – Stock de Repuestos.....	47
Tabla 15 : Criterios de Criticidad – Costo de Mantenimiento	47
Tabla 16 : Criterios de Criticidad – Impacto en Seguridad	48
Tabla 17 : Criterios de Criticidad – Impacto en Medio Ambiente	48
Tabla 18 : Criterios de Criticidad – Impacto operacional.....	48
Tabla 19 : Criticidad	49
Tabla 20 : Hoja de Decisiones Sistema Motor.....	49
Tabla 21 : Hoja de decisiones del sistema de Frenos	51
Tabla 22 : Hoja de decisiones Sistema Hidráulico.....	53
Tabla 23 : Hoja de decisiones Sistema de Transmisión	56
Tabla 24 : Hoja de Decisiones Sistema Eléctrico.....	58
Tabla 25 : Trabajos, Frecuencias y Responsables	60
Tabla 26 : Programación del Mantenimiento	64
Tabla 27 : Cantidades de Consumibles, Cantidades y Precios	64
Tabla 28 : Costos de Cada Tipo de Mantenimiento.....	65
Tabla 29 : Disponibilidad Antes del Plan de Mantenimiento.....	66
Tabla 30 : Disponibilidad durante el Plan de Mantenimiento.....	66

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación de la planta de transferencia Huayna Cápac.....	3
Figura 2 : Análisis del objetivo de mantenimiento	10
Figura 3 : Etapas del Mantenimiento	11
Figura 4 : Tipos del Mantenimiento	12
Figura 5 : Probabilidad de Falla en Función a la Edad Operacional	19
Figura 6 : Diagrama de Decisiones RCM.....	21
Figura 7 : Organigrama de la empresa.....	23
Figura 8 : Camión compactador Worker 17.250	25
Figura 9 : Caja Negra.....	26
Figura 10 : Caja Blanca	26
Figura 11 : Diagrama lógico	27
Figura 12 : Registros de OTs en SAP Business Bydesign	32
Figura 13 : Ordenes de Trabajo en SAP Business Bydesign.....	33
Figura 14 : Disponibilidad en el tiempo antes del plan de mantenimiento.....	66
Figura 15 : Disponibilidad en el tiempo después del plan de mantenimiento	67

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional titulada “Plan de mantenimiento para mejorar en la disponibilidad operacional de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250 de una empresa dedicada a la gestión de residuos sólidos ubicada en san juan de Miraflores” plantea incidir positivamente en su disponibilidad operacional.

Este trabajo de suficiencia pudo recabar la información con la ayuda de la herramienta informática SAP Business bydesing con la que se pudo tomar los indicadores de disponibilidad antes y durante el plan de mantenimiento así como para saber las fallas más comunes y los tiempos de reparación de estos ya que con esto se llega a analizar mediante las estrategias del RCM que se toman en esta investigación como son el análisis de modos y efectos de fallas, criterios de criticidad y la tabla de decisiones. Con la aplicación de estas estrategias se identifican las principales deficiencias de los sistemas y subsistemas para la elaboración del plan de mantenimiento.

Como resultado de la aplicación de estas estrategias se obtiene un plan de mantenimiento donde se señalan las labores a realizar, las frecuencias de las mismas, los consumibles a usar y el costo de estos además de los encargados de dichas labores de mantenimiento. Así como la programación anual con el cual se llega a incrementar la disponibilidad operacional de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250 de un 58.5925% a un 75.42%

PAABRAS CLAVES: Plan de Mantenimiento, Estrategias del RCM, Disponibilidad operacional, Compactador

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el mundo del mantenimiento ha estado cambiando con respecto a las necesidades de cada empresa en la que esté siendo aplicada.

El presente trabajo de suficiencia profesional titulada “Plan de mantenimiento para mejorar en la disponibilidad operacional de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250 de una empresa dedicada a la gestión de residuos sólidos ubicada en san juan de Miraflores” se refiere a la necesidad de establecer un plan de mantenimiento enfocado en un análisis de fallas de los equipos para poder evitar potenciales fallos futuros. En este sentido se tomaron las necesidades del tipo de trabajo que realizan estos equipos y que se tuvo como finalidad aumentar la disponibilidad de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17250 tomando como base las condiciones en las que estos camiones realizan servicio.

La investigación de esta problemática se realizó con el interés por evitar que los camiones pasen mucho tiempo en el taller y así poder tener una mayor productividad de estos evitando la necesidad de trabajos de mantenimiento correctivos no planificados o auxilios mecánicos los cuales disminuyen su disponibilidad operacional.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 CONTEXTO

Presente en Perú desde hace más de 20 años especializada en la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y Soluciones Industriales que atiende a clientes públicos y privados.

Trabaja como una Unidad de Valorización Sustentable – UVS, que genera valor a la sociedad con servicios de calidad, relaciones de confianza y enfocada en el desarrollo sostenible de su área de influencia.

a) Misión

Realizar una gestión innovadora de los residuos para generar un impacto positivo en la calidad de vida de nuestra comunidad y medio ambiente

b) Visión

Ser una empresa líder en el mercado de gestión de residuos sólidos del Perú

c) Valores

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 ESPACIAL

El proyecto se realizará en de una empresa dedicada a la gestión de residuos sólidos en la sede de San Juan de Miraflores ubicada en la planta de transferencia Huayna Cápac (R26P+R3V, San Juan de Miraflores 15842)

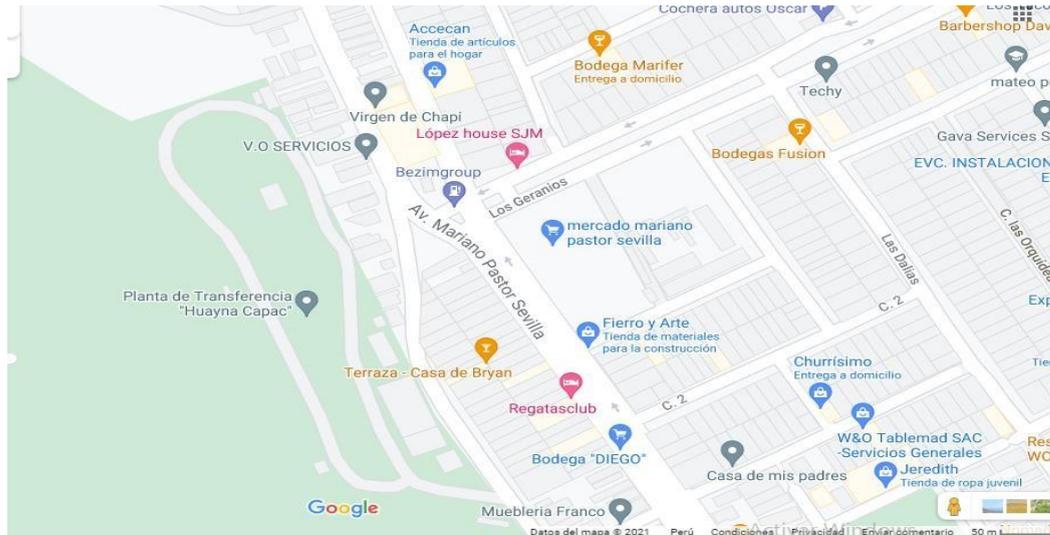


Figura 1 : Ubicación de la planta de transferencia Huayna Cápac

Fuente Google Mapas

1.2.2 TEMPORAL

El trabajo de suficiencia profesional presentado se desarrolla entre agosto del 2021 y noviembre del presente año en una empresa especializada en la gestión integral de residuos sólidos urbanos y soluciones industriales atiende a clientes públicos y privados.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo I

Planificar un plan de mantenimiento preventivo para mejora de disponibilidad de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250 de una empresa dedica a la recolección de residuos solidos

Objetivo II

Aplicar los registros del SAP BUSSINESS BYDESINGN para elaborar el plan de mantenimiento las estrategias del RCM (AMEF) en los camiones Volkswagen Worker compactador 17.250 y así obtener una mejora de la disponibilidad operacional.

Objetivo III

Elaborar la matriz de criticidad para el plan de mantenimiento preventivo para mejora de disponibilidad de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250

Objetivo IV

Realizar el Análisis modo y efecto de falla para elaborar el plan de mantenimiento preventivo para mejora de disponibilidad de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 INTERNACIONALES

(Zavala, 2018) **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM PARA EL CHANCADOR PRIMARIO FULLER, OPERACIÓN MANTOVERDE”**

Sustentado en el área de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María para optar al título de Ingeniero Mecánico Industrial. En este resumen de titulación el autor plantea la problemática de que en la operación minera de Manto verde de la compañía minera Mantos Copper, tiene un mantenimiento basado en la teoría clásica de mantenimiento en la que sus tipos de trabajo son reactivos afectando directamente en la producción y los costos de mantenimiento.

El objetivo de la tesis fue implementar un plan de mantenimiento basado en el RCM para su chancadora primaria Fuller para optimizar recursos y generar mayores beneficios incluyendo la disminución de paradas de planta no programadas.

Como conclusión se llegó a que a aplicación del plan de mantenimiento mediante la metodología RCM podría generar ahorros que superarían los US\$200.000 en caso de que se llegase a aplicar de forma práctica ya que la intención de la memoria de titulación es de diseñar el plan y proponer actividades mas no ejecutarlas. El antecedente citado tuvo como aporte para el desarrollo de la presente investigación debido a que utiliza la variable independiente plan de mantenimiento.

(Córdova, 2017) **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DEMANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA LA EMPRESA CITRIEXPINAL S.A.S.”**

Sustentado en la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Santo Tomas para optar por el título de Ingeniero Mecánico. En este trabajo de grado los autores plantean la necesidad de la implementación

de un plan de mantenimiento preventivo ya que actualmente se llevaba el mantenimiento de una forma reactiva, lo que afecta significativamente su producción.

El objetivo del trabajo de grado es elaborar un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para los activos que tiene la empresa CITRIEXPINAL S.A.S.

Como conclusión se llegó a que mediante la aplicación de las estrategias del RCM en la implementación de un plan de mantenimiento influyo positivamente en la producción de la empresa CITRIEXPINAL S.A.S. además de implementarse el estado de criticidad de todos los activos de la planta, también un software el cual contiene: hojas de vida, fichas técnicas, ordenes de trabajo. El antecedente citado tuvo como aporte para el desarrollo de la presente investigación debido a que utiliza la variable independiente plan de mantenimiento.

2.1.2 NACIONALES

(Santa Cruz, 2018) **“EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) Y SU INFLUENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS UNIDADES DE LA FLOTA VEHICULAR MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL - CALLAO 2018”**

Sustentado en la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional del Callao para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico En esta tesis el autor nos plantea la problemática de no contar con un plan de mantenimiento preventivo, lo que les conlleva a hacerlo reactivamente generando una baja disponibilidad además de la dificultad de tener poco espacio disponible para realizar los mantenimientos debido a su pequeña infraestructura.

El objetivo de la tesis fue determinar de qué manera podría influir un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad y de qué manera influiría en la disponibilidad de la flota vehicular de la municipalidad de San Miguel.

Como conclusión se llegó a que se elevaría la disponibilidad de un 59% a un 85% mediante un mantenimiento centrado en la confiabilidad esto demuestra que si se influyó positivamente en la disponibilidad de las

unidades de la flota de vehículos en la Municipalidad de San Miguel. El antecedente citado tuvo como aporte para el desarrollo de la presente investigación debido a que utiliza la variable independiente plan de mantenimiento.

(Chávez Ramírez, 2019) **“MEJORA EN LA IMPLEMENTACION DEL RCM DE LOS GRUPOS ELECTROGENOS Y MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION DEL LOTE V DE LA EMPRESA GRAÑA Y MONTERO S.A.A, PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD OPERACIONAL”**

Sustentado en la Facultad de Ingeniería en la Universidad Cesar Vallejo para optar por el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. En esta tesis el autor plantea que debido a la baja disponibilidad operacional de los equipos electrógenos existentes en el lote V que actualmente maneja el área de mantenimiento de la empresa Graña y Montero S.A.A se obtuvo una pérdida de producción de 590353.92 barriles/año con un costo total de US\$ 50906218.52 esto debido a 8199.36 horas acumuladas por fallas en el sistema eléctrico y mecánico de los grupos electrógenos y eléctricos.

El objetivo de la tesis fue mejorar el plan de mantenimiento existente en el área de mantenimiento con un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en los grupos electrógenos y motores trifásicos de inducción del lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A, para incrementar la disponibilidad operacional.

Como conclusión se llegó a que tras la implementación de este plan de mantenimiento se pasó de un 86% a un 95% de disponibilidad operacional. El antecedente citado tuvo como aporte para el desarrollo de la presente investigación debido a que utiliza la variable dependiente disponibilidad operacional.

(Milla Zorrilla, 2019) **IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE MAQUINAS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUARAZ 2019**

El desarrollo de la siguiente tesis tiene como objetivo manifestar que el programa de mantenimiento preventivo optimizo la confiabilidad de máquinas de la municipalidad provincial de Huaraz, 2019. Es de tipo

aplicada, con orientación cuantitativa, de diseño pre experimental, con una población y muestra de 13 y 3 máquinas respectivamente; estableciendo una de lista de chequeo, rescatando su expediente de trabajos para conseguir resultados para el pre y post test. Iniciando con el diagnóstico de criticidad de máquinas, juntando datos de un tiempo de 6 meses, usando reportes de trabajo y check list como instrumentos de recolección de datos, calculando la confiabilidad inicial de máquinas con cálculos de Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR) y el Tiempo Promedio Entre Fallas (TPEF), para así, diseñar el programa de mantenimiento preventivo con su programación usando software de gestión de mantenimiento industrial, que se puso durante 6 meses. Concluyendo en una confiabilidad general luego del estudio de 94.88%, y 83.2% antes del estudio; con una reducción de costos de mantenimiento preventivo en el compactador Atego 1623, de un costo de S/. 5028.00 soles en 4 meses a un costo de S/. 3945.00 soles en 6 meses, quedando comprobado el incremento de la confiabilidad.

(Bisso Molina, 2021) PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORA DE DISPONIBILIDAD EN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE PRENSAS DE RODILLO EN UNA PLANTA CEMENTERA UBICADA EN LIMA

El presente trabajo de suficiencia profesional se realiza un plan de mantenimiento preventivo para el método de enfriamiento de las prensas de rodillo de Clinker en una industria cementera que se ubica en Lima, cuyo objetivo es lograr un aumento de disponibilidad. La programación del mantenimiento preventivo decide la relación de actividades que deberán ser puestos al método de enfriamiento de eje de prensas de rodillo, que a su vez también se responsabiliza del enfriamiento del rodamiento, chumaceras y chaquetas correspondientes a la prensa. El presente trabajo consistió en la elección de un plan de mantenimiento para el eje de la prensa de rodillo de una empresa cementera, este plan fue realizado a través el análisis de modo de falla mecánicas y el cálculo de los indicadores de mantenimiento. Como también en base a la práctica experiencia de los operarios y supervisores del área de molienda terciaria de la empresa cementera. La realización del programa de mantenimiento

preventivo requirió de análisis y cálculos con el objetivo de obtener una mejora en el incremento de disponibilidad, para ello se usó como herramienta el software Excel.

2.2 BASES TEÓRICAS:

2.2.1 MANTENIMIENTO

(Bocanegra, 2017) La Norma Francesa AFNOR NF X 60-010 nombra al mantenimiento como “el grupo de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico para que pueda cumplir un servicio determinado”. Estas acciones se refieren a tareas como lubricación, limpieza, ajustes, inspecciones, limpieza, cambios de piezas entre otras que son programadas en intervalos específicos de tiempo sobre los equipos a fin de obtener una operatividad durante la vida útil de este equipo.

2.2.1.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Antonio Ros Moreno (2010) define al mantenimiento industrial de la siguiente manera: “el conjunto de técnicas destinadas a mantener equipos e instalaciones en operación durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con mayor rendimiento”. (p.8). José Rodríguez (2003) analiza el objetivo del mantenimiento de la siguiente manera:

Para examinar la finalidad veremos cómo cambian sus elementos en función de las variables principales comprometidas en el rendimiento del mantenimiento y que son:

- Número de disfuncionamiento (confiabilidad y disponibilidad).
- Costo de las piezas de repuesto e inmovilizados.
- Costo de la mano de obra



Figura 2 : Análisis del objetivo de mantenimiento

Fuente: Rodríguez J. (2003). *Gestión de mantenimiento asistido por computadora*

En la figura 2 se observa la finalidad del objetivo del mantenimiento respecto a los costos generados y calidad de servicio.

2.2.1.2 Historia y evolución del mantenimiento

(MOUBRAY, 2004 pág. 6)

Desde 1930, la evolución del mantenimiento se puede representar a través de tres generaciones. El mantenimiento RCM se está tornando velozmente en la base de la tercera generación, pero ésta solo puede ser visualizada en perspectiva, a la luz de la primera y segunda generación. La primera generación abarca el periodo hasta la segunda guerra mundial. En esa época no había una industria altamente mecanizada, de modo que los tiempos de inactividad no tenían demasiada importancia. Esto significa que la previsión de fallas en equipos no era prioridad en la mente de la mayoría de los gerentes. A su vez la mayoría de los equipos eran simples y muy bien diseñados esto los hacia confiables y fáciles de arreglar en consecuencia, no había obligación de un sistema de mantenimiento de ningún tipo, más allá que la limpieza, control y lubricación de rutina. La necesidad de habilidades precisas era inclusive menor de lo que es ahora. La Segunda Generación.

Todo cambió dramáticamente desde la segunda guerra mundial. Las opresiones de la guerra aumentaron los requerimientos de todo tipo de

provisiones, mientras que la disponibilidad de mano de obra se redujo notablemente. Esto llevo a una mayor mecanización. Para 1950, las unidades de todo tipo se habían multiplicado en número y complejidad. La industria estaba comenzando a depender de ellas.

A medida que esta independencia aumento, la inactividad tuvo una orientación más cercana. Eso acarreo la idea de que las fallas técnicas podían y debían ser prevenidas, lo que trajo a su vez el concepto de mantenimiento preventivo. En 1960 éste consistía principalmente en el re - acondicionamiento de las maquinarias, que se llevaba a cabo en intervalos fijos.

El precio del mantenimiento aumentó notablemente en comparación con otros costos operativos. Esto llevo al incremento de la planificación de mantenimiento y programas de control. Estos fueron una enorme contribución para iniciar a controlar el mantenimiento, y actualmente forman parte oficial de las prácticas de éste.

Al final, la cantidad de capital invertido en bienes físicos y los costos crecientes, llevo a que los propietarios buscaran el modo de maximizar la vida de esos bienes.

La Tercera Generación

Desde mediados de 1970, el procedimiento de cambio en la industria ha conjugado un momentum aún mayor. Los cambios pueden clasificarse bajo los títulos de nuevas expectativas, nuevas investigaciones y técnicas.

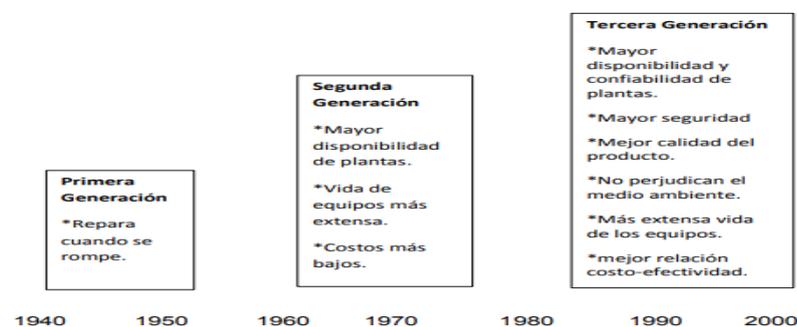


Figura 3 : Etapas del Mantenimiento

Fuente 3 Mantenimiento Centrados en la Confiabilidad (2° Edición – John Moubray)

2.2.1.3 Tipos de mantenimiento

(Aguaiza, 2016 pág. 31) Hay distintos modelos de mantenimiento, siendo la comparación de los logros o rentabilidad obtenida de ellos siendo superior el camino para definir su uso. Así, se hace una división de los distintos tipos de mantenimiento, diferentes en cuanto a forma, no así en sus fines: lograr resultados que abaratan los costos.

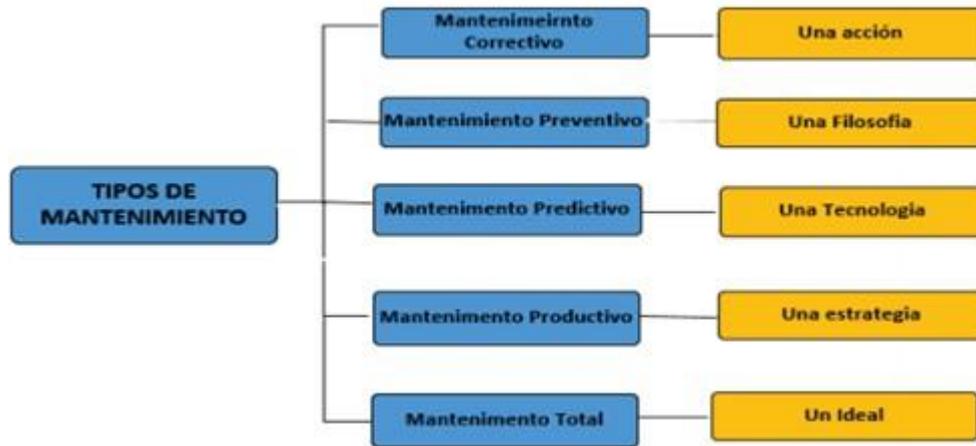


Figura 4 : Tipos del Mantenimiento

Fuente: SENA; Manual de Mantenimiento; Bogotá; 1991

2.2.1.4 Indicadores de mantenimiento

(García, 2016) El mantenimiento de una instalación genera datos, a veces miles de datos, cuyo método puede convertirse en información aprovechable con un tratamiento adecuado. Con la asistencia de una calculadora, una sencilla hoja de cálculo o un complicado software de gestión de mantenimiento pueden lograrse el valor numérico de estos indicadores.

Los indicadores de gestión de mantenimiento, denominados a veces KPI (Key Performance Indicators) son valores numéricos que, si están bien seleccionados, evidencian la situación y la evolución de un departamento de mantenimiento

2.2.1.5 Mantenimiento preventivo

Es aquel “conjunto de actos que se aventaja ante la posibilidad de un problema, avería o falla, que pueden ser previstas en el tiempo y espacio, de modo que fortalecen puntos consecuentes de falla, localizando debilidades, cambiando repuestos antiguos o desgastados”. (Integra Markets, 2018, p.6)

Duffuaa Raouff (2010) sostiene: “El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para mantener la disponibilidad y confiabilidad del equipo” (p.76)

2.2.1.6 Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento es “correspondiente al grupo de actividades dirigidas a subsanar defectos y solucionar fallas, en este tipo se espera a que suceda el problema para brindar la solución requerida”. (Integra Markets, 2018, p.6)

2.2.1.7 Mantenimiento predictivo

Es aquel que compila y analiza información que autoriza determinar el momento y lugar requerido para realizar las labores de mantenimiento preventivo, notificando permanentemente el estado en que se encuentra el equipamiento de planta, lo cual cuenta con instrumentos complementarios para adquirir dicha información, sin embargo, reduce costos de mantenimiento al realizar un uso eficiente de los recursos. (Integra Markets, 2018, p.6)

2.2.2 DISPONIBILIDAD

(REVISTA IRIM, 2019) La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada.

$$\text{Disponibilidad operacional} = \frac{\text{Horas operativas totales}}{\text{Horas proyectadas} + \text{Horas de mantenimiento}}$$

Una vez logrado se divide el resultado entre el tiempo total del periodo estimado.

Las horas de pausa por mantenimiento que deben computarse son tanto las horas debidas a paradas originadas por mantenimiento programado como el no programado. En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la pausa de toda la línea, es atractivo calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, esforzado y no nos aportará ningún dato importante. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez lograda la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para lograr la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad Total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significativos}}$$

2.2.3 QUE ES EL RCM

(MOUBRAY, 2004 pág. 11) Es una táctica de mantenimiento que básicamente nació en el área de la aeronáutica para eludir posibles fallas durante la operación de estos y que se ha llevado a las industrias para poder garantizar una continua producción previendo posibles fallas.

Esta técnica se basa en siete preguntas que son:

- a) ¿Cuáles son las funciones y respectivos modelos de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
- b) ¿En qué aspecto no contesta al cumplimiento de sus cargos ?
- c) ¿Qué causa cada falla funcional?
- d) ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- e) ¿De qué modo afecta cada falla?
- f) ¿Qué puede realizarse para predecir o prevenir cada falla?
- g) ¿Qué debe realizarse si no se halla el plan de acción apropiado?

2.2.3.1 Origen del RCM

(MOUBRAY, 2004 pág. 10) La primera industria en enfrentar estos desafíos sistemáticamente fue la industria de aviación comercial. Una pieza crucial de su solución fue el darse cuenta de que se debía poner tanto esfuerzo en confirmar que el personal de mantenimiento esté haciendo el trabajo en forma correcta, como en confirmar que se está haciendo el trabajo adecuada. Este crecimiento llevó a su vez a realizar el procedimiento de toma de dediciones comprensivo, que fue reconocido dentro de la aviación como “MSG3”, y afuera de ésta como Mantenimiento Centrado en el aval de Funcionamiento o RCM (mantenimiento centrado en la fiabilidad). Básicamente en cualquier ramificación del esfuerzo humano organizado, el RCM se está volviendo tan fundamental para la protección de los bienes materiales, como los libros de doble contabilidad lo son para los bienes financieros. No existe ninguna técnica parecida para reconocer el menor número de actividades específicas y seguras que se deben realizar para preservar el funcionamiento de los bienes físicos, principalmente en situaciones críticas y riesgosas. El reconocimiento va en aumento a nivel mundial del rol fundamental del RCM en la formulación de estrategias de manejo de bienes físicos- y de la importancia de aplicarlo de manera correcta - llevó a la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices 1999

2.2.3.2 SAP ByDesign

(Cando, 2015 pág. 5) El 19 /09/ 2007 SAP anunció un nuevo producto denominado SAP Business ByDesign. SAP Business ByDesign es un software de servicio que proporciona un recurso totalmente incorporado a la planificación empresarial (ERP). La solución se puede realizar en un PC con conexión a Internet y un navegador web, mientras el software y los datos se acumulan en los servidores host. Las aplicaciones de negocios se entregan como un servicio bajo demanda en base a una conexión segura a Internet y un navegador Web estándar. Como la mayoría de los resultados SAP Business Bydesing tiene una tarifa de pagopor uso en lugar de una inversión inicial.

2.2.4 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

(Chávez Ramírez, 2019, pág. 19) Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de sistemas o equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y necesario mejorar, basado en la realidad actual. Tiene como objetivo ofrecer una herramienta de ayuda, en la determinación de la jerarquía de sistemas y equipos de una planta, que permita manejarla de manera controlada y en orden de prioridades

Criticidad = Consecuencia * frecuencia de fallos

Consecuencia = I. O + SR + C.M + I.S + I.MA

Dónde:

IO: Impacto operacional.

SR: Stock de repuestos

IS: Impacto en seguridad

IMA: Impacto al medio ambiente

CM: Costo de mantenimiento.

2.2.5 ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

(Altmann, 2020 pág. 4) Cuando sucede un defecto, ésta se percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa de falla. Esto conlleva a muchas oportunidades de actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que si la falla vuelve a ocasionarse una y otra vez. A más dificultad del sistema, habrá mayor complejidad en localizar la fuente o raíz de la falla. Identificar el origen o la causa raíz es fundamental, pero sólo de por sí, no da solución al problema, para ello habrá que estudiar distintas acciones correctivas. El Análisis de Causa Raíz es un instrumento utilizado para reconocer causa de falla, de manera de eludir sus consecuencias realizar un análisis más a fondo es mejor para ayudar a entender los eventos y mecanismos que actuaron como raíz u origen del problema, los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

Análisis de falla de componentes (CFA), la cual implica el análisis de las piezas deterioradas.

Investigación de Causa de Raíz (RCI), este instrumento incluye a la anterior, e investiga las causas físicas.

Análisis de Causa Raíz (RCA), este instrumento comprende a los dos anteriores, y estudia además el error humano.

Para ejecutar el Análisis de Causa Raíz a profundidad, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y estudiar las acciones humanas u orígenes humanos que desataron la cadena causa –efecto que llevó a la causa física, lo cual implica analizar por qué realizaron eso, si debido a procesos erróneos, a especificaciones equivocadas o a la falta de capacitaciones, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir desperfectos en el gerenciamiento, que de no subsanarse, pueden hacer que el defecto se repita nuevamente.

El Análisis de Causa Raíz (RCA) tiene distintas funciones, que van incluso más allá del Mantenimiento:

Análisis de Fallas, para hallar fallas complicadas en equipos o procesos críticos, lo cual es una aplicación reactiva.

Análisis de Fallas recurrentes de equipos o procesos críticos, lo cual es una aplicación Proactiva.

Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (FMEA), el cual se utiliza también en el RCM2.

Análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos.

Análisis de accidentes e incidentes, en sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO).

El análisis de Causa Raíz es un proceso de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones causa-efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz, preguntándonos:

¿Cómo? es la forma que puede ocurrir una falla

¿Por qué? o cuales son las causas de la misma

Los hechos deben respaldarse mediante observación directa, documentación y deducciones científicas. Se utilizan gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema y datos disponibles:

Análisis causa-efecto

Árbol de fallo

Diagrama de espina de pescado

Software de RCA que ayudan a la construcción del árbol de fallos y a documentar el proceso

Las utilidades de la aplicación de esta poderosa herramienta son:

Aminorar el número de incidentes o fallas

Incrementar la Confiabilidad y Seguridad

Reducción de los costos de Mantenimiento

Incremento de la Eficiencia y la Productividad.

2.2.6 AMEF

(Altmann, 2020 pág. 3) Un modo de falla es un evento que causa una falla funcional o pérdida de función. Una vez que se ha identificado el modo de falla, hay que analizar qué pasa cuando ocurre, es decir las consecuencias en el activo y decir qué se hace para anticipar y prevenir, corregir o detectar la falla o rediseñar el equipo. Diferentes modos de falla pueden generar iguales síntomas.

Los modos de falla pueden ser causados por:

Desgaste y deterioro Errores humanos

Problemas de diseño

El FMEA permite seleccionar la apropiada estrategia de Gerenciamiento de Fallas.

Tal como lo señala Moubray en su libro RCM2, existen 6 patrones de falla en la maquinaria actual.

A continuación, está graficada la probabilidad de falla en función de la edad operacional. En los casos A, B y C se observa que la probabilidad de falla aumenta con la edad operacional, éste comportamiento es consecuencia del desgaste y más común en componentes que están en contacto directo con algún material o fluido. En cambio, los patrones D, E, y F no presentan relación entre la confiabilidad y la edad operacional.

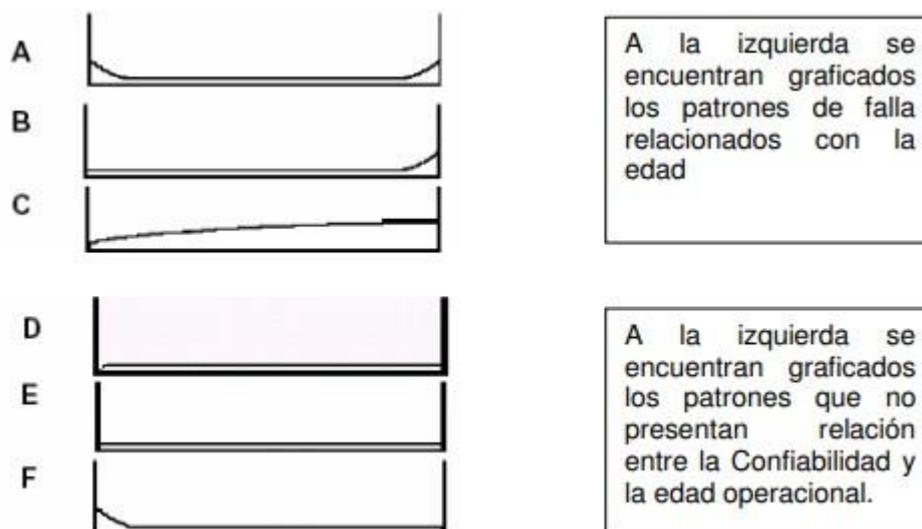


Figura 5 : Probabilidad de Falla en Función a la Edad Operacional

Fuente: Mantenimiento Centrados en la Confiabilidad (2° Edición – John Moubray)

Las consecuencias de falla describen lo que pasa cuando ocurre un modo de falla, el objetivo de éste análisis es establecer si es necesario realizar un Mantenimiento, dependiendo de las consecuencias operacionales o de Seguridad que tenga el modo de falla.

2.2.7 DIAGRAMA DE DECISIONES

(Rodríguez, y otros, 2014 pág. 96) Las decisiones tomadas bajo este enfoque dan prelación a las consecuencias de seguridad y ambientales antes que las consecuencias económicas. También, incorpora el supuesto

de que algunas políticas de manejo de falla son más rentables que otras. Sin embargo, este enfoque introduce una su optimización del proceso de manejo de fallas desde el punto de vista de los costos.

El enfoque de diagramas de decisión jerarquiza las políticas mantenimiento de la siguiente manera:

- a) **Modos de falla evidentes con efectos sobre el ambiente o la seguridad:** Tareas bajo condición, tareas programadas de restauración y descarte, tareas combinadas (usualmente bajo condición y descarte programado), cambios de una vez.
- b) **Modos de falla evidentes sin efectos sobre el ambiente o la seguridad:** Tareas bajo condición, tareas programadas de restauración y descarte, mantenimiento no programado, cambios de una vez.
- c) **Modos de falla ocultos cuyas fallas múltiples pueden afectar el ambiente o la seguridad:** Tareas bajo condición, tareas programadas de restauración y descarte, búsqueda de fallas, combinación de tareas (usualmente búsqueda de fallas y descarte programado), cambios de una vez.
- d) **Modos de falla ocultos cuyas fallas múltiples pueden afectar el ambiente o la seguridad:** Tareas bajo condición, tareas programadas de restauración y descarte, búsqueda de fallas, mantenimiento no programado, cambios de una vez

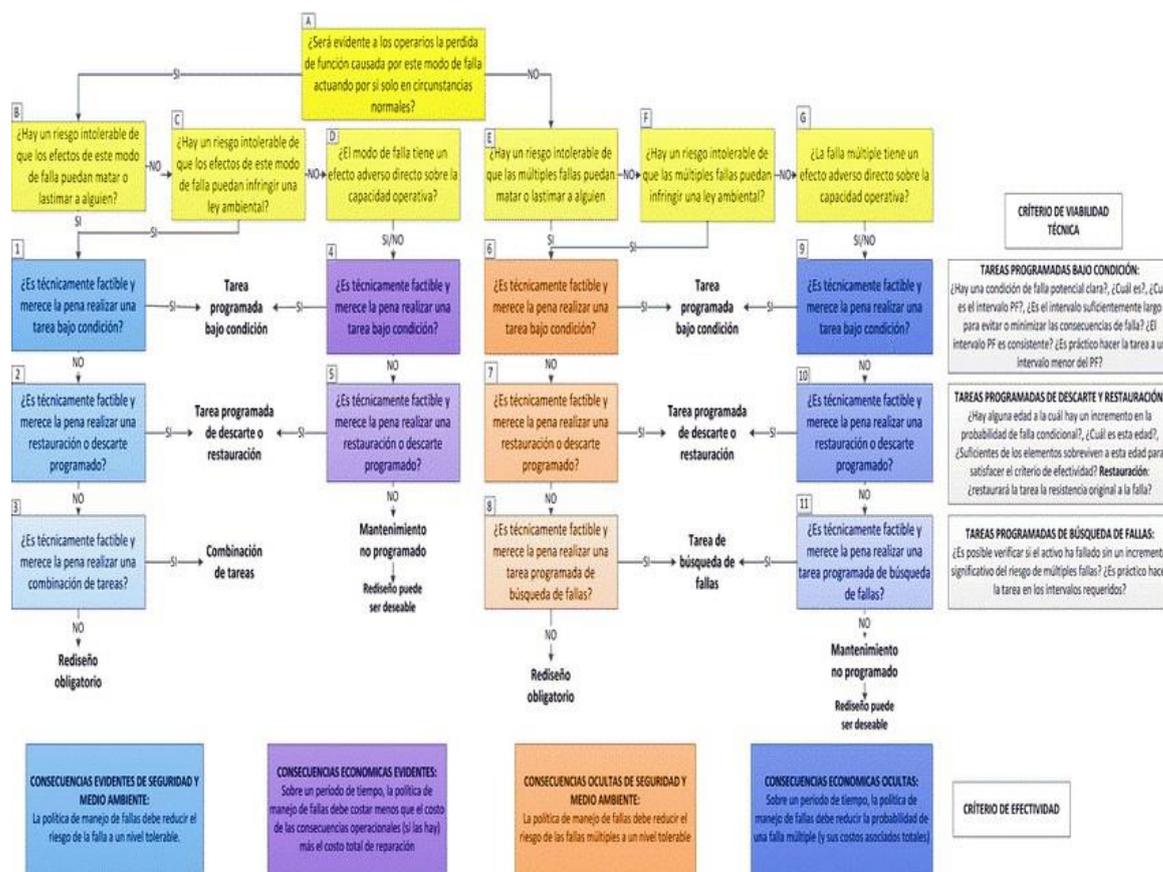


Figura 6 : Diagrama de Decisiones RCM

Fuente: SAE JA 1012, los autores

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Causa raíz:** (Vistín, 2013 pág. 46) Es una metodología que permite reconocer las causas físicas y humanas, de cualquier tipo de falla o eventualidad que ocurre una o varias veces, permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del proceso.
- Disponibilidad:** (Santa Cruz, 2018, pág. 32) Corresponde al tiempo que un equipo o máquina está listo en cumplir su función en condición esperada, en un tiempo determinado
- Mantenimiento sistemático.** (Satizabal, 2006 pág. 54) Los planes de Mantenimiento sistemático se establecen por frecuencias semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y se deben ajustar a la planeación a corto plazo coordinándose con los otros proyectos de la empresa para minimizar la interferencia con la producción; un buen programa que es flexible y a su vez controla su desarrollo.

- d) **Operatividad.** (Santa Cruz, 2018, pág. 72) Es la cualidad que nos indica el buen funcionamiento de un equipo o máquina.
- e) **Relleno sanitario** (Ulloa, 2005 pág. 1) Es una técnica de disposición de residuos sólidos muy utilizada en la región, que consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizado para evitar la contaminación del acuífero y recubiertas por capas de suelo
- f) **RCM:** (Santa Cruz, 2018, pág. 70)Mantenimiento basado en fiabilidad y/o confiabilidad
- g) **Código SAP:** Codificación asignada a cada equipo, componente o repuesto que conforma un sistema específico ya sea por stock o consignación. Consta de unos dígitos, los cuales se encuentran separados por un guion después de los tres primeros números.
- h) **Ficha técnica:** Es una hoja de datos que contiene las características requeridas de un componente y explica su funcionamiento, el cual debe ser explícito para tener un conocimiento adecuado de cada componente
- i) **Camión compactador:** Un camión compactador de residuos es una potente maquina cuya función principal es comprimir el residuo que entra haciéndolo más pequeño y permitiendo la entrada de más cantidad del residuo, el sector de residuos es un elemento tan característico como necesario podemos encontrarnos con estos compactadores en todos los camiones de recogida urbana de residuos, así como en muchas industrias privadas

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

Determinación y análisis del problema:

3.1 ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

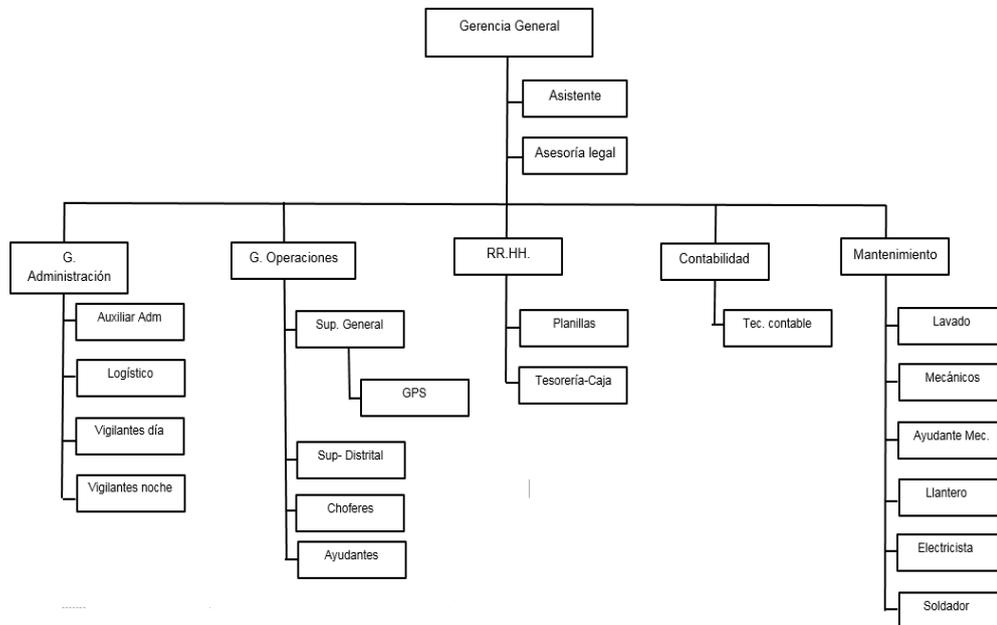


Figura 7 : Organigrama de la empresa

Dentro de la Gerencia se encuentra la División de Mantenimiento preventivo y correctivo divididas en área mecánica, área eléctrica y soldadura.

Siendo estas las áreas donde se desarrolló la experiencia profesional, realizando trabajos de apoyo en la gestión de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades compactadoras Worker 17.250.

Esta área tiene como función encargarse del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias, que hacen posible la recolección de los residuos sólidos, es una de las tantas empresas que se dedica generalmente a la gestión de residuos sólidos urbanos y está presente en el Perú hace más de 20 años. Cuenta con una planta de transferencia donde también se encuentra el taller de mantenimiento y que está ubicada en la Av. Pastor Sevilla S/N en el distrito de San Juan de Miraflores, provincia de Lima, departamento de Lima y cuenta con una extensión de terreno de

24000m² con coordenadas 12°11'18.1"S 76°57'52.4"W donde se realiza la transferencia de residuos a camiones madrinas que llevan los residuos hasta el relleno sanitario de Portillo Grande ubicado a la altura del Km. 40 de la antigua carretera "Panamericana Sur", en el distrito de Lurín. Ubicándose en esta planta de transferencia los hangares (bahías) de mantenimiento en donde se realizan los mantenimientos preventivos y correctivos correspondientes a las compactadoras y otras unidades afines a la empresa.

Actualmente el servicio que realiza es para la municipalidad de Lima consiste en transportar los residuos generados en la jurisdicción de cercado de lima y transportarlos a la planta de transferencia de residuos sólidos "Huayna Cápac" mediante los camiones Volkswagen Worker Compactador 17250 y Volkswagen Worker Compactador 17260.

Se ha observado que uno de los problemas es de que las unidades recurrentemente se acercaban a los hangares de mantenimiento para poder realizársele trabajos correctivos o requiriéndose auxilios mecánicos, pudiendo esto evitarse al implementarse un plan de mantenimiento basado en las estrategias del RCM y aplicarlo periódicamente en sus mantenimientos preventivos programados garantizando así que las unidades den un correcto servicio manteniendo las calles del cercado de Lima limpias y evitando posibles sanciones por parte de la municipalidad de Lima por los retrasos de trabajos por estos equipos .



Figura 8 : Camión compactador Worker 17.250

Fuente: Elaboración propia

3.2 MODELO DE SOLUCION PROPUESTO

Para la recolección de datos del trabajo de suficiencia profesional se recolectaron de diferentes medios siendo estas técnicas:

Técnicas documentales con diversos tipos de instrumentos de recolección de datos como los son las fichas bibliográficas, fichas cibergráficas, registro de trabajos y costos extraídos del módulo del SAP Business bydesign, los registros de disponibilidad en hojas de cálculo Excel y las fichas de trabajos usadas en las fichas de trabajo.

Información empírica brindada por el personal técnico mediante el instrumento de recolección de datos de entrevistas estructuradas ya que poseen una vasta experiencia atendiendo este tipo de unidades además de conocer el comportamiento y fallas por experiencia propia necesarias para la aplicación de las estrategias del RCM.

Análisis y procesamiento de datos

Para poder entender y aplicar el diseño y aplicación del plan de mantenimiento basado en las estrategias del RCM se requiere establecer en primera instancia un diseño preliminar lo cual ayudara a entender lo que se busca mediante la técnica de caja negra y caja blanca, esto se muestra en la figura N° 9 y en la figura N°10.

Caja Negra



Figura 9 : Caja Negra

Fuente: Elaboración propia

Caja Blanca



Figura 10 : Caja Blanca

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama lógico mostrado en la figura se brinda una ruta por la cual seguir para llegar al desarrollo de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad iniciándose desde la toma de datos inicial, la aplicación de las estrategias del RCM para la selección de tareas y periodicidad, así como la implementación y la toma final de datos.

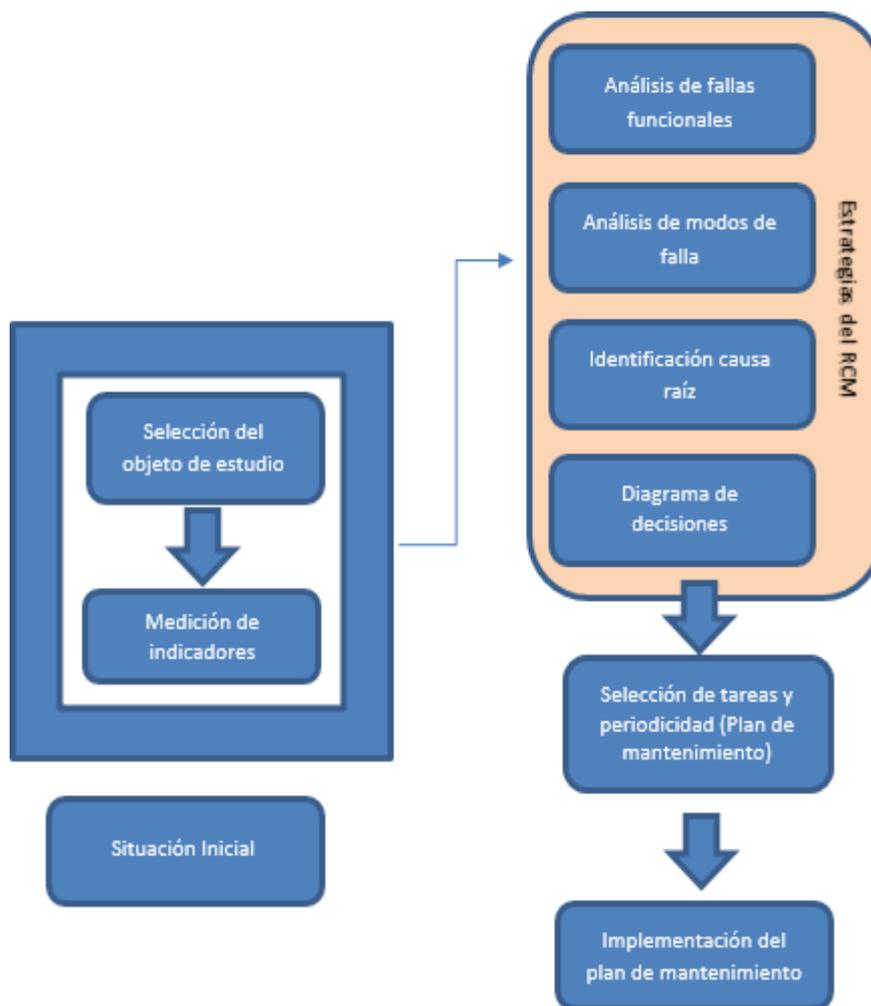


Figura 11 : Diagrama lógico
Fuente: Elaboración propia

Situación Inicial

Selección del objeto de estudio:

De los equipos a tomar en cuenta para el estudio se registró cada equipo con su código de equipo respectivo para identificar y controlar en cada uno la toma de tiempos de operación y trabajos de mantenimiento

Tabla 1 : Codificación de Equipos

Lista de vehículos						
Código de equipo	Año	Marca	Modelo	Placa	Capacidad	
5219	2018	Volkswagen	17250	AWG-780	18 m3	
5220	2018	Volkswagen	17250	AWG-781	18 m3	
5221	2018	Volkswagen	17250	AWG-782	18 m3	
5222	2018	Volkswagen	17250	AWG-783	18 m3	
5223	2018	Volkswagen	17250	AWG-784	18 m3	
5224	2018	Volkswagen	17250	AWG-785	18 m3	
5225	2018	Volkswagen	17250	AWG-787	18 m3	
5226	2018	Volkswagen	17250	AWG-789	18 m3	
5227	2018	Volkswagen	17250	AWK-913	18 m3	
5228	2018	Volkswagen	17250	AWL-943	18 m3	

Elaboración propia

Relativos de Equipos y Especificaciones

Ficha técnica

Se redactó las fichas del camión Volkswagen Worker Compactador 17250 con la debida información técnica necesaria describiendo sus partes principales, datos de origen y su forma física

Tabla 2 : Ficha Técnica

FICHA TECNICA

INFORMACION GENERAL

Marca	Modelo
Volkswagen	17.250
Año	2018
Placa	-



Características generales del vehículo	
Peso	Longitud
13500 kg	9.30 m
Altura	Ancho
3.50 m	2.60 m

Motor	
Marca y Modelo	Cummins Interact 6.0 Turbo Intercooler
Norma de Emisiones	Euro III
N.º de Cilindros / Cilindrada	6 cilindros en línea / 5.880 cm ³
Secuencia de Inyección	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4
Sistema de Inyección	Common Rail controlado por ECM (Módulo Control Electr.)
Transmisión	
Caja de Cambios - Marca y modelo	Eaton - FS 6306-B Mecánica
Accionamiento	Palanca al piso
Embrague	
Modelo y revestimiento	Disco simple a seco, orgánico
Tipo y accionamiento	Pull, hidráulico con servo asistido a aire
Sistema Eléctrico	
Tensión Nominal	24V
Batería	2 x 12V & 100Ah
Alternador	80A & 28V
Dirección	
Tipo	Hidráulica integral con bolas circulantes
Marca y Modelo	ZF Servocon 8097

Fichas de Consideraciones Técnicas para Referencia

Tiempos de trabajo

La toma de tiempos se da diariamente de lo mostrado en cada horómetro instalado en cada unidad cuando esta retorna a la planta de transferencia, esta toma de tiempo se tomó 2 veces al día ya que son las veces que vuelve a la planta de transferencia para descargar.

Tabla 3 : Registro de Horas Diarias

HOJA DE CONTROL DE HORAS			
FECHA	VEHÍCULO	HSALIDA	HENTRADA
01/08/2020	5219	12085	12096
01/08/2020	5220	15068	15084
01/08/2020	5221	14803	14821
01/08/2020	5222	13748	13771
01/08/2020	5223	13738	13762
01/08/2020	5224	15315	15337
01/08/2020	5225	17937	17951
01/08/2020	5226	17137	17150
01/08/2020	5227	17936	17956
01/08/2020	5228	17399	17416

Elaboración propia

Muestra de Horas Tomadas de 1 Día

De la tabla N° 1 se tomaron los tiempos para elaborar la tabla N°3, esta es de la toma de tiempos operados de cada unidad que trabajan durante el mes para obtener el tiempo trabajado real.

Tabla 4: Toma de Tiempos Mensuales

Horas operativas						
Unidad	Junio	Julio	Agosto	Septie	Octubre	Noviembre
5219	410.00	240.00	420.00	174.00	129.00	320.00
5220	433.00	384.00	438.00	502.00	452.00	534.00
5221	264.00	192.00	286.00	520.00	422.00	554.00
5222	155.00	355.00	175.00	0.00	536.00	567.00
5223	378.00	342.00	378.00	476.00	387.00	473.00
5224	406.00	310.00	406.00	505.00	518.00	502.00
5225	468.00	348.00	468.00	478.00	487.00	559.00
5226	463.00	436.00	458.00	325.00	375.00	492.00
5227	481.00	361.00	481.00	430.00	528.00	524.00
5228	398.00	338.00	398.00	430.00	547.00	533.00

Total	3856.00	3306.00	3908.00	3840.00	4381.00	5058
--------------	---------	---------	---------	---------	---------	------

Elaboración propia

Tiempos Trabajados por Cada Unidad Antes y durante el Plan de Mantenimiento

Selección del equipo de trabajo

Para la implementación de este plan de mantenimiento el equipo de trabajo se definió por:

Supervisor: Es el responsable de la correcta aplicación del plan de mantenimiento establecido y los requerimientos necesarios para este.

Mecánico Líder: Es el especialista con mayor conocimiento en los distintos tipos de sistemas y con mayor experiencia en el trabajo de estos equipos además de estar capacitado previamente en el funcionamiento y mantenimiento de estos equipos.

Técnico Hidráulico: Es el especialista en el mantenimiento en los sistemas hidráulicos, por su experiencia en el trabajo en estos equipos y capacitado previamente en el mantenimiento de estos equipos.

Ayudante Mecánico: Es el responsable de ejecutar el mantenimiento de forma técnica del sistema motor, neumático.

Técnico Electricista: Es el responsable de ejecutar el mantenimiento de forma técnica del sistema eléctrico.

Disponibilidad antes del plan de mantenimiento.

Para la toma de disponibilidades además de tener los tiempos de operación antes de la implementación del plan de mantenimiento se tiene que tener un registro de los tiempos por equipos usados en trabajos de mantenimiento, estos tiempos de trabajos serán extraídos del módulo del SAP Business bydesign.

Registros de órdenes de trabajo SAP Business bydesign.

SAP Business ByDesign Orden de Mantenimiento

Orden de Mantenimiento

Todas Las Ordenes de Mantenimi... Agrupar por Estado de la orden

Buscar

Editar Nuevos Exportar

Estado de aprob...	Estado de la orden	Fecha de or...	ID	Descripción de la orden	Tipo de Orden	Nombre del Equipo
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	18.09.2019	2546	5219 - SACAR LOGOS ADHESIVOS...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	18.03.2019	580	5219 - CAMBIO DE FLASHER	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	17.06.2019	1504	5219 - CAMBIO DE INTERRUPTOR...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	13.12.2019	4036	5219 - CAMBIO DE CLAXON	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	14.12.2019	4048	5219 - CAMBIO DE SOPORTE DE ...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	19.12.2019	4156	5219 - INTERRUPTOR PISTA	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	01.06.2020	5832	5219 - FILTROS	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	03.06.2020	5849	5219 - CAMBIO DE TOMAFUERZA	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	11.09.2019	2452	5219 - CAMBIO DE FOCOS, FLASH...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	02.12.2019	3800	5219 - CAMBIO DE FLASHER	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	29.11.2019	3760	5219 - FARO - RELAY - TERMINAL	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	05.03.2020	5142	5219 PARCHO DE LLANTA	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	06.03.2020	5157	5219 - CAMBIO DE RELAY, FOCOS	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	10.02.2020	4806	5219 - CAMBIO DE FOCOS	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	13.02.2020	4852	5219 - CAMBIO DE RELAYS, TERM...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780
1 - No iniciado	BUCO - Cierre co...	02.06.2020	5842	5219 - CAMBIO DE FOCOS, FLASH...	Orden de Mantenimiento Manual	5219 Compacta AWG-780

Los datos no se pueden mostrar completamente. La clasificación y el filtrado no son confiables porque la cantidad de aciertos se demasiado extensa. Disminuya la cantidad de búsqueda de aciertos restringiendo el criterio de búsqueda.

Figura 12 : Registros de OTs en SAP Business Bydesign

Fuente Software SAP Business By design

Mediante el manejo del ERP SAP Business Bydesign se procedió a ahondar en cada Orden de trabajo para la recopilación de datos necesarios para la elaboración de la tabla N°4 los cuales incluyeron las unidades que se trabajaron, los tipos de mantenimiento, las fechas y los tiempos empleados en cada Orden de trabajo y las actividades realizadas en estas Ordenes de trabajos

my346357.sapbydesign.com/sap/public/ap/ui/repository/SAP_UI/HTML0BERONS/client.html?client_type=html&app.component=/SAP_UI_CT/Main/root.luicwoc&rootWindo...

SAP Business ByDesign Orden de Mantenimiento: 10646

Estado de aprobación: 2 - Aprobación no necesaria Estado: BUCO - Cierre comercial Prioridad: MEDI - Medio

Grabar y cerrar Grabar Cerrar Visualizar Liberar Visualizar todo

Datos generales

ID: 10646

Fecha de orden: 16.11.2021

Descripción de la orden: * 5227 - MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO B (HR 19745)

Tipo de Orden: * 35 - Mantenimiento preventivo

Persona Responsable: * E240951265 - VICTOR HUGO TURRIATE HUAROC

Talleres:

Información de Equipo

Equipo: * 99 - 5227 Compacta AWK-913 VW 17250 18 m3

Tipo de Equipo: Camion Compactador 2 eje

Empresa: Innova Ambiental S.A.

Residencia Fiscal: Sede Logística Interna

Ubicación principal: INNOVA

Ubicación Técnica: MANT. VEHICULOS LIMA

Persona Responsable: VICTOR HUGO TURRIATE HUAROC

Habilitar equipo:

Información Administrativa

Prioridad de Orden: MEDI - Medio

Estado de la orden: BUCO - Cierre comercial

Fecha de liberación: 16.11.2021

Fecha de cierre técnico: 24.11.2021

Equipo parado:

Fecha inicial de parada:

Fecha final de parada:

Tiempo de parado en horas:

Equipo Mayor Parado:

Fecha inicial de parada E Mayor:

Fecha final de parada E Mayor:

Tiempo de parada en horas E mayor:

Fecha

Fecha de inicio plan: * 16.11.2021 10:31 AM UTC-5

Fecha Final Planificada: * 16.11.2021 02:31 PM UTC-5

Fecha Inicial Real: * 16.11.2021 10:31 AM UTC-5

Figura 13 : Ordenes de Trabajo en SAP Business Bydesign

Fuente Software SAP Business Bydesing

Tabla 5 : Registros de Trabajos de Mantenimiento

Unidad	Tipo de mantenimiento	Hora inicio	Hora fin	Tiempo	Actividad
5227	MTTO PREVENTIVO	01/06/2021 10:30:00	01/06/2021 14:30:00	4.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO B
5222	MTTO CORRECTIVO	02/06/2021 7:00:00	02/06/2021 9:30:00	2.50	REPARACION DE CABLEADO
5224	MTTO PREVENTIVO	02/06/2021 8:00:00	02/06/2021 13:00:00	5.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO TIPO T
5226	MTTO CORRECTIVO	02/06/2021 8:30:00	03/06/2021 11:00:00	26.50	CAMBIO DE FAJA DE ALTERNADOR, BOMBA DE AGUA
5220	MTTO CORRECTIVO	02/06/2021 10:00:00	02/06/2021 11:30:00	1.50	REPARACION DE ILUMINACION
5224	MTTO PREVENTIVO	02/06/2021 15:00:00	02/06/2021 15:30:00	0.50	CAMBIO DE ACEITE DE CAJA E HIDRAULICO
5228	MTTO CORRECTIVO	02/06/2021 15:00:00	02/06/2021 16:00:00	1.00	REPARACION DE LUCES
5223	MTTO CORRECTIVO	02/06/2021 18:30:00	02/06/2021 19:00:00	0.50	CAMBIO DE FOCOS
5222	MTTO CORRECTIVO	03/06/2021 10:00:00	03/06/2021 11:30:00	1.50	REPARACION DE LUCES
5226	MTTO PREVENTIVO	03/06/2021 11:00:00	03/06/2021 11:30:00	0.50	RELLENO DE REFRIGERANTE
5226	MTTO CORRECTIVO	03/06/2021 15:00:00	04/06/2021 16:00:00	25.00	CAMBIO DE VARILLA DE PEDAL DE FRENO
5222	MTTO PREVENTIVO	04/06/2021 17:00:00	04/06/2021 21:00:00	4.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO B
5219	MTTO CORRECTIVO	05/06/2021 10:00:00	05/06/2021 11:30:00	1.00	PARCHADO DE LLANTAS

5225	MTTO CORRECTIVO	05/06/2020 10:30:00	05/06/2021 11:00:00	0.50	CAMBIO DE FOCOS
5222	MTTO CORRECTIVO	05/06/2020 11:00:00	05/06/2021 11:30:00	0.50	CABLEADO
5225	MTTO CORRECTIVO	05/06/2020 11:00:00	05/06/2021 12:30:00	1.50	PARCHADO DE LLANTA
5223	MTTO PREVENTIVO	05/06/2020 17:30:00	05/06/2021 20:30:00	3.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
5219	MTTO CORRECTIVO	06/06/2020 11:00:00	06/06/2021 11:30:00	0.50	CAMBIO DE FOCO Y RELAY
5226	MTTO PREVENTIVO	06/06/2020 11:00:00	06/06/2021 11:30:00	0.50	RELLENO DE ACEITE HIDRAULICO
5225	MTTO CORRECTIVO	09/06/2020 9:00:00	09/06/2021 10:00:00	1.00	REPARACION DE LUCES
5221	MTTO CORRECTIVO	09/06/2020 10:15:00	09/06/2021 13:00:00	2.75	REPARACION DE CABLEADO
5228	MTTO CORRECTIVO	09/06/2020 11:00:00	09/06/2021 12:30:00	1.50	REPARACION DE LUCES
5222	MTTO CORRECTIVO	09/06/2020 17:30:00	09/06/2021 18:30:00	1.00	REPARACION DE LUCES
5228	MTTO CORRECTIVO	10/06/2020 12:00:00	10/06/2021 12:30:00	0.50	CAMBIO DE TERMINALES
5223	MTTO CORRECTIVO	10/06/2020 16:00:00	10/06/2021 18:00:00	2.00	CAMBIO DE VICOSTATICO
5227	MTTO CORRECTIVO	10/06/2020 16:00:00	10/06/2021 16:30:00	0.50	CAMBIO DE FOCOS
5222	MTTO CORRECTIVO	10/06/2020 17:15:00	10/06/2021 17:30:00	0.25	CAMBIO DE FOCOS
5226	MTTO CORRECTIVO	10/06/2020 18:30:00	10/06/2021 19:30:00	1.00	REPARACION DE LUCES
5227	MTTO CORRECTIVO	11/06/2020 9:00:00	11/06/2021 10:00:00	1.00	PARCHADO DE LLANTA
5228	MTTO PREVENTIVO	11/06/2020 9:00:00	11/06/2021 14:00:00	5.00	MANTENIMIENTO PREVENTIVO T
5220	MTTO CORRECTIVO	11/06/2020 17:00:00	11/06/2021 20:30:00	3.50	REPARACION DE SISTEMA ELECTRICO
5219	MTTO CORRECTIVO	11/06/2020 18:30:00	11/06/2021 19:00:00	0.50	FOCOS Y FLASHER

Fuente Software SAP Business By design

Muestra del Registro de Trabajos, Tipos y Tiempos de Mantenimiento

Horas proyectadas.

Las horas de trabajo proyectadas para cada unidad durante el mes son 600 alrededor de unas 150 h semanales lo que en 10 unidades hace un total de 6000 horas.

Disponibilidad Inicial

La disponibilidad viene dada por la fórmula:

$$\text{Disponibilidad operacional} = \frac{\text{Horas operativas totales}}{\text{Horas proyectadas} + \text{Horas de mantenimiento}}$$

Con la formula se elaboró los registros de disponibilidad mensuales que se muestra en la tabla N°6

Tabla 6 : Registros de Disponibilidad Mensual

AGOSTO					DISPONIBILIDAD
PREFIJO	Horas Totales Operativas	Horas Mantenimiento Correctivo	Horas Mantenimiento preventivo	Horas Auxilios Mecánicos	
5219	420.00	7.00	5.00	4.00	66.18%
5220	438.00	10.50	5.50	0.00	71.10%
5221	286.00	27.5	3.00	4.00	45.07%
5222	175.00	83.5	4.00	8.00	25.16%
5223	378.00	11.00	3.00	0.00	61.15%
5224	406.00	3.00	6.00	0.00	66.67%
5225	468.00	4.00	3.00	0.00	77.10%
5226	458.00	22.00	4.00	0.00	73.16%
5227	481.00	3.50	4.00	0.00	79.18%
5228	398.00	65.50	6.50	0.00	59.23%
TOTAL	3908.00	237.50	44.00	16.00	62.06%

Elaboración propia

Muestra del Registro de Disponibilidades Mensuales

Teniendo en cuenta lo anterior se tomó la disponibilidad mensual durante el periodo a considerarse antes de la implementación del plan de mantenimiento.

Tabla 7 : Registros de disponibilidad antes del plan de mantenimiento

Mes	Horas proy.	Horas Totales Operativas	Horas Mant. Correctivo	Horas Mant. preventivo	Horas Au x. Mecánicos	Disp. Operacional
Marzo	6000	3856.00	268.00	41.00	7.00	61.05%
Abril	6000	3306.00	183.00	5.00	19.00	53.26%
Mayo	6000	3650.00	245.25	35.00	8.00	58.04%
Junio	6000	3908.00	237.50	44.00	16.00	62.06%
Julio	6000	3960.00	295.00	24.00	6.00	62.61%

Elaboración propia

Detalle de Tiempos Usados por Tipo de Mantenimiento

Aplicación de las estrategias del RCM

Análisis de modos efectos y fallas (AMEF)

Para poder establecer las tareas a realizarse se debió de conocer cada falla funcional, los modos de fallo y los efectos de estas fallas, esto se elaboró mediante la tabla AMEF.

Tabla 8 : Tabla AMEF Sistema de Frenos

Camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250									
Sistema: Frenos									
S. S	Sub sistema de sistema del motor	C. S	Componentes de subsistema	Función	Falla Funcional	M. F.	Modo de Falla	E. F.	Efectos de fallas
1	Sistema neumático	1	Compresora de aire	Comprimir aire que entra al sistema	Frenos no accionan	1	empaquete de culata rota	1	no caga aire
1		1				anillos rotos	1	contaminación con aceite a tanques de aire	
1		1				sellos resecos	1	Fuga de aire	
1		2	Líneas de presión de aire	Transportar aire por las diferentes válvulas	Frenos no accionan	1	abrazaderas desgastadas	1	Fuga de aire
1		2				Manguera rota	1	Fuga de aire	
1		3	Gobernador de aire	Controlar la cantidad y presión de aire que entra al sistema	Frenos no accionan	1	sellos internos rotos	1	demora de carga de aire
1		4	Secador de aire	Filtrar la humedad del aire del sistema	Demora en la soltura del break	2	filtro de aire sucio	1	demora de carga de aire
1		4				3	filtro obstruido	1	baja presión de aire
1		5	Tanque de aire	Almacenar el aire que genera la compresora de aire	Frenos no accionan	1	Tanque rajado	1	Fuga de aire
1		5				2	Tanque desgastado excesivamente	1	Caída de presión de aire
1		6	Cañerías de aire serpentín	Transportar aire	Frenos no accionan	1	cañería rota	1	no carga el aire
1		6				2	cañería obstruida	1	baja presión de aire
1		7	Válvula de 4 vías	Distribuir el airea distintos	Frenos no accionan	1	sellos internos rotos	1	no distribuye aire

1		7		puntos del equipo		2	sellos obstruidos	1	no distribuye aire	
1		8				1	sellos internos rotos	1	fuga de aire	
1		8	Válvula pedal de freno	Encargada de frenar neumáticamente el equipo	Frenos no accionan	2	Sellos de desfogue desgastados	1	demora en frenado	
1		8				3	suple interno dañado	1	freno largo	
1		9				1	sellos en mal estado	1	baja presión de aire	
1		9	Válvula Relé	Distribuir aire hacia el pulmón	Frenos no accionan			2	fuga de aire	
1		10	Válvula retención doble	Distribuir el aire hacia el pulmón	No desbrekea	1	Desgaste excesivo	1	fuga interna de la válvula	
1		10				2	fuga interna de la válvula	1	baja presión de aire	
2	Sistema break	1	Válvula de descarga rápida	Distribuir y desfogar aire al pulmón	Break pegado	1	sello interno reseco	1	demora en el break	
2		1				2	sello interno roto	1	no desbrekea	
2		2					1	diafragma roto	1	fuga de aire
2		2	Pulmones de freno	Almacenar aire	Frenos no accionan		2	sellos del eje roto	1	Fuga de aire
2		2					3	resortes rotos	1	Fuga de aire
2		3	Rache de frenos	Transmitir potencia a las zapatas	Frenos no accionan		1	no se engrasan	1	frenos no regulan
2		3					2	desgastes internos	1	frenos largos
2		4					1	Desgaste excesivo	1	ruidos al frenar
2		4	Zapatas de freno	Transmitir presión con los tambores y frenar la unidad	Frenos no accionan		2	des remachado de zapatas	1	ruidos al frenar
2		4					2		2	frenos largos
2		5	Palanca de break	Impulsar aire mecánicamente hacia la retención doble	no se desbrekea		1	sellos internos rotos	1	demora en brakear la unidad
2		5					2	Desgaste excesivo	1	Fuga de aire
2		6	Tambores de freno	Soporte de fricción entre la rueda y el eje	Frenos no accionan		1	tambor rajado	1	ruidos al frenar
2		6					2	tambor desgastado	1	al frenar desvía el equipo

Elaboración propia

Análisis de Modos y Efectos de Falla para el Sistema de Frenos

Tabla 9 : Tabla AMEF Sistema Motor

Volkswagen Worker Compactador 17250									
Sistema: Motor									
S. S	Subsistema de sistema del motor	C. S	Componentes de subsistema	Función	Falla Funcional	M. F.	Modo de Falla	E. F.	Efectos de fallas
1	Alimentación de combustible	1	Tanque de combustible	Almacenamiento de combustible	Bajo rendimiento de combustible	1	Rajaduras	1	Fugas de combustible
1		1	Tanque de combustible	Almacenamiento de combustible	Bajo rendimiento de combustible	2	Sellos resecos	1	Contaminación de combustible
1		2	Líneas de combustible	Transportar el combustible	No enciende motor	1	Líneas picadas	1	Contaminación con aire
1		2	Líneas de combustible	Transportar el combustible	No enciende motor	2	desgaste excesivo	1	Fugas de combustible
1		3	Filtro de combustible separador	Filtrar y separar la humedad del combustible	Perdida de potencia	1	filtro sucio	1	mala combustión
1		3	Filtro de combustible separador	Filtrar y separar la humedad del combustible	Perdida de potencia	2	filtro obstruido	1	combustible obstruido
2	Inyección	1	Filtros de combustible	Remover impurezas del combustible	Equipo con baja potencia	1	filtro obstruido	1	bajo caudal de combustible
2		2	Bomba de alta presión	Succionar y distribuir combustible a alta presión	No enciende motor	1	bomba desgastada	1	baja presión de combustible
2		3	Cañerías de alta presión	Transportar el combustible	No enciende motor	1	cañería rajada	1	Fugas de combustible
2		3	Cañerías de alta presión	Transportar el combustible	No enciende motor	2	cañería obstruida	1	baja presión de combustible
2		4	Common Rail	Distribuir el combustible	No enciende motor	1	fugas internas	1	caída de presión
2		4	Common Rail	Distribuir el combustible	No enciende motor	2	common rail desgastado	1	Fugas de combustible
2		5	Inyectores electrónicos	Pulverizado de combustible	Equipo con baja potencia	1	descarga de inyectores	1	demora de encendido
2		5	Inyectores electrónicos	Pulverizado de combustible	Equipo con baja potencia	2	toberas con desgaste	1	demora de encendido

2		5	Inyectores electrónicos	Pulverizado de combustible	Equipo con baja potencia	3	sellos desgastados	1	caída de presión
3	Alimentación de aire	1	Filtro de aire	Filtrar el aire	Perdida de potencia	1	filtro sucio	1	mala combustión
3		1	Filtro de aire	Filtrar el aire	Perdida de potencia	2	filtro obstruido	1	mala combustión
3		2	Turbocompresor	Succionar aire y expulsar gases de escape	Perdida de potencia	1	eje interno roto	1	ruidos extraños
3		2	Turbocompresor	Succionar aire y expulsar gases de escape	Perdida de potencia	2	sellos rotos	1	mala combustión
3		2	Turbocompresor	Succionar aire y expulsar gases de escape	Perdida de potencia	3	juego en eje interno	1	filtrado de aceite a la admisión
4	Lubricación	1	Bomba de aceite	Distribuir el aceite	Fundición del motor	1	desgaste excesivo	1	recalentamiento
4		1	Bomba de aceite	Distribuir el aceite	Fundición del motor	2	Piñón de bomba roto	1	ruidos extraños
4		2	Filtro de aceite	Filtrar el aceite	Fundición del motor	1	elementos obstruidos	1	recalentamiento
4		3	Carter	Almacenamiento de aceite	Fundición del motor	1	Perno de Carter dañado	1	Fuga de aceite
4		3	Carter	Almacenamiento de aceite	Fundición del motor	2	Carter sucio	1	Aceite contaminado
5	Refrigeración	1	Bomba de agua	Distribuir el refrigerante	Rajaduras del motor	1	Paleta de bomba desgastada	1	recalentamiento del motor
5		1	Bomba de agua	Distribuir el refrigerante	Rajaduras del motor	2	Paleta de bomba rota	1	ruidos extraños
5		1	Bomba de agua	Distribuir el refrigerante	Rajaduras del motor	3	Bomba atascada	1	recalentamiento del motor
5		2	Tanque de expansión	Almacenar refrigerante	Fundición del motor	1	Tanque sucio	1	baja presión de refrigerante
5		2	Tanque de expansión	Almacenar refrigerante	Fundición del motor	2	Tanque rajado	1	Fugas de refrigerante
5		3	Filtro de agua	Filtrar impurezas del refrigerante	Sobrecalentamiento del motor	1	filtro obstruido	1	no circula refrigerante
5		3	Filtro de agua	Filtrar impurezas del refrigerante	Sobrecalentamiento del motor	2	filtro sucio	1	baja presión de refrigerante
5		4	Radiador	Regular la temperatura del refrigerante	Fundición del motor	1	celdas rotas	1	fuga de refrigerante

5	4	Radiador	Regular la temperatura del refrigerante	Fundición del motor	2	panel obstruido	1	recalentamiento
5	4	Radiador	Regular la temperatura del refrigerante	Fundición del motor	3	Tinas rajadas	1	recalentamiento
5	5	Ventilador	Succionar aire	Fundición del motor	1	Hélices rotas	1	refrigerante a altas temperaturas
5	5	Ventilador	Succionar aire	Fundición del motor	2	Faja de ventilador roto	1	ruidos extraños
5	5	Ventilador	Succionar aire	Fundición del motor	3	vicostático no pega	1	refrigerante a altas temperaturas
5	6	Conductos, mangueras	Conducir el refrigerante	Fundición del motor	1	Mangueras rotas	1	fuga de refrigerante
5	6	Conductos, mangueras	Conducir el refrigerante	Fundición del motor	2	Conductos externos rajados	1	fuga de refrigerante
5	6	Conductos, mangueras	Conducir el refrigerante	Fundición del motor	3	Conductos internos obstruidos	1	refrigerante no circula
5	7	Termostato	Controlar la temperatura del refrigerante que ingresa hacia el motor	Fundición del motor	1	Termostato pegado	1	refrigerante circula a altas temperaturas
5	7	Termostato	Controlar la temperatura del refrigerante que ingresa hacia el motor	Fundición del motor	2	Excesivo desgaste	1	no regula la temperatura del motor

Elaboración propia

Análisis de Modos y Efectos de Falla para el Sistema Motor

Tabla 10 : Tabla AMEF Sistema Hidráulico

Volkswagen Worker Compactador 17250									
Sistema: Hidráulico									
S.S	Subsistema de sistema del motor	C.S	Componentes de subsistema	Función	Falla Funcional	M.F	Modo de Falla)	E.F	Efectos de fallas
1	Tanque hidráulico	1	Tanque	Almacenar el aceite	Baja presión de aceite en el sistema hidráulico	1	desgaste excesivo	1	fuga de aceite
1		1				tanque golpeado	1	aceite con impurezas	

1		2				1	filtro suciedad con	1	genera ruido
1		2	Filtro hidráulico	Retener las partículas del aceite	Recalentamiento	2	Filtro golpeado	1	fuga de aceite
1		2				3	filtro inadecuado	1	fuga de aceite
1		3	Tapa de tanque	Mantener el tanque hidráulico sellado	Baja presión de aceite en el sistema hidráulico	1	desgaste excesivo	1	contaminación de aceite
1		3				2	desgaste excesivo	1	fuga de aceite
2	Válvula distribuidora	1	Cuerpo de válvula distribuidora	Mantener la presión en el sistema y conducción de aceite hidráulico	No acciona el sistema hidráulico	1	agarrotamiento	1	recalentamiento
2		2				picadura de cuerpo	1	fugas internas	
2		3				mala instalación	1	ruidos extraños	
2		2	Eje (Carrete)	Direccionamiento de aceite hidráulico	No acciona el sistema hidráulico	1	roce con otros elementos	1	ruidos extraños
2		2				mala instalación	1	carrete trabado	
2		2				carrete picado	1	perdida de presión	
2		2				desgaste excesivo	1	fuga de aceite	
2		3	Válvula de alivio	Alivio de sobrepresiones del sistema	No acciona el sistema hidráulico	1	desgaste excesivo	1	recalentamiento
2		2				roce de componentes	1	ruido	
2	3	resortes rotos				1	baja presión en el sistema hidráulico		
3	Cilindro hidráulico telescópico	1	Cilindro	Superficie donde se almacena el aceite	Perdida de presión	1	desgaste excesivo	1	fugas de aceite
3		2				cilindro ovalado	1	fugas de aceite	
3		3				desgaste de guías	1	ruido en el cilindro hidráulico	
3		2	Embolo	Compresión del aceite hidráulico	Cilindro hidráulico no acciona	1	desgaste excesivo	1	baja presión
3		2				embolo dañado	1	no acciona el cilindro hidráulico	
3		2				desgaste de guías	1	ruido en el cilindro hidráulico	
3		3	Vástago	Accionamiento de la carga	Vástago doblado	1	excesiva carga	1	no acciona el cilindro hidráulico

3		3				2	barra cromada con desgaste	1	fuga de aceite hidráulico
3		3				3	barra cromada picada	1	fuga de aceite hidráulico
4	Bomba hidráulica de engranajes	1	Eje	Soporte para los elementos que giran sobre ellas	Bomba no succiona aceite	1	desgaste	1	Sistema hidráulico lento
4		1				2	fisura	1	baja presión en el sistema hidráulico
4		1				3	dientes desgastados	1	baja presión
4		2	Engranajes	Transmitir aceite al sistema hidráulico	Perdida de presión hidráulica	1	dientes rotos	1	baja presión hidráulica
4		2				2	cavitación	1	ruidos extraños
4		2				3	desgaste	1	baja presión
4		3	Retenes hidráulicos	Mantener el aceite hidráulico dentro de la bomba	Baja presión de aceite en el sistema hidráulico	1		1	recalentamiento
4		3				1	desgaste excesivo	1	fuga de aceite hidráulico
4		3				2	mala instalación	1	fuga de aceite hidráulico
5	Toma de fuerzas	1	Carcasa	Protección de componentes	Baja presión de aceite en el sistema hidráulico	1	desgaste excesivo	1	fuga de aceite hidráulico
5		1				roce de componentes	1	ruidos extraños	
5		1					2	recalentamiento	
5		2	Selector	Acople mecánico para la bomba hidráulica	Sistema hidráulico no acciona	1	desgaste excesivo	1	no encrocha
5		2				2	fisura	1	no encrocha
5		2				3	rozamiento	1	ruidos extraños
5		3	Engranajes y rodamientos	Transmitir potencia del motor hacia la bomba	Baja presión de aceite en el sistema hidráulico	1	desgaste excesivo	1	no encrocha
5		3				2	dientes rotos	1	ruidos extraños
5		3				3	rodamientos desgastados	1	baja presión
6	Cilindro hidráulico compactación	1	Cilindro	Almacenamiento de aceite hidráulico bajo presión	Perdida de presión	1	desgaste excesivo	1	fugas de aceite
6		1				2	cilindro ovalado	1	fugas de aceite

6		1				3	desgaste de guías	1	ruido en el cilindro hidráulico
6		2	Embolo	Compresión de aceite hidráulico	Cilindro hidráulico no acciona	1	desgaste excesivo	1	baja presión
6	2	2				embolo dañado	1	no acciona el cilindro hidráulico	
6	2	3				desgaste de guías	1	ruido en el cilindro hidráulico	
6		3	Vástago	Accionamiento de la carga mediante eje cromado	Vástago doblado	1	excesiva carga	1	no acciona el cilindro hidráulico
6	3	2				barra cromada con desgaste	1	fuga de aceite hidráulico	
6	3	3				barra cromada picada	1	fuga de aceite hidráulico	
7	Transmisión	1	Mangueras hidráulicas	Transportar el aceite hidráulico	Manguera rota	1	desgaste excesivo	1	fuga de aceite hidráulico
7		1				2	excesiva presión	1	fuga de aceite hidráulico

Elaboración propia

Análisis de Modos y Efectos de Falla para el Sistema Hidráulico

Tabla 11 : Tabla AMEF Sistema de Transmisión

Volkswagen Worker Compactador 17250									
Sistema: Transmisión									
S.S	Subsistema de sistema del motor	C.S	Componentes de subsistema	Función	Falla Funcional	M.F	Modo de Falla	E.F	Efectos de fallas
1	Conjunto de embrague	1	Volante de motor	Transmitir potencia hacia la transmisión	Vehículo no avanza	1	volante desgastado	1	cambios no entran
1		2				volante mal rectificado	1	surcos en la volante	
1		3				desgaste de disco de embrague	1	surcos en la volante	
1		2	Disco de embrague	Transmitir potencia entre la volante y la caja de cambios	Perdida de potencia	1	desgaste excesivo	1	pedal de embrague alto
1		2				disco cristalizado	1	disco no se adhiere	
1		2				disco patinado	1	discos no giran a la par	

1		3	Plato opresor	Apretar el disco de embrague a la volante	Cambios no ingresan	1	desgaste excesivo	1	el plato no se separa del disco	
1		3				2	diafragma de plato rendido	1	disco no se libera	
1		4	Collarín y Horquilla	Accionar el diafragma del plato opresor	Embrague no responde	1	desgaste excesivo	1	desprendimiento de collarín	
1		2				falta de engrase	1	ruidos extraños		
1		3				horquilla rota	1	no entran los cambios		
1		4				collarín roto	1	no entran los cambios		
2	Caja de cambios	1	Árbol fijo	Transmisión de potencia de motor a la caja de cambios	No realizan cambios	1	dientes de piñón roto	1	ruidos extraños	
2		2				rodaje desgastado	1	no conecta el árbol deslizante		
2		3				rodajes fundidos	1	no conecta el árbol deslizante		
2		2	Árbol móvil	Transmisión en el cambio de velocidades	No avanza el carro	1	dientes de piñón roto	1	ruidos extraños	
2		2				sincronizadores rotos	1	trabado de cambios		
2		3	Sincronizadores	Sincronizar los cambios de velocidades	Dificultad para realizar los cambios	1	sincronizadores rotos	1	engranajes no encrochan	
2		3				desgaste excesivo	1	ruidos extraños		
2		4	Eje propulsor	Acciona el eje principal de la caja de cambios	Caja de cambios no responde	1	fundición del eje	1	cambios trabados	
2		5	Retenes	Retener aceite	Ruidos en la caja de cambios	1	tuercas de brida sueltas	1	Fuga de aceite	
2		5				retenes gastados	1	Fuga de aceite		
2		6	Engranajes	Transmitir potencia	No realizan cambios	1	desgaste de engranajes	1	dificultada para hacer cambios	
2		6				desgaste de rodajes	1	Fuga de aceite		
3		Árbol de transmisión	1	Crucetas	Conectar la caja y el cardan	Sujeción del cardan	1	falta de engrase	1	golpeteo
3			2				cruceta rota	1	ruidos extraños	
3	3		abrazadera rota				1	golpeteo		
3	2		Soporte de cardan	Soporta el cardan	Desprendimiento del cardan	1	rodaje de soporte con desgaste	1	ruidos extraños	

3		2				2	soporte roto	1	golpeteo
3		2				3	caucho vulcanizado	1	colgadura del cardan
4	Puente posterior	1	Diferencial	Transmisión de giro a los ejes posteriores	Vehículo no avanza	1	desgaste excesivo	1	ruidos extraños
4		1				2	Ruptura de engranajes	1	ruidos extraños
4		1				3	desgaste de corona excesivo	1	ruidos extraños
4		1				4	desgaste de reten	1	Fuga de aceite
4		2	Semi ejes	Transmisión de giro del diferencial a las ruedas del vehículo	Vehículo no avanza	1	eje roto	1	no transmite potencia
4		3	Boca mazas	Base para montar llantas	Zumbidos en las llantas	2	rodajes picados	1	ruidos extraños
4		3				3	mala lubricación	1	recalentamiento
4		3				4	Juego en los pernos	1	llantas vibran
4	3	5				retenes gastados	1	Fuga de aceite	

Elaboración propia

Análisis de Modos y Efectos de Falla para el Sistema de Transmisión

Tabla 12 : Tabla AMEF Sistema Eléctrico

Volkswagen Worker Compactador 17250									
Sistema: Eléctrico									
S.S	Subsistema de sistema del motor	C.S	Componentes de subsistema	Función	Falla Funcional	M.F	Modo de Falla)	E.F	Efectos de fallas
1	Alternador	1	Regulador de voltaje	Estabiliza el voltaje de carga	No enciende el motor del vehículo	1	desgaste	1	batería no carga
1		2				corrosión	1	sulfatación	
1		2	Porta diodos	Transforma la corriente		1	desgaste	1	batería no carga

1		2		alterna en corriente continua	No enciende el motor del vehículo	2	corrosión	1	sulfatación
1		3	Carbones	Enviar corriente al regulador	No enciende el motor del vehículo	1	desgaste	1	no carga voltaje a la batería
2	Arrancador	1	Solenoides	Enviar corriente al arrancador	No enciende el motor del vehículo	1	desgaste	1	no acciona al arrancador
2		2	Piñón Bendix	Transmitir movimiento al motor	No acciona el motor del vehículo	1	desgaste	1	ruidos extraños
2		2				oxidación	1	demora de encendido	
2		3	Carbones	Enviar corriente al motor	No enciende el motor del vehículo	1	desgaste	1	no acciona al arrancador
3		Toma de fuerza	1	Electroválvula	Activar los cilindros de compactación	El vehículo no prensa	1	desgaste	1
3	1		corrosión				1	no activa la toma fuerza	
3	1		oxidación				1	fallas intermitentes	
3	2		Relay	Activa una línea de corriente a la electroválvula	No activa la electroválvula	1	desgaste	1	fallas intermitentes
3	2					corrosión	1	no activa la electroválvula	
3	3		Botonera de emergencia	Desactiva el accionar de los cilindros de compactación	No desactiva la corriente	1	desgaste	1	fallas intermitentes
3	3					corrosión	1	no se detiene la compactación	
4	Aceleración automática		1	Interruptor	Activar la computadora del motor	Sistema de aceleración no funciona	1	desgaste	1
4		1	sulfatación				1	no acelera el motor	
4		2	Computadora del motor	Acciona la bomba de combustible	No acelera el motor	1	sulfatación	1	no acciona aceleración automática
4		2				falso contacto	1	fallas intermitentes	
4		2				cables rotos	1	no acciona aceleración automática	
4		3	Bomba de alta presión de petróleo	Acelerar el motor	No acelera el motor	1	desgaste	1	acelera por instantes
4		3				cables rotos	1	baja presión de combustible	
5		Luces	1	Focos	Iluminar	Focos no prenden	1	focos quemados	1

5		1				2	corto circuito	1	fallas intermitentes
5		2	Micas	Proteger los focos	No protegen los focos	1	micas rotas	1	focos sucios
6	Transmisión eléctrica	1	Batería	Almacenar corriente	Falta de energía eléctrica en el vehículo	1	sulfatación	1	no enciende el vehículo
6		1				niveles de electrolitos bajos	1	no retiene la carga	
6		1				desgaste excesivo	1	no acumula carga	
6		1				bornes sulfatados	1	mala carga de batería	

Elaboración propia

Análisis de Modos y Efectos de Falla para el Sistema Eléctrico

Nivel de criticidad

Para poder tener un buen criterio en cuanto a la toma trabajos a realizar primeramente se establecieron los criterios de criticidad y los valores que toman estos para la respectiva valoración de criticidad ajustada a la realidad de la empresa. Según estos resultados se pudo determinar la frecuencia y prioridad en la toma de decisiones.

Tabla 13 : Criterios de Criticidad – Frecuencia de Fallas

Frecuencia de fallas (FF)	
Fallas mayores a 10 al año	4
Fallas entre 5 y 10 año	3
Fallas entre 3 y 5 al año	2
Fallas menores a 3 al año	1

Tabla 14 : Criterios de Criticidad – Stock de Repuestos

Stock de repuestos (SR)	
Repuesto/servicio conseguido en más de 3 días	5
Repuesto/servicio conseguido en 3 días	3
Repuesto en Almacén	1

Tabla 15 : Criterios de Criticidad – Costo de Mantenimiento

Costo de mantenimiento (CM)	
≥ a 5000 soles	6
≥1000 soles y 5000 soles	4
Menor a 1000 soles	2

Tabla 16 : Criterios de Criticidad – Impacto en Seguridad

Impacto en seguridad (IS)	
Afecta la seguridad humana con riesgo de muerte	10
Afecta la seguridad humana con riesgo de lesión permanente	6
Afecta la seguridad humana con riesgo de lesión leve	3
No afecta la seguridad humana	0

Tabla 17 : Criterios de Criticidad – Impacto en Medio Ambiente

Impacto en medio ambiente (IMA)	
Afecta el medio ambiente produciendo daños reversibles	3
No afecta al medio ambiente	0

Tabla 18 : Criterios de Criticidad – Impacto operacional

Impacto Operacional (IO)	
Parada inmediata de 2 a más días	10
Parada Inmediata por un día	8
Impacta los niveles de disponibilidad	6
Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo	4
No genera ningún efecto significativo	1

Toma de criticidad

La criticidad viene dada por:

$$\text{Criticidad} = (\text{IO} + \text{SR} + \text{C.M} + \text{I. S} + \text{I.MA}) * \text{FF}$$

Dónde:

IO: Impacto operacional.

SR: Stock de repuestos

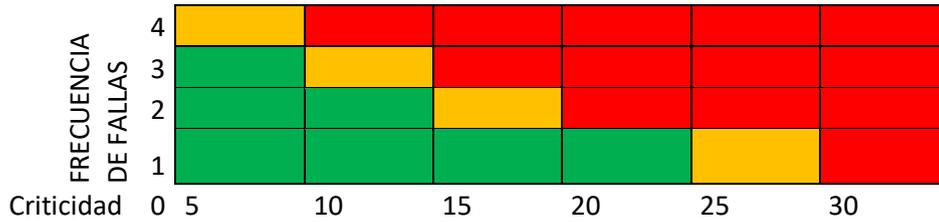
IS: Impacto en seguridad

IMA: Impacto al medio ambiente

CM: Costo de mantenimiento.

FF: Frecuencia de fallos

Tabla 19 : Criticidad



DEFINIR LA CRITICIDAD EN FUNCION EN CADA SISTEMA O MOSTRAR LA TABLA COMPLETA

QUE CRITERIOS SE TIENE PARA ASIGNAR LOS VALORES EN LA TABLA

Tabla de decisiones

Con el uso de la tabla de decisiones de la figura N° 19 y las tablas AMEF se llegó a elaborar la tabla que corresponde a que trabajos van a realizarse durante los mantenimientos preventivos programados, periodicidad de estos y los encargados de realizar cada trabajo.

Tabla 20 : Hoja de Decisiones Sistema Motor

Volkswagen Worker Compactador 17250													Sistema: Motor						
AMEF				CRITICIDAD						DECISIONES						Decisión	actividad	periodicidad	
S. S	C. S	M. F.	E. F.	F. F.	I. O.	S. R.	C. M.	I. S.	IM. A.	Su. m. a.	D. 1	D. 2	D. 3	D. 4	D. 5				D. 6
1	1	1	1	1	4	5	4	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	2	1	1	4	3	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	1	1	1	4	3	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	2	1	1	4	3	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3	1	1	3	4	1	2	0	3	30	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	1800 H
1	3	2	1	3	4	1	2	0	3	30	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	1800 H

2	1	1	1	3	4	1	2	0	3	30	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	600 H
2	2	1	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección / prueba	600 H
2	3	1	1	1	4	3	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3	2	1	1	4	3	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4	1	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
2	4	2	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
2	5	1	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	prueba	1800 H
2	5	2	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	prueba	1800 H
2	5	3	1	1	8	5	4	3	3	23	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	prueba	1800 H
3	1	1	1	3	6	1	2	0	3	36	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	1800 H
3	1	2	1	3	6	1	2	0	3	36	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	1800 H
3	2	1	1	1	4	5	4	3	3	19	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
3	2	2	1	1	4	5	4	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	3	1	1	6	5	4	0	3	18	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
4	1	1	1	1	6	1	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	2	1	1	6	1	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	2	1	1	3	6	1	2	3	3	45	S	N	S	N	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	600 H
4	3	1	1	1	4	3	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	2	1	1	4	3	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1	1	1	2	6	1	2	3	3	30	S	N	N	S	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	6000 H
5	1	2	1	2	6	1	2	0	3	24	S	N	N	S	S	-	tarea programada de descarte o restauración	cambio periódico	6000 H

S. S	C. S	M. F.	E.F.	F. F.	I O	S R	C M	IS	IM A	Su m a	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	Decisión	actividad	period icidad
1	1	1	1	1	6	5	2	3	0	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	2	1	1	6	5	2	3	0	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	3	1	1	6	5	2	3	0	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	1	1	1	6	3	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	2	1	1	6	3	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3	1	1	1	6	1	2	0	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	4	2	1	1	6	5	2	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	4	3	1	1	6	5	2	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	1	1	1	6	5	2	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	5	2	1	1	6	5	2	0	3	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	1	1	1	6	3	2	0	3	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	6	2	1	1	6	3	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	7	1	1	1	6	1	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	7	2	1	1	6	1	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	8	1	1	1	6	1	2	3	3	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	8	2	1	1	6	1	2	10	0	19	S	S	N	S	-	-	tarea programada bajo condición	revisión	600 H
1	8	3	1	1	6	1	2	10	0	19	S	S	N	S	-	-	tarea programada bajo condición	revisión	600 H
1	9	1	1	1	8	1	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	9		2	1	8	1	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	10	1	1	1	8	1	2	3	3	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6	1	2	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
6	1	3	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2	1	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2	2	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2	3	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	3	1	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	3	2	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
6	3	3	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
7	1	1	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
7	1	2	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H

Análisis de Decisiones para el Sistema de Hidráulico

Tabla 23 : Hoja de decisiones Sistema de Transmisión

Volkswagen Worker Compactador 17250																			
AMEF				CRITICIDAD						DECISIONES									
Sistema: Transmisión																			
S.	C.	M.F.	E.F.	F	I	S	C	I	I	Suma	D	D	D	D	D	D	Decisión	actividad	periodo
S	S	.	.	F	O	R	M	S	M	A	1	2	3	4	5	6			d
1	1	1	1	1	8	5	6	0	3	22	S	S	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección	3000 H
1	1	2	1	1	8	5	6	0	3	22	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección	3000 H
1	1	3	1	1	8	5	6	0	3	22	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección	3000 H
1	2	1	1	1	8	5	4	0	3	20	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección	600 H
1	2	2	1	1	8	5	6	0	3	22	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección	600 H
1	2	3	1	1	8	5	6	0	3	22	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección	600 H

1	3	1	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
1	3	2	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
1	4	1	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
1	4	2	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada de descarte o restauración	engrase	600 H
1	4	3	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
1	4	4	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	600 H
2	1	1	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	1	2	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	1	3	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	2	1	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	2	2	1	1	6	5	4	1	3	19	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	3	1	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3	2	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4	1	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5	1	1	1	8	5	2	0	3	18	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	5	2	1	1	8	5	2	0	3	18	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
2	6	1	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	tarea programada bajo condición	-	-
2	6	2	1	1	8	5	2	0	3	18	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H
3	1	1	1	1	8	1	2	0	0	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	2	1	1	8	1	4	0	0	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	3	1	1	8	1	4	0	0	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	1	1	1	8	1	2	0	0	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3	2	2	1	1	8	1	4	0	0	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	2	3	1	1	8	1	4	0	0	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	1	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	2	1	1	8	5	4	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	3	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	4	1	1	8	5	2	0	3	18	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	inspección	1800 H			
4	2	1	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	2	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	3	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	4	1	1	8	5	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3	5	1	1	8	5	2	0	3	18	S	N	S	S	-	-	tarea programada bajo condición	inspección visual	1800 H			

Análisis de Decisiones para el Sistema de Transmisión

Tabla 24 : Hoja de Decisiones Sistema Eléctrico

Volkswagen Worker Compactador 17250																					
AMEF				CRITICIDAD						DECISIONES											
Sistema: Eléctrico																					
S.S	C.S	M.F	E.F	F.F	I.O	S.R	C.M	IS	I.M.A	Su ma	D 1	D 2	D 3	D 4	D 5	D 6	Decisión	actividad	period icidad		
1	1	1	1	3	0	3	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	1	2	1	3	0	3	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	2	1	1	3	0	3	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	2	2	1	3	0	3	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
1	3	1	1	3	0	3	2	0	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

6	1	1	1	2	8	5	2	0	3	36	S	N	N	S	S	-	tarea programada bajo condición	limpieza	1800 H
6	1	2	1	2	8	5	2	0	0	30	S	N	N	S	N	S	tarea programada de descarte o restauración	relleno de agua destilada	1800 H
6	1	3	1	1	10	5	2	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1	4	1	1	10	5	2	0	0	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Elaboración Propia

Análisis de Decisiones para el Sistema de Eléctrico

3.3 SELECCIÓN DE TAREAS

Con los trabajos y periodicidades identificadas se elaboró la tabla N° 24 con trabajos, frecuencias y responsables de los trabajos de mantenimiento

Tabla 25 : Trabajos, Frecuencias y Responsables

Sistema	Trabajo	Tipo de mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento	Responsable
Motor	Cambio de filtro de combustible separador	Tipo T	1800 H	Ayudante mecánico
Motor	Cambio de filtro de combustible	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Motor	Revisión de presiones de bomba de alta presión	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Motor	Inspección visual de fugas de combustible en el common rail	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Inspección visual del estado del common rail	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Prueba de descarga en inyectores electrónicos	Tipo T	1800 H	Mecánico Líder
Motor	Revisión de estado de sellos de inyectores electrónicos	Tipo T	1800 H	Mecánico Líder
Motor	Revisión del estado de toberas de inyectores electrónicos	Tipo T	1800 H	Mecánico Líder
Motor	Cambio de filtro de aire	Tipo T	1800 H	Ayudante mecánico
Motor	Inspección auditiva de ruidos extraños en turbocompresor para detectar eje interno roto	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Revisión de fugas de aceite por el turbocompresor	Tipo A	600 H	Mecánico Líder

Motor	Cambio del filtro de aceite	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Motor	Inspección auditiva de ruidos extraños en bomba de agua	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Cambio de bomba de agua	Tipo T	7200 H	Mecánico Líder
Motor	Cambio del filtro de agua	Tipo T	1800 H	Ayudante mecánico
Motor	Inspección visual de fisuras en ventilador	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Motor	Inspección visual del estado de mangueras hidráulicas	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Inspección de fugas de aceite por conexiones hidráulicas	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Motor	Inspección del desgaste del termostato	Tipo T	7200 H	Mecánico Líder
Frenos	Revisión de sellos de desfogue en válvula de pedal de freno	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Frenos	Revisión del suple interno de válvula de pedal de freno	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Frenos	Inspección visual del desgaste de la zapata de freno	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Frenos	Prueba de manejo para detectar frenos largos	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Frenos	Prueba de manejo para detectar ruidos al frenar	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Frenos	Inspección visual de remaches de zapata	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Frenos	Inspección visual del estado del tambor de freno	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Frenos	Prueba manejo para corroborar alineamiento	Tipo A	600 H	Ayudante mecánico
Hidráulico	Inspección visual de tanque de aceite	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Cambio de filtro hidráulico	Tipo T	1800 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección de fugas de aceite en válvula distribuidora	Tipo T	1800 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección auditiva de ruidos extraños en el cuerpo de la válvula distribuidora	Tipo T	1800 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección auditiva de ruidos extraños en el eje de válvula distribuidora	Tipo T	1800 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección auditiva de ruidos extraños en la válvula de alivio de válvula distribuidora	Tipo T	1800 H	Técnico hidráulico

Hidráulico	Inspección de ovaladuras en el cilindro hidráulico telescópico	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de doblez en barra cromada del cilindro hidráulico telescópico	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de picaduras en barra cromada del cilindro hidráulico telescópico	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de fugas de aceite del cilindro hidráulico telescópico	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Revisión del estado de los retenes hidráulicos de la bomba hidráulica de engranajes	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección de fugas de aceite de la bomba hidráulica de engranajes	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección de fugas de aceite en la toma de fuerzas	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección de ovaladuras en el cilindro hidráulico de compactación	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de doblez en barra cromada del cilindro hidráulico de compactación	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de picaduras en barra cromada del cilindro hidráulico de compactación	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de fugas de aceite del cilindro hidráulico de compactación	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual de fugas de aceite de mangueras hidráulicas	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Hidráulico	Inspección visual del estado de las mangueras hidráulicas	Tipo A	600 H	Técnico hidráulico
Transmisión	Inspección de la condición del volante de motor	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección de surcos en la volante	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Prueba de manejo para detectar anomalías en el volante de motor	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual de estado del disco de embrague	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual por discos cristalizados	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Prueba de manejo para detectar anomalías en el disco de embrague	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual de estado del disco de plato opresor	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual de estado del diafragma del plato opresor	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual de estado del collarín	Tipo A	600 H	Mecánico Líder

Transmisión	Engrase del collarín	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección visual de estado de la horquilla	Tipo A	600 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección auditiva y visual de ruidos extraños en árbol fijo para detectar piñones rotos	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección del desgaste de rodajes internos	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección de los dientes del piñón del árbol móvil	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección de los sincronizadores del piñón del árbol móvil	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección del estado de los retenes de la caja de cambios	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección del estado de los tuercas de bridas	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección de fugas de aceite	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección de los rodajes de los engranajes	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección del estado de los retenes del diferencial	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Transmisión	Inspección del estado de las boca mazas	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Eléctrico	Inspección visual del estado de la botonera de emergencia	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Inspección visual de las conexiones de la botonera de emergencia	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Relleno del agua destilada en las baterías	Tipo T	1800 H	Técnico electricista
Eléctrico	Inspección visual de las conexiones de la computadora del motor	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Prueba de las conexiones de la computadora del motor	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Cambio periódico de la bomba de alta presión	TIPO T	7200 H	Mecánico Líder
Eléctrico	Inspección visual de las conexiones de la bomba de alta presión	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Inspección visual del estado de los focos del equipo	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Inspección visual de las conexiones de los focos del equipo	Tipo A	600 H	Técnico electricista
Eléctrico	Inspección visual del estado de las micas de los faros del equipo	Tipo A	600 H	Técnico electricista

Eléctrico	Limpieza de los bornes de batería	Tipo T	1800 H	Técnico electricista
-----------	-----------------------------------	--------	--------	----------------------

Elaboración Propia

Responsables de los diferentes trabajos por sistemas y periodicidad

Planeamiento

Una vez que se tuvo la periodicidad se procedió a programar los trabajos durante el tiempo que se va a llevar a cabo el proyecto.

Tabla 26 : Programación del Mantenimiento

Equipo	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mant. tipo A	Mant. tipo B	Mant. tipo T
5219		T	B	A	T	1	1	2
5220	A	B	T		T	1	1	2
5221		B		T		1	1	1
5222	B		T		A	2	1	1
5223	T		A		B	1	1	1
5224	T		A		B	1	2	1
5225		A		B	T	2	2	1
5226	B	T		A		2	1	1
5227		T	A		B	1	1	1
5228		T	A	B		1	1	1

Elaboración propia

Plan de mantenimiento Anual 2021

Consumibles

Con los trabajos ya determinados se procedió a identificar los consumibles, cantidades de estos y los precios de estos

Tabla 27 : Cantidades de Consumibles, Cantidades y Precios

Consumibles	Periodicidad	Cantidad	Unidad	Costo por unidad
ACEITE ATF DEXRON II CILINDRO (VALVOLINE)	1800 h	2	Litros	S/. 8.73
ACEITE 80W90 H.P. GEAR OIL (VALVOLINE)	1800 h	10	Litros	S/. 8.74
ACEITE 85W140 H.P. GEAR OIL (VALVOLINE)	1800 h	20	Litros	S/. 9.42

ES COMPLEAT PREMIX (CC2826) X55GLN (REFRI	1800 h	5	Galones	S/. 22.17
VALVODIESEL ALL FLEET E700 PLUS (15W 40)	600 h	35	Litros	S/. 7.86
GRASA CERULEAM EP2 (VALVOLINE)	600 h	2	Kilogramos	S/. 20.82
FILTRO SEP/AGUA FS19736 177C V.W. (17-2	1200 h	1	Unidad	S/. 150.00
FILTRO AIRE PRIMARIO AF25997/CA5626PU C	1800 h	1	Unidad	S/. 64.64
FILTRO AIRE SEC. AF26211 25012620A-CA56	1800 h	1	Unidad	S/. 45.20
FILTRO DIR. HIDRA. HF6162/ B3763214110.	1800 h	1	Unidad	S/. 11.22
FILTRO ACEITE DE MOTOR LF-16015 V.W. (1	600 h	1	Unidad	S/. 20.69
FILTRO DE COMBUSTIBLE FF 5421 V.W. (17-	600 h	1	Unidad	S/. 39.49
TRAPO INDUSTRIAL	600 h	2	Kilogramos	S/. 2.40
BOMBA DE AGUA	1800h	1	Unidad	S/. 700.00

Elaboración Propia

Lista de consumibles para el mantenimiento

Costos por mantenimiento

Se determinó el costo de cada tipo de mantenimiento

Tabla 28 : Costos de Cada Tipo de Mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Costo
Tipo A	S/. 379.32
Tipo B	S/. 529.32
Tipo T	S/. 1,756.89

Elaboración Propia

Teniendo en cuenta el tipo de mantenimiento por cada tipo y la periodicidad del mantenimiento se tuvo que el costo total del plan de mantenimiento es de S/. 32745 soles

Resultados

Una vez implementado el plan de mantenimiento se tomaron las disponibilidades concernientes a cada mes.

Tabla 29 : Disponibilidad Antes del Plan de Mantenimiento

Mes	Horas proyectadas	Horas Totales Operativas	Horas Mantenimiento Correctivo	Horas Mantenimiento preventivo	Horas Auxilios Mecánicos	Disponibilidad operacional
Marzo	6000	3856.00	268.00	41.00	7.00	61.05%
Abril	6000	3306.00	183.00	5.00	19.00	53.26%
Mayo	6000	3650.00	245.25	35.00	8.00	58.04%
Junio	6000	3762.00	202.50	13.00	11.00	60.42%
Julio	6000	3960.00	295.00	24.00	6.00	62.61%

Fuente elaboración propia

Toma de Disponibilidades antes del Plan

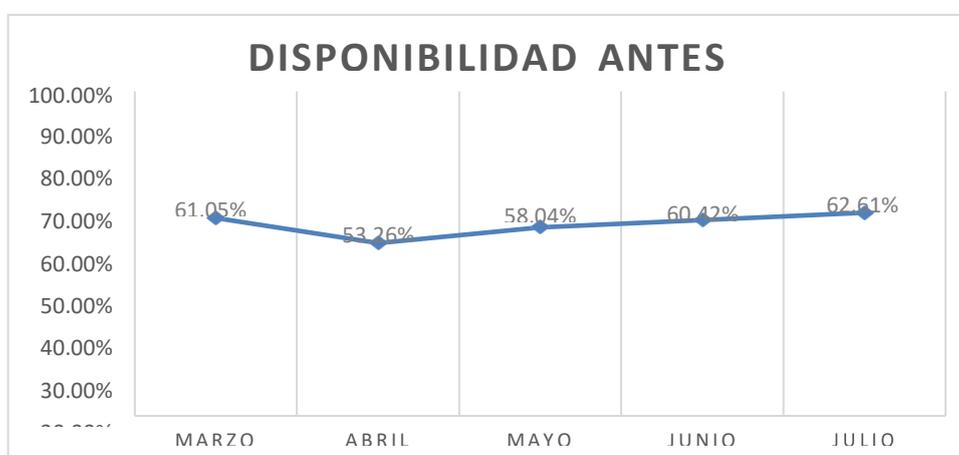


Figura 14 : Disponibilidad en el tiempo antes del plan de mantenimiento

Elaboración propia

Se compararon con las disponibilidades tomadas antes del plan de mantenimiento

Tabla 30 : Disponibilidad durante el Plan de Mantenimiento

Mes	Horas proyectadas	Horas Totales Operativas	Horas Mantenimiento Correctivo	Horas Mantenimiento preventivo	Horas Auxilios Mecánicos	Disponibilidad operacional
AGOSTO	6000	4486.00	244.58	21.25	4.00	71.55%
SETIEMBRE	6000	4520.00	120.83	12.00	2.00	73.67%
OCTUBRE	6000	4760.00	193.50	15.00	8.00	76.57%
NOVIEMBRE	6000	4958.00	180.50	15.00	10.00	79.89%

Elaboración Propia

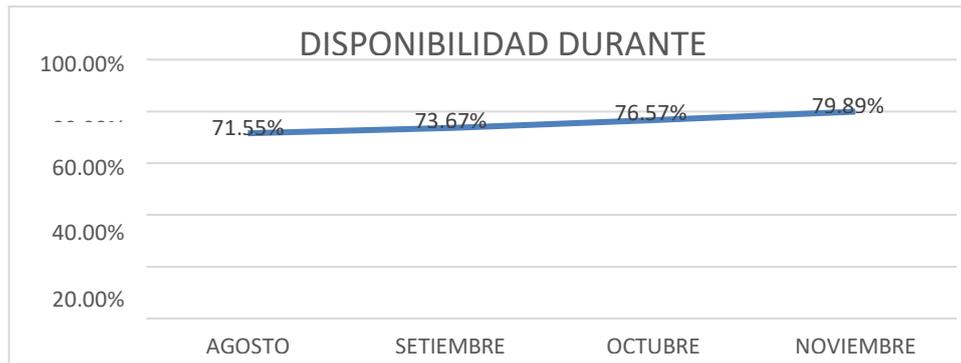


Figura 15 : Disponibilidad en el tiempo después del plan de mantenimiento

Elaboración Propia

$$\text{Disponibilidad antes} = \frac{53.26 + 58.04 + 60.42 + 62.61\%}{4}$$

$$\text{Disponibilidad antes} = 58.5925\%$$

$$\text{Disponibilidad despues} = \frac{71.55 + 73.67 + 76.57 + 79.89}{4}$$

$$\text{Disponibilidad despues} = 75.42\%$$

La variación de disponibilidad se dio por:

$$\text{Variacion de disponibilidad} = \text{Disponibilidad despues} - \text{Disponibilidad antes}$$

$$\text{Variacion de disponibilidad} = 75.42\% - 58.5925\%$$

$$\text{Variacion de disponibilidad} = 16.8275$$

CONCLUSIONES

- I. Se planificó un plan de mantenimiento preventivo para mejora de disponibilidad de los camiones Volkswagen Worker Compactador 17.250 de una empresa dedica a la recolección de residuos sólidos obteniéndose una mejora en la disponibilidad de 59.5925% a 72.42%.
- II. Se aplicó la recopilación de datos con el software SAP Business Bydesing necesarios para implementar las estrategias del RCM (AMEF) en los camiones Volkswagen Worker compactador 17.250 y así obtener una mejora de disponibilidad operacional.
- III. Se elaboró una matriz de criticidad para identificar los equipos más críticos y así realizar los mantenimientos preventivos correspondientes, aumentando la disponibilidad operacional de los camiones Volkswagen Worker compactador 17.250
- IV. Se realizó el AMEF para los camiones compactadores Worker 17.250 aplicando las técnicas del RCM a los sistemas eléctrico , sistema motor , sistema hidráulico , sistema de transmisión , sistema de frenos con lo cual se pudo realizar la hoja de decisiones para los mantenimientos más críticos que presentaban las unidades obteniéndose resultados positivos en la disponibilidad de los camiones compactadores Worker 17.250.

RECOMENDACIONES

- I. Se recomienda emplear la realización de los planes de mantenimiento mediante las estrategias del RCM (mantenimiento centrado en la fiabilidad) para otros equipos que se consideren críticos para mejorar la disponibilidad operacional de las mismas
- II. Se recomienda que en el llenado de información en el ERP SAP Business Bydesign se carguen de una forma más precisa para tener en cuenta los detalles de las fallas y estudiar de manera más minuciosa los efectos de estas
- III. Para un análisis de los modos y efectos de fallas más precisos se recomienda de que se brinde las facilidades en cuanto a la extracción de datos del ERP SAP Business Bydesign ya que esto dificulto la extracción de estos datos.
- IV. El plan de mantenimiento debe de ser evaluado anualmente teniendo en consideración los nuevos regímenes de trabajo y el comportamiento de las fallas durante el periodo de tiempo en que se va ejecutando el plan de mantenimiento

BIBLIOGRAFÍA

Aguaiza, Jose. 2016. *Diseño un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de producción de la empresa electrificaciones del Ecuador S.A. "Elecдор".* Quito : s.n., 2016.

Altmann, Carolina. 2020. El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. [En línea] 2020. [Citado el: 2021 de Febrero de 04.] <http://www.mantenimientomundial.com/notas/causaraizaltmann.pdf>.

ARISTIDES, VARA. 2010. *Desde la idea hasta la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa 3° EDIC.* LIMA - PERU : UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES, 2010. pág. 451.

Bocanegra, Jorge Amador Chávez. 2017. Coragerse. [En línea] 03 de Febrero de 2017. [Citado el: 04 de Febrero de 2021.] <https://www.coragerse.com/2017/10/03/el-mantenimiento-industrial/>.

Cando, Virginia. 2015. *Análisis costo beneficio de la implementación de un ERP en forma local versus un ERP en la nube - caso de estudio SAP r3 vs SAP Bydesing en la ciudad de Quito.* Quito : s.n., 2015.

CAROLINA, ALTMANN. 2020. *Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la confiabilidad.* URUGUAY : s.n., 2020.

Chávez, Dennis. 2019. *Mejora en la implementación del RCM de los grupos electrógenos y motores trifásicos de inducción del lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A, para aumentar la disponibilidad operacional.* Trujillo - Peru : s.n., 2019.

CORDOBA Y MONTEJO. 2017. *Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (Rcm) Para La Empresa Citriexpinal S.A.S.* COLOMBIA : s.n., 2017.

CRISTOBAL, ZAVALA. 2018. *Plan De Mantenimiento Preventivo Basado En Rcm Para El Chancador Primario Fuller, Operación Mantoverde.* 2018.

DAVID, RODRIGUEZ ANGIE y PARRA. 2014. *Plan De Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (RCM LI) Para Máquinas Rectificadoras Sin Centros (M017 Y M018) En Industrias Lavco.* Colombia : s.n., 2014.

DENNIS, CHAVEZ. 2019. *Mejora en la implementación del RCM de los grupos electrógenos y motores trifásicos de inducción del lote V de la Empresa Graña y Montero S.A.A, para aumentar la disponibilidad operacional.* PERU : s.n., 2019. 19.

ELIAS, MEJIA. 2005. *Metodología de la investigación científica*. LIMA - PERU : s.n., 2005. pág. 318.

ESPINOZA, CIRO. 2014. Metodología de la investigación tecnológica. [En línea] Agosto de 2014. [Citado el: 2021 de Febrero de 04.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1146/mit1.pdf?sequence=1&isAllowed>.

García, Santiago. 2016. INDICADORES DE MANTENIMIENTO (KPI). [En línea] 2016. [Citado el: 2021 de Febrero de 04.] <http://www.mantenimiento.renovetec.com/118-indicadores-de-mantenimiento>.

GRAMSCH, ERNESTO. 2020. Las definiciones de mantenimiento en las normas. [En línea] 2020. [Citado el: 13 de 12 de 2020.] <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Definiciones-de-Mantenimiento-en-las-Normas-11>.

JOSE, AGUAIZA. 2016. *Un Plan de Mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de producción de la empresa electrificaciones del Ecuador S.A. ELECDOR*. Ecuador : s.n., 2016. pág. 13.

Mejía, Elias. 2005. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. Lima : Centro de Producción Editorial e Imprenta de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005. 9972-46-285-4.

MOUBRAY, Jhon. 2004. *MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD 2 EDI*. 2004.

REVISTA IRIM. 2019. *INDICADORES DE DISPONIBILIDAD*. MADRID : s.n., 2019.

Rodriguez, Angie y Parra, David. 2014. *PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA MÁQUINAS RECTIFICADORAS SIN CENTROS (M017 Y M018) EN INDUSTRIAS LAVCO LTDA*. Bucamaranga : s.n., 2014.

Sampieri, Hernandez. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : s.n., 2014.

Santa Cruz, Cesar. 2018. *El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular Municipalidad de San Miguel - Callao 2018*. LIMA - PERU : s.n., 2018.

SANTIAGO, GARCIA. 2016. Indicadores de mantenimiento (KPI) RENOVETEC. <http://www.mantenimiento.renovetec.com/118-indicadores-de-mantenimiento>. [En línea] 2016. [Citado el: 13 de 12 de 2020.]

Satizabal, Luis. 2006. *PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMATICO EN SAP EN LAS AREAS DE PATIOS CAÑA, MOLINOS, PLANTA ELECTRICA, CLARIFICACION Y EVAPORACION*. Santiago de Cali : s.n., 2006.

Ulloa, Jose. 2005. *Los Rellenos Sanitarios*. Cuzco : s.n., 2005.

Vara-Horna, Aristides. 2010. *7 Pasos para una Tesis Exitosa Desde la Idea hasta la sustentación*. Lima : s.n., 2010.

VIRGINIA, CANDO. 2020. Analisis Costo Beneficio de la implementacion de un ERP en forma local versu un ERP en la nube. [En línea] 2020. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11137/TESIS%20MGTI%20VIRGINIA%20CANDO%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Vistín, Jair. 2013. *ANÁLISIS DE CAUSA- RAÍZ EN LOS TRABAJOS DE REACONDICIONAMIENTO DE POZOS DEL BLOQUE PINDO, VALORACIÓN DE RESULTADOS Y LECCIONES APRENDIDAS*. Quito : s.n., 2013.

ZAVALA, ANDRÉS. 2018. *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM PARA EL CHANCADOR PRIMARIO FULLER, OPERACIÓN MANTOVERDE*. Valparaiso : s.n., Mayo de 2018.

ANEXOS

Anexo N° 01 Hoja de entrevista para la tabla AMEF

Nombre:	_____
Especialidad:	_____
Turno:	_____
Sistema a evaluar:	_____
Subsistema a evaluar:	_____

* ¿Cuales son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?

* ¿En que aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?

* ¿Que ocasiona cada falla funcional?

* ¿Que sucede cuando se produce cada falla en particular?

* ¿De que modo afecta cada falla?

* ¿Que puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

* ¿Que debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

Anexo N° 02 Hoja de entrevista para los criterios de criticidad

Nombre:	_____
Especialidad:	_____
Turno:	_____
Sistema a evaluar:	_____
Subsistema a evaluar:	_____

Encierre con un círculo su respuesta

* ¿Cual es la frecuencia del modo de fallo del subsistema?

Fallas menores a 3 al año	Fallas entre 3 y 5 al año	Fallas entre 5 y 10 al año	Fallas mayores a 10 al año
---------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------

* ¿Cual es el impacto operacional del modo de falla del subsistema?

No produce ningún efecto significativo sobre las operaciones o calidad	Genera costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo	Compromete otros sistemas	Impacta en los niveles de calidad	Parada total del equipo
--	---	---------------------------	-----------------------------------	-------------------------

* ¿En cuanto tiempo se obtiene los repuestos relacionadas a la

Repuestos disponibles en almacenes	Repuestos/servicios conseguidos en 3 días	Repuestos/Servicios conseguidos en mas de 3 días
------------------------------------	---	--

¿Cual es el costo de la reparación de la falla?

Menores a 1000 soles	Entre 1000 y 5000 soles	Mayores a 5000 soles
----------------------	-------------------------	----------------------

¿Cual es el impacto de la falla en la seguridad?

No afecta la seguridad humana	Afecta a la seguridad humana con riesgo de lesion leve	Afecta a la seguridad humana con riesgo de lesion	Afecta la seguridad humana con riesgo de muerte
-------------------------------	--	---	---

¿Cual es el impacto en el medio ambiente?

No afecta el medio ambiente	Afecta al medio ambiente produciendo daños irreversibles
-----------------------------	--

Anexo N° 03 Registros de los mantenimientos para la disponibilidad

120	CORRECTO	1	5223	MTTO CORRECTIVO		02/08/2021 16:30:00	02/08/2021 18:00:00	INSTALACION DE FAROS 2000 LM
121	CORRECTO	2	5223	MTTO PREVENTIVO		09/08/2021 19:10:00	09/08/2021 19:15:00	rellenar motor con aceite 15w40
122	CORRECTO	3	5223	MTTO CORRECTIVO		10/08/2021 10:36:00	10/08/2021 11:36:00	Pegamento
123	CORRECTO	4	5223	MTTO CORRECTIVO		16/08/2021 9:45:00	16/08/2021 10:00:00	CT12
124	CORRECTO	5	5223	MTTO CORRECTIVO		26/08/2021 14:32:00	26/08/2021 15:32:00	FLASHER 24V
125	CORRECTO	6	5223	MTTO CORRECTIVO		27/08/2021 15:45:00	27/08/2021 15:55:00	SEGURO CHECK POINT 33MM
126	CORRECTO	7	5223	MTTO PREVENTIVO		31/08/2021 9:00:00	31/08/2021 13:00:00	MANUTENIMIENTO PREVENTIVO B (HR 14038)
127	CORRECTO	8	5223	MTTO CORRECTIVO		31/08/2021 9:00:00	31/08/2021 12:00:00	CABLEADO
128	CORRECTO	9	5223					
129	CORRECTO	10	5223					
130	CORRECTO	11	5223					
131	CORRECTO	12	5223					
132	CORRECTO	13	5223					
133	CORRECTO	14	5223					
134	CORRECTO	15	5223					
135	SEPTIEMBRE	septiembre				14035		