



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

**DESARROLLAR PLAN DE MANTENIMIENTO DE GRÚA DE BRAZO**  
**ARTICULADO MODELO: PALFINGER PK 23500**

Trabajo de Titulación para optar  
al Título Profesional de Ingeniería  
de Ejecución en Mecánica de  
Procesos y Mantenimiento  
Industrial.

Alumno:

Gabriel Esteban Troncoso Morales

Profesor Guía:

Marcelo Quiroz Neira

*“Dedico este trabajo de título a todos mis seres querido, en especial a mi madre, que, desde niño, me ha estado apoyando en cada paso que he dado en la vida, entregándome todo su amor, además enseñándome que todo se puede con esfuerzo y dedicación.*

*Lo dedico a mis abuelos, que ellos siempre han estado apoyándome, me han brindado su cariño incondicionalmente, además de enseñarme que el esfuerzo, respeto y trabajo duro tendrá como resultado el éxito*

*Lo dedico a mi pareja Alexandra Belmar Reyes, debido a que me ha acompañado durante este proceso, apoyándome en cada paso que he dado, además de brindarme su amor y entregarme paz en los momentos que más lo he necesitado.”*

*Gabriel Esteban Troncoso Morales*

*2021*

## RESUMEN

En nuestro país, las grúas de brazo articulo son comunes de ver, ya sea en trabajos de obras civiles e industriales, debido a que juegan un rol fundamental en el transporte de objetos. Muchas veces nos hemos encontrados con estas máquinas detenidas por su mal estado, lo que provoca un retraso en las obras. Debemos pensar que realizar un mantenimiento correctivo no es lo más conveniente para ningún equipo, es por esto que en el siguiente informé, se presenta el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para grúa de brazos articulo modelo Palfinger PK 23500.

En el desarrollo de este proyecto cuenta con cuatro capítulos:

El capítulo uno, se contextualiza el mantenimiento, enfocando a explicar los tipos de mantenimiento, viendo sus ventajas y desventajas. Luego se selecciona el más adecuado para este trabajo. Además, se da a conocer que es un diagrama de Ishikawa y el análisis de modo y efecto de falla (AMEF).

En el capítulo dos, se indaga sobre la hidráulica, explicando sus orígenes, sus componentes principales, ventajas y desventajas. Este capítulo nos sirve para comprender de mejor manera el plan de mantenimiento, debido a que estas máquinas se rigen con esta energía.

En el capítulo tres se presenta la estructura y características de la grúa Palfinger PK 23500, sus componentes y medidas de precaución. Esta indagación nos permite visualizar de mejor manera los sistemas y subsistemas de mayor grado de criticidad. Además, se explica cuáles son las fallas comunes que ocurren en el sistema, pérdidas de eficiencia en la máquina y se explica, un análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para la grúa Palfinger PK 23500.

En el último capítulo, se explica la importancia del mantenimiento a la grúa, además se representa el plan de mantenimiento de la máquina, con su respectivo plan de insumos y evaluación económica. Otro punto que se señala, es un análisis de contaminantes asociado al plan de mantenimiento y un Check list diario para cada uso de la grúa Palfinger PK 23500.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
CAPITULO 1: MARCO TEORICO .....	3
1.1    Mantenimiento .....	4
1.2    Mantenimiento preventivo.....	4
1.2.1    Beneficios de efectuar un mantenimiento preventivo .....	5
1.2.2    Pasos de un mantenimiento preventivo.....	5
1.3    Mantenimiento correctivo.....	10
1.3.1    Ventajas y desventajas .....	10
1.3.2    Costos.....	11
1.3.3    Ocurrencia.....	11
1.3.4    Tiempos.....	12
1.4    Mantenimiento predictivo.....	12
1.4.1    Termografía infrarroja.....	12
1.4.2    Monitoreo acústico .....	13
1.4.3    Análisis de vibración.....	13
1.4.4    Análisis de aceite.....	13
1.4.5    Otras tecnologías .....	14
1.4.6    Ventajas del mantenimiento predictivo.....	14
1.4.7    Desventajas del mantenimiento predictivo .....	14
1.5    Selección de tipos de mantenimiento.....	15
1.6    Análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	16
1.7    Diagrama causa y efecto o Ishikawa.....	19
2    CAPITULO 2: HIDRÁULICA.....	21
2.1    Historia de la hidráulica .....	22
2.2    Mantenimiento hidráulico.....	22
2.2.1    Mantenimiento preventivo a los sistemas hidráulicos .....	23
2.3    Chequeos comunes.....	23
2.3.1    Líquido hidráulico .....	24
2.3.2    Filtros .....	24
2.3.3    Controles y ajustes.....	24
2.3.4    Revisión general .....	24
2.4    Sistemas hidráulicos.....	24
2.4.1    Aplicación de los sistemas hidráulicos .....	25
2.5    Ventajas de un sistema hidráulico.....	26
2.5.1    Desventajas del sistema hidráulico.....	26
2.6    Elementos de un sistema hidráulico.....	27
2.6.1    Deposito .....	27
2.6.2    Bomba .....	27
2.6.3    Válvulas.....	28
2.6.4    Mangueras y tuberías .....	28

2.6.5	Cilindros hidráulicos .....	29
2.6.6	Motores hidráulicos.....	29
2.6.7	Sellos mecánicos.....	30
2.6.8	Aceite hidráulico.....	30
2.7	Problemas de contaminación a los fluidos hidráulicos.....	31
2.7.1	Efecto dañino de partículas externas.....	31
3	<b>CAPÍTULO 3: CONOCIENDO LA MÁQUINA.....</b>	<b>33</b>
3.1	Funcionamiento.....	34
3.2	Componentes de la máquina.....	34
3.2.1	Sistema de distribución hidráulico .....	35
3.2.2	Vehículo .....	35
3.2.3	Transmisión, ejes y reductores .....	35
3.2.4	Bastidor o chasis.....	36
3.2.5	Estabilizadores.....	36
3.2.6	Motor.....	37
3.2.7	Ejes .....	37
3.2.8	Suspensión .....	37
3.2.9	Dirección.....	37
3.2.10	Características de las direcciones .....	38
3.2.11	Frenos.....	39
3.2.12	Sistemas de tomas de fuerza .....	39
3.3	Reconocimiento de la máquina .....	40
3.3.1	Placa de identificación (CE) .....	40
3.3.2	Componentes de la grúa (diseño) .....	41
3.3.3	Ficha técnica de grúa Palfinger PK 23500.....	42
3.3.4	Alcances máximos con sus respectivos momentos .....	43
3.3.5	Dimensiones.....	44
3.4	Medidas de precaución para evitar accidentes .....	44
3.4.1	Medidas de precaución antes del mantenimiento. ....	44
3.4.2	Puesta en marcha .....	45
3.4.3	Al momento de trabajar con la grúa .....	45
3.4.4	Al finalizar los trabajos .....	46
3.5	Fallas comunes .....	46
3.5.1	Cambio de aceite hidráulico .....	46
3.5.2	Daño o degradación del cable metálico .....	47
3.5.3	Desgastes de las ruedas del camión.....	48
3.5.4	Gancho de elevación .....	48
3.5.5	Sobre carga.....	48
3.5.6	Posición inadecuada de los gatos .....	49
3.5.7	Flexibles hidráulicos .....	50
3.5.8	Rayado de los cilindros.....	51
3.5.9	Sellos mecánicos.....	51
3.5.10	Filtro .....	51

3.6	Cuidados de elementos externos de la grúa.....	52
3.6.1	Cable acerado.....	52
3.6.2	Prolongas hidráulicas .....	52
3.6.3	Ganchos de elevación.....	53
3.7	Perdida de eficiencia de la grúa.....	53
3.8	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para grúa Palfinger .....	54
4	CAPÍTULO 4: PLAN DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO ....	56
4.1	Mantenimiento a grúa PALFINGER PK 23500 .....	57
4.1.1	Preparativos .....	57
4.1.2	Contador de horas.....	57
4.2	Cálculos para selección de repuestos según catalogo PALFINGER. ....	58
4.2.1	Caudal requerido.....	58
4.2.2	Potencia requerida para la toma de fuerza .....	58
4.2.3	Potencia de la refrigeración .....	58
4.3	Catálogo de repuesto según lo especifica el fabricante a través de catálogo ....	59
4.4	Plan de mantenimiento.....	59
4.5	Análisis de contaminantes asociado a plan de mantenimiento preventivo.....	63
4.6	Análisis del costo financiero .....	64
4.6.1	Costo personal involucrado .....	64
4.6.2	Costo de plan de mantenimiento .....	64
4.6.3	Costos de preparativos del plan de mantenimiento .....	67
4.6.4	Costo anual de mano de obra .....	68
4.6.5	Costo de anual de mano de obra, según la frecuencia de intervención.....	68
4.6.6	Costo anual de plan de insumos .....	70
4.6.7	Costo total anual del plan de mantenimiento.....	70
4.7	Check list .....	71
	CONCLUSIÓN .....	73
	RECOMENDACIONES .....	74
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	LINKOGRAFÍA.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 -Fórmula para el cálculo del porcentaje de mantenimiento planificado.....	9
Figura 1-2- Estructura básica de diagrama casusa- efecto.....	20
Figura 2-1 - Fosas de cavitación de extrema presión, debido a la acumulación de insolubles dentro del sistema .....	32
Figura 3-1 - Indicador del momento de carga .....	34
Figura 3-2- Sistema de distribución manual.....	35
Figura 3-3 - Chasis de un camión.....	36
Figura 3-4 - Estabilizadores gatos.....	36
Figura 3-5 - Sistema de dirección.....	38
Figura 3-6 - Sistemas de tomas de fuerza .....	39
Figura 3-7 - Placa CE de grúas Palfinger.....	41
Figura 3-8 - Elementos que componen el sistema de la máquina .....	41
Figura 3-9 - Capacidad máxima y mínima de la grúa según las distancias del brazo articulado.....	43
Figura 3-10 - Vistas con cotas de la grúa Palfinger PK 23500 .....	44
Figura 3-11- Representación de la composición por partes de un cable de acero .....	47
Figura 3-12- Inspección visual del estado de los cables .....	48
<i>Figura 3-13 - Posiciones adecuadas e inadecuadas del posicionamiento de los platos de apoyo.....</i>	<i>50</i>
Figura 3-14- Partes de un gancho de elevación industrial .....	53
<i>Figura 3-15- Diagrama Ishikawa de la perdida de eficiencia de la grúa Palfinger .....</i>	<i>54</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 - Recopilación de datos para plan de mantenimiento .....	7
Tabla 1-2- Niveles de criticidad de los mantenimientos.....	8
Tabla 1-3- Grados de criticidad del efecto.....	17
Tabla 1-4- Grados de criticidad del efecto de la causa .....	18
Tabla 1-5- Grado de detección de la falla .....	18
Tabla 1-6- Niveles de número prioritario .....	19
Tabla 3-1 - Ficha técnica grúa PALFINGER PK 23500 .....	43
Tabla 3-2 - Valores de diferentes resistencias de suelos.....	50
Tabla 3-3- Análisis de modo y efecto de la falla de grúa Palfinger .....	55
Tabla 4-1 - Catálogos de repuestos sugerido .....	59
Tabla 4-2 – Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento general a grúa.....	60
Tabla 4-3- Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema hidráulico.....	61
Tabla 4-4 - Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema eléctrico .....	61
Tabla 4-5 - Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema motor.....	62
Tabla 4-6 – Preparativos de cada intervención a la máquina .....	62

Tabla 4-7- Análisis de contaminantes asociados a plan de mantenimiento.....	63
Tabla 4-8- Análisis de costo del personal involucrado.....	64
Tabla 4-9 - Evaluación económica del plan de mantenimiento .....	67
tabla 4-10 – Evaluación económica de preparativos para cada intervención de la máquina.....	67
Tabla 4-11 – Evaluación anual de cada mantenimiento .....	68
Tabla 4-12- Evaluación económica anual del costo de mano de obra .....	69
Tabla 4-13- Evaluación económica anual del costo de insumos.....	70
Tabla 4-14- Evaluación económica anual del costo total del plan de mantenimiento .....	70
Tabla 4-15 - Check list para cada trabajo de la grúa.....	72

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1 Costo anual de mano de obra .....	68
Gráfico 4-2 Evaluación de mano de obra según intervenciones anuales.....	69
Gráfico 4-3- Costo total del mantenimiento anual.....	71

## SIMBOLOGÍA

°C: Grados Celsius

Kg: Kilogramo.

KNm: Kilonewton metro (kn·m).

Cm<sup>2</sup>: Centímetro cuadrado.

%: Porcentaje.

”: Pulgada.

H/H: Horas hombre.

\$. Pesos chilenos (CLP).

EPP: Equipos de protección personal.

°: Grados.

## ALCANCE

En el siguiente informe se presenta un plan de mantenimiento preventivo para grúa de brazo articulado modelo Palfinger PK 23500, que tiene como finalidad mejorar el proceso de producción y mantención de estas grúas. Especializándose en mantenciones del ámbito preventiva y no correctivas.

Por otro lado, el plan de mantenimiento que se diseñó se realizó en base a un conjunto de datos recopilados vía internet, libros y de conocimientos propios.

Para concluir, este trabajo es de carácter teórico, por ende, los resultados entregados no garantizan su efectividad al 100% en la práctica

## **INTRODUCCIÓN**

Los seres humanos tienen la necesidad de transportar objetos de una zona a otra. Muchas veces estos objetos son de gran volumen y peso, lo que genera dificultad para su transporte.

Este problema es recurrente en trabajos civiles e industriales, lo que generó la necesidad de fabricar máquinas que logren el transporte de estos objetos.

La grúa se fabricó pensando en suplir estas brechas que existían en los trabajos. Hoy en día es una máquina imprescindible en la carga y transporte de material pesado. Estas máquinas han sido desde la antigüedad importantes, ya que son parte del desarrollo de las civilizaciones.

Las primeras grúas de las que se tiene constancia que usaron poleas acaneladas, fueron inventadas y por supuesto usadas en la antigua Grecia para la construcción de edificios de altura considerable, eran accionadas por animales y personas. No es una barbaridad decir que, desde entonces, la evolución de la raza humana en el ámbito industrial, está muy marcada por la presencia de las grúas. (unitecls, 2016)

El problema que se enfoca en como poder mantener estos tipos de grúas, debido a que su mantenimiento es delicado, ya que los trabajos que se ejecutan deben ser realizados por un personal idóneo. Por otro lado, los componentes de estas grúas, deben ser tratadas como su fabricante lo indique, ya que muchas veces no se respeta, provocando un deterioro precoz de estas mismas.

Los mantenimientos están diseñados para poder reparar las fallas de las máquinas. El mantenimiento preventivo genera seguridad y confiabilidad. Esta herramienta ayuda a que las máquinas tengan un buen desempeño durante sus horas de servicio, además de un aumento de la vida útil de la grúa y evitar detenciones inoportunas de la máquina. Otro punto importante, que al trabajar con esta herramienta genera, que disminuya considerablemente el mantenimiento correctivo.

Por otro lado, para comprender de una mejor manera cualquier tipo de mantenimiento, es recomendable reconocer la máquina, analizando los componentes que lo conforman y a su vez la estructura del cual está compuesta. Esto se debe a que podemos identificar de manera más sencilla el foco de la falla y a su vez, analizar cuál sería el plan de acción para realizar el mantenimiento correspondiente.

A continuación, se presenta el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para la grúa de brazo articulado modelo Palfinger PK 23500. Este plan de mantenimiento es de carácter investigativo. En este estudio se detalla las fallas comunes de esta grúa y su respectivo plan de acción.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para grúa PALFINGER PK 23500.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reconocer los diferentes mecanismos y piezas que componen el sistema, para el buen desempeño del plan de mantenimiento preventivo de la grúa PALFINGER PK 23500.
- Detectar componentes asociados a fallas comunes de la grúa PALFINGER PK 23500.
- Determinar plan de acción para el mantenimiento de la grúa PALFINGER PK 23500.
- Evaluar económicamente el plan de mantenimiento de la grúa PALFINGER PK 23500.

**CAPITULO 1: MARCO TEORICO**

## 1.1 Mantenimiento

A finales del siglo XVIII y principios del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y así mismo los conceptos de competitividad, costes entre otros. De la misma manera comenzaron a tomar en cuenta el término de fracaso y comenzaron a darse cuenta de que esto producía paras en la producción. Tal fue la necesidad de comenzar a controlar estas fallas que en la década de 1920 comenzaron a aparecer las primeras estadísticas sobre las tasas de fallas en motores y equipos de aviación. (mantenimiento, 2008)

Por lo tanto, podemos concluir que la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industrial, ya que con las primeras máquinas comenzó la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de los fallos que se presentaron en ese momento fueron el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que fueron sometidas las máquinas. En ese momento el mantenimiento se hizo hasta que fue imposible continuar usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento era de importancia secundaria y era realizado por el mismo personal de operación y producción.

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y la puesta en marcha de una producción en serie, las fábricas de Pasos tuvieron que establecer programas de producción mínimos por lo que empezaron a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran realizar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento conocido hoy como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Esta situación se mantuvo hasta la década del año 50.

No fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente siguió las recomendaciones de los fabricantes de equipos sobre el cuidado que se debe tener en la operación y mantenimiento de las máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llama mantenimiento preventivo.

## 1.2 Mantenimiento preventivo

Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisión y limpieza que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por

oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El principal objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

### 1.2.1 Beneficios de efectuar un mantenimiento preventivo

- Producción eficiente.
- Mejor utilización del personal interno de mantenimiento.
- Reducción del inventario.
- Reducción del tiempo de improductividad del equipo.
- Reducción de los riesgos de seguridad.
- Aumento de la vida útil del equipo.
- Reducción de inversiones.
- Menos gastos en reparación.

### 1.2.2 Pasos de un mantenimiento preventivo

#### 1.2.2.1 Definir objetivos y prioridades

En este punto se debe tener claro cuáles son las aspiraciones que tenemos a futuro, como, por ejemplo, ¿Qué quieres? ¿Ahorrar dinero en el mantenimiento? ¿Evitar las averías que han comprometido el funcionamiento normal de la empresa en el pasado? ¿Proteger equipos caros que no se pueden sustituir fácilmente?

En un mantenimiento preventivo es esencial tener claro los objetivos que queremos obtener, porque sin ellos no podremos determinar las prioridades y sin las prioridades no podemos asignar los recursos necesarios. Como por ejemplo en una fábrica, las prioridades que hay principalmente es mantener en un óptimo funcionamiento la línea de producción principal más que ahorrar dinero en equipos secundarios o terciarios, como por ejemplos los ascensores.

#### 1.2.2.2 Realizar inventarios de equipos

Principalmente es realizar una recopilación de todos los equipos distribuidos en los lugares de trabajos a realizar, ya sea mediante planillas Excel o algún software para que nos facilite la identificación de ellos.

Al momento de realizar los inventarios, se deberá tener en consideración lo siguiente:

- Ver los plazos de garantías de los productos.
- Ver las recomendaciones del fabricante o el manual de usuario para el mantenimiento del equipo, por ejemplo; frecuencia de mantenimiento, vida útil prevista, contactos del fabricante) condiciones óptimas de temperatura y humedad,
- Datos de controles anteriores para verificar el funcionamiento del equipo.
- Datos de reparaciones anteriores, especialmente si se han sustituido piezas.
- Criticidad del activo.
- Requisitos legales.

Un ejemplo de recopilación es el siguiente:

Nombre del edificio	Edificio 8
Año del PMP	2020
Familia de equipos	Calderas de agua caliente
Activo	Caldera de agua caliente #1

Marca/fabricante	Fabricantes de Calderas, Lda.
Plazo de garantía	Marzo de 2021
Recomendación del fabricante	Mantenimiento general un mes antes de la estación fría, para estar en pleno funcionamiento en invierno. En el periodo de mayor utilización, se recomienda una inspección general cada 3 meses.
Última inspección	Mayo de 2020
Criticidad	Clase C
Requisitos legales:	N/d

*Tabla 1-1 - Recopilación de datos para plan de mantenimiento*

Fuente: <https://blog.infraspeak.com/es/plan-de-mantenimiento-preventivo/>

### 1.2.2.3 Identificar prioridades

Para saber que tipos de equipos son de mayores grados de criticidad, se van a clasificar según un orden alfabético, comenzando de la letra A hasta la C.

- Las acciones de mantenimiento preventivo en los equipos de clase A son los primeros en llevarse a cabo, ya que afecta directamente en las líneas de producción.
- Las acciones de mantenimiento preventivo en los equipos de clase B, son llevados a cabo de manera secundaria, debido a que la avería afecta menos al funcionamiento de la línea de producción
- Las acciones de mantenimiento preventivo en los equipos de clase C, se llevan a cabo luego de realizar los mantenimientos a los equipos más críticos, esto es debido a que, los equipos de clase C, no afectan de manera directa a los equipos principales.

Además, se debe tener en cuenta que cada tipo de trabajo tiene un diferente nivel de criticidad, ya que algunos de ellos necesitan manos de obra especializada.

Nivel 1	No necesita mano de obra especializada
Nivel 2	Necesitan mano de obra especializada
Nivel 3	Necesita mano de obra con certificación legal
Nivel 4	Reparaciones de gran dimensión, que necesitan mano de obra cualificada
Nivel 5	Reparaciones generales de reconstrucción o equipamiento en talleres externos

*Tabla 1-2- Niveles de criticidad de los mantenimientos*

*Fuente: <https://blog.infraspeak.com/es/plan-de-mantenimiento-preventivo/>*

En mantenimiento preventivo, casi todas las tareas están entre el nivel 1 y el nivel 3. Por lo general, las tareas de nivel 1 pueden ser realizadas por los propios usuarios de los equipos o por mano de obra interna. Las tareas de nivel 2 y 3 entran en lo que llamamos subcontratación. Lo ideal es no tener que realizar tareas de nivel 4 o 5, a menos que estemos hablando de un plan de mantenimiento industrial con equipos pesados.

#### 1.2.2.4 Indicadores de rendimiento (KPI)

La creación de los KPI en un plan de manteniendo, es una herramienta que nos servirá para ver cómo se va desarrollando el plan de manteniendo, debido a que estos son indicadores de rendimiento para seguir la eficacia y progreso de esta misma. Algunos de los KPI más comunes son:

- Porcentaje de mantenimiento preventivo.
- Índice de cumplimiento del mantenimiento preventivo.

- Eficacia general del equipo.
- El porcentaje crítico de mantenimiento programado.
- Tiempo medio entre averías.
- Coste total con el mantenimiento (incluyendo mano de obra, materiales, contratos de mantenimiento).
- Retorno de la inversión.

Este rendimiento se puede calcular para saber que tan eficiente es nuestro plan de mantenimiento, esto se realiza, dividiendo las cantidades de horas del mantenimiento programado por el total de horas de mantenimiento en total (incluyendo, por lo tanto, el mantenimiento correctivo)

$$\% \text{ Mantenimiento planificado} = \frac{\text{Horas de mantenimiento planificado}}{\text{Total horas de mantenimiento}} \times 100$$

*Figura 1-1* -Fórmula para el cálculo del porcentaje de mantenimiento planificado

Fuente: <https://blog.infraspeak.com/es/plan-de-mantenimiento-preventivo-medir-eficacia/>

Si el porcentaje de mantenimiento planificado es inferior a 85%, su empresa necesita hacer más exámenes.

#### 1.2.2.5 Revisar y mejorar

Al finalizar cada plan de mantenimiento, siempre es recomendable realizar una recopilación de los datos, ya sea KPI, informes, etc. Esto es para ver que tan eficiente fue y ver en qué aspecto se podría mejorar. Las preguntas que nos debemos de hacer son:

- ¿Realmente es necesario todas las acciones de mantenimiento preventivo que se ha realizado, o algunas no resultan rentables?
- ¿Algún activo tuvo un rendimiento inferior a lo esperado?
- ¿Todas las averías fueron inevitables o podrías haber evitado algunas con mantenimiento preventivo?
- ¿El nivel de riesgo de cada activo se mantiene igual, o hay algún equipo que se desgasta rápidamente y necesita mantenimiento adicional?

### 1.3 Mantenimiento correctivo

Debido a las necesidades del hombre, en el año 1782 se creó la máquina a vapor por el escocés James Watt, a lo que tuvo como resultado la invención y desarrollo del ferrocarril. Además, en esos años la revolución industrial seguía en crecimiento en diferentes áreas, ya que se inventó el barco de vapor y se mecanizó la agricultura.

Visto así, el desarrollo industrial en esos tiempos estaba incrementando, desarrollando dos industrias con un enorme crecimiento, esas son: la del hierro y carbón. Esto trajo como resultado un aumento de oportunidades de trabajo en la ciudad, en esos años la mayoría de los jornaleros provenían de zonas rurales.

A finales del siglo XVIII – inicios del XIX, con el nacimiento de las primeras máquinas surge la necesidad de repararlas cuando estas se averían, para continuar la producción. Se comienzan a controlar los fallos y paradas de las máquinas y los accidentes laborales para evitar o disminuir los retrasos en la producción.

Y así hacia el año 1920, aparece el concepto de mantenimiento correctivo, que conceptualmente es aquel que se realiza de manera forzosa e imprevista, cuando ocurre un fallo, y que impone la necesidad de reparar el equipo antes de poder continuar haciendo uso de él. En este sentido, el mantenimiento correctivo contingente implica que la reparación se lleve a cabo con la mayor rapidez para evitar daños materiales y humanos, así como pérdidas económicas. (significados, 2013)

#### 1.3.1 Ventajas y desventajas

Hoy en día las tareas de mantenimiento ya no son vista como gastos, si no como una inversión a largo plazo, ya que asegura un óptimo funcionamiento de los equipos y maquinarias.

La principal diferencia entre estos dos tipos de mantenimientos, es que el mantenimiento preventivo, es un trabajo programado, con días, semanas o incluso meses de anticipación y en cambio el mantenimiento correctivo, se usa cuando un equipo falla repentinamente y debe ser reparada de manera inmediata.

### 1.3.2 Costos

Los costos de un mantenimiento correctivo siempre son mayores debido a que corremos el riesgo a que la pieza o el equipo afectado no se encuentre en stock en los almacenes de cada empresa lo que significa que se deberá hacer un procedimiento para solicitar el producto, además debemos tener en cuenta el costo de pérdida asociado a la producción debido a que se pierde materia prima y se generan tiempos muertos.

Por otro lado, hay que tener en cuenta los costos para las horas extras no planeadas para los técnicos supervisores e ingenieros de mantenimientos.

Además, por lo general existen daños colaterales dentro de la línea de producción lo que genera un efecto dominó en las máquinas o equipos adyacentes a la falla.

Los costos de los mantenimientos preventivos, ya están presupuestados, debido a que todo esto se ve con anticipación a través de los planes de mantenimientos.

El valor de los repuestos para cambios ya está establecido debido aquí el en el inventario del almacén o bodega las encuentra el stock de los productos (correas rodamientos, engranajes, aceites, etc.)

Además, el costo asociado al salario ya está establecido ya sea para los técnicos supervisores e ingenieros. Además, que no se estiman horas extras debido a las planificaciones, pero siempre ocurren imprevistos y se estima un aproximados de horas extras.

### 1.3.3 Ocurrencia

Como se menciona al principio, los mantenimientos preventivos son programados con tiempo de anticipación en cambio los mantenimientos correctivos son ejecutados al momento de la falla del equipo.

#### 1.3.4 Tiempos

Al igual que la ocurrencia, la duración de los tiempos para los mantenimientos preventivos, vienen establecido dentro de los planes de mantenimiento, en cambio los tiempos de los mantenimientos correctivos, no se determinan debido a las fallas imprevistas de los equipos y maquinarias.

Aunque el mantenimiento correctivo y preventivo suceden de maneras diferentes, estas tienen una relación inversa de debido a que, si en una empresa existe una deficiencia en el mantenimiento preventivo, los mantenimientos correctivos aumentaran.

Siempre se recomienda que en las empresas establezcan un plan de acción para los mantenimientos preventivos, debido a que se ahorrarán costos en la producción, bajarán los tiempos muertos, la producción en las líneas principales seguirá su funcionamiento con normalidad, etc.

#### 1.4 Mantenimiento predictivo

Es un tipo de mantenimiento que monitorea el rendimiento y el estado de los equipos antes que se comiencen a presentar fallos. Por lo general, este tipo de mantenimiento, se realiza si el equipo comienza a presentar algún tipo de anomalía, ya sea un aumento de ruido, vibraciones, partículas de desgastes, entre otros. Pero cabe señalar, que existes mantenimiento predictivo de carácter sistemático, esto quiere decir que se realiza sin que el equipo presente algún tipo de anomalía.

El objetivo principal de este tipo de mantenimiento, es evitar que el equipo tenga fallas imprevistas, ya que, si esto ocurre, significa la detención de los equipos. Además de optimizar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos al mínimo costo.

Estos análisis, se pueden llevar a cabo de forma periódica o continua. Esto se lleva a cabo con instrumentos de diagnósticos y pruebas no destructivas, tales como, análisis de lubricantes, análisis de vibraciones, líquidos penetrantes, termografías para la comprobación de temperatura, entre otros.

##### 1.4.1 Termografía infrarroja

Son análisis que se llevan a cabo con tecnología de prueba no destructiva, este método es ampliamente utilizado en este tipo de mantenimiento. Con las cámaras infrarrojas, el operario puede detectar las altas temperaturas de los equipos.

Al identificar las zonas con altas temperaturas (puntos críticos) el operario puede tener la visión más ampliada de cuál es el foco de la falla del equipo. Al identificar la falla, el proceso de reparación se logra con mayor factibilidad.

#### 1.4.2 Monitoreo acústico

Es una técnica de monitoreo con tecnología de prueba no destructiva. Permite detectar problemas en el rendimiento de los materiales, localizar el origen del problema y monitorear en qué estado se encuentran los equipos. Esto se logra detectando las diferencias entre las frecuencias del sonido. Las aplicaciones más comunes que podemos encontrar este tipo de análisis, son en tuberías y conductos, condensadores, sistemas de vacío, ventiladores, compresores de aire, entre otros.

Todas las maquinas generan ruido cuando están en funcionamiento, pero al momento de existir alguna anomalía, la frecuencia y la amplitud cambia.

#### 1.4.3 Análisis de vibración

Este tipo de análisis se emplea principalmente en equipos rotativos de alta velocidad. Este tipo de análisis permite a un operario monitorear las vibraciones de un equipo utilizando un analizador de mano o sensores en real integrados en el equipo.

Los componentes del equipo en condiciones normales de trabajo presentan una vibración normal, pero al momento de existir algún tipo de anomalía, estas vibraciones comienzan a aumentar. Como consecuencia la máquina que analiza estos espectros, toma un patrón diferente al presentar este tipo de fallo, logrando visualizar la falla con más rapidez para poder realizar la corrección de esta misma de una manera más factible.

#### 1.4.4 Análisis de aceite

Es un tipo de análisis de carácter no destructivo, que permite analizar a través de una muestra del lubricante, el estado de este mismo.

El objetivo del análisis del aceite es comprobar la viscosidad, la cantidad de agua y la presencia de otros materiales, incluyendo los metales, para determinar el desgaste del equipo. (infraspeak, 2021)

#### 1.4.5 Otras tecnologías

En la industria, podemos encontrar diversos tipos análisis, con diversas tecnologías. Como, por ejemplo, tenemos el análisis de la condición del motor, que detalla el estado de funcionamiento de los motores y el motor en sí. Por otro lado, tenemos el análisis de corrientes de Foucault, que identifica cambios en el espesor de la pared del tubo dentro de enfriadores centrífugos y sistemas de calderas.

#### 1.4.6 Ventajas del mantenimiento predictivo

- La principal ventaja es actuar a tiempo y evitar tiempos muertos. Da más continuidad en la operación.
- Este mantenimiento se logra gracias a las necesidades, así se evitan desperdicios de insumos de trabajos y además de mano de obra.
- Al reducir las reparaciones de emergencia y el desperdicio mencionado anteriormente, puedes controlar mejor tu presupuesto de mantenimiento.
- Los mantenimientos son programados, lo que genera tener una organización más exacta y evitar tiempos muertos.
- Utilización óptima del equipo durante todo el ciclo de vida.
- Da más confiabilidad. Debido que, al utilizar aparatos de monitoreo y personal especializado, los resultados deben ser más certeros.

#### 1.4.7 Desventajas del mantenimiento predictivo

- Costos muy elevados en los equipos de monitoreo.
- Para los equipos que no sean de carácter críticos, este tipo de mantenimiento resultara ser muy costoso. Lo que significa que no genera grandes ahorros.
- Se requiere personal especializado en este tipo de mantenimiento

### 1.5 Selección de tipos de mantenimiento

Gracias a la información antes señalada, se ha determinado realizar un plan de mantenimiento preventivo, debido a:

Debemos tener en cuenta que realizar un mantenimiento correctivo a las grúas Palfinger significaría detenciones inoportunas y un alto costo monetario para la empresa, debido a que los componentes que contiene esta máquina, son de un costo monetario elevado, ya que, al momento de fallar un componente, como, por ejemplo, una bomba, el costo monetario de este equipo es elevado, además hay que considerar que el producto se encuentre en stock, y considerar el tiempo de envío. Estos casos son muy recurrentes en las empresas, debido que muchas se siguen rigiendo con los métodos antiguos de mantenimiento

Otro punto importante que se debe considerar, son los repuestos, como se menciona anteriormente, muchas veces los productos fallados se deben cambiar debido a la gravedad de la falla, esto tiene como consecuencia solicitar un producto nuevo, muchas veces, estos productos no se encuentran disponibles en los inventarios de la empresa, lo que tiene como consecuencia pedir a los distribuidores, esto a su vez significa tiempo perdido de trabajo.

Por otro lado, es importa considerar que debemos llamar a especialistas para realizar dicho mantenimiento, muchas veces no encontramos a personal con disponibilidad inmediata, lo que como consecuencia significaría tiempos muertos en el equipo, además se deberá considerar que el costo monetario de la mano de obra aumentara, porque el trabajo se requiere lo más pronto posible.

Si nos enfocamos en el mantenimiento predictivo, es una buena alternativa, debido a que se evita las paradas inoportunas de la máquina y se monitorea el estado de estas mismas, para así saber cuándo van a fallar o determinar la zona donde se está provocando la falla.

Pero si nos enfocamos en la grúa Palfinger PK 23500, este tipo de mantenimiento no es del todo viable, ya que, para poder realizar este mantenimiento, se necesita equipos costosos y personal capacitado. Lo que genera un alto costo monetario en comparación con el mantenimiento preventivo. No obstante, el análisis de inspección de aceites, es una buena alternativa, debido a que se evita el cambio de aceite si este cumple con los estándares solicitado. Lo que tiene como resultado, evitar el desperdicio de este lubricante, asíéndolo así más amigable con el medio ambiente y más viable económicamente para la empresa.

Por todo lo antes señalado, es más viable económicamente, realizar un mantenimiento preventivo, debido a que, si se realiza un buen plan de mantenimiento, se evitara

perdidas de horas de trabajo, debido a detenciones inoportunas, además de un ahorro económico significativo, otro punto importante es que nuestra máquina nos garantizara una mayor fiabilidad al momento de trabajar en ella y se aumentara la vida útil de la máquina.

### 1.6 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Es un método utilizado para prevenir fallas y analizar los riesgos de un proceso mediante la identificación de causas y efectos a fin de determinar las acciones que se utilizaran para inhibir las fallas. (blogdelacalidad, 2018).

Lo principal que quiere lograr este tipo de análisis:

- Identificar fallas o defectos antes que ocurran.
- Reducir costos.
- Incrementar la confiabilidad de los equipos/productos/servicios.
- Documenta la información de los procesos.
- Proporciona criterios de pruebas y planificación.

Existen tres tipos de análisis de modo y efecto de falla, ellos son:

- AMEF de sistema: Asegura la compatibilidad de los componentes del sistema.
- AMEF de diseño: Reduce los riesgos por errores de diseño.
- AMEF de procesos: Estudia los procesos para poder encontrar posibles fuentes de errores.

En que ámbito debemos utilizar un AMEF

- Disminuir las ocurrencias de fallas en nuevos productos o servicios.
- Disminuir las fallas futuras de productos o procesos en operación.

- Aumentar la confiabilidad del producto o servicio.
- Aumentar la calidad de nuestro producto o servicios.
- Disminución de errores en los procesos.
- Creación, mejora o re diseño de un producto o servicio.

En estos análisis, los datos recopilados, se muestran gráficamente en una tabla. Esto nos sirve para poder saber en qué grado de criticidad se encuentra los puntos a evaluar, para así poder generar un plan de acción para disminuir los riesgos.

Para poder determinar el grado de criticidad del efecto de la falla, se utiliza una escala de 1 - 10.

Donde el número “1”, indica que la consecuencia del efecto es baja y el numero “10”, indica que el grado de criticidad es alto.

NIVEL	EFEECTO	SEVERIDAD DEL DAÑO
10	<b>PELIGROSO (Sin Aviso)</b>	Puede poner en peligro al operador, afecta la seguridad de la operación y/o involucra NO conformidades, la falla se presenta SIN AVISO.
9	<b>PELIGROSO (Con Aviso)</b>	Puede poner en peligro al operador, afecta la seguridad de la operación y/o involucra NO conformidades, la falla se presenta CON AVISO
8	<b>MUY ALTO</b>	Interrupción Total, productos o servicios NO conformes, inoperables, clientes muy molestos e insatisfechos
7	<b>ALTO</b>	Interrupción menor, buena parte de los productos y servicios NO conformes, clientes inconformes
6	<b>MODERADO</b>	Interrupción menor, productos y servicios con imperfecciones, algunos clientes inconformes
5	<b>BAJO</b>	Interrupción menor, Algunos productos o servicios defectuosos, algunos clientes con insatisfacción
4	<b>MUY BAJO</b>	Interrupción menor, devoluciones de productos y servicios, defectos percibidos por clientes
3	<b>PEQUEÑO</b>	Interrupción menor, productos y servicios reprocesados, defectos de baja incidencia.
2	<b>MUY PEQUEÑO</b>	Interrupción mínima, defectos de producto o servicio imperceptibles detectados exclusivamente por expertos
1	<b>NINGUNO</b>	Productos y servicios conformes, clientes satisfechos

*Tabla 1-3- Grados de criticidad del efecto*

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?V=o5p3qplvf3o&t=298s>

Para poder determinar el grado de criticidad del efecto de la causa, se utiliza una escala de 1 - 10.

Donde el número “1”, indica que la consecuencia de la causa es baja y el numero “10”, indica que el grado de criticidad es alto.

NIVEL	VALOR CUALITATIVO DE OCURRENCIA DE LA FALLA	RATA DE OPORTUNIDADES DE FALLA	CONCEPTO
10	EXTREMADAMENTE ALTA	1 en 2	CERTEZA CASI ABSOLUTA DE FALLA
9	MUY ALTA	1 en 3	FALLA CASI INEVITABLE
8	ALTA	1 en 8	ASOCIADA CON PROCESOS SIMILARES
7	RECURRENTE	1 en 20	SUSESOS DE FALLAS FRECUENTES
6	MODERADA	1 en 80	ASOCIADA CON PROCESOS PREVIOS
5	OCASIONAL	1 en 400	ES TIPICO PRESENTAR FALLAS
4	ESPORADICA	1 en 2.000	DE CUANDO EN VEZ HAY FALLAS
3	BAJA	1 en 15.000	HAY FALLAS EXEPCIONALES
2	MUY BAJA	1 en 150.000	FALLAS MUY AISLADAS E IMPERCEPTIBLES
1	REMOTA	1 en 1'500.000	ES IMPROBABLE QUE HAYA FALLA

Tabla 1-4- Grados de criticidad del efecto de la causa

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?V=o5p3qplvf3o&t=298s>

Para poder determinar el grado de detección de la falla, se utiliza una escala de 1 - 10.

Donde el número “1”, indica que la eficacia de la detección es alta y el numero “10”, indica eficacia de la detección es baja.

NIVEL	CAPACIDAD DE DETECCIÓN	SENCIBILIDAD EN LOS CONTROLES PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS O DESVIACIONES
10	IMPROBABLE	Controles detectan menos del 40% de las fallas
9	MUY REMOTA	Controles detectan el 40% de las fallas
8	REMOTA	Controles detectan el 50% de las fallas
7	MUY BAJA	Controles detectan el 60% de las fallas
6	BAJA	Controles detectan el 70% de las fallas
5	MODERADA	Controles detectan el 80% de las fallas
4	MODERADA ALTA	Controles detectan el 85% de las fallas
3	ALTA	Controles detectan el 90% de las fallas
2	MUY ALTA	Controles detectan el 95% de las fallas
1	CASI SEGURO	Controles detectan el 99,5% de las fallas

Tabla 1-5- Grado de detección de la falla

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?V=o5p3qplvf3o&t=298s>

Para el cálculo del número prioritario de riesgo (NPR), se necesita una formula muy sencilla, que es:

$$\text{DETECCIÓN} \times \text{SEVERIDAD} \times \text{OCURRENCIA} = \text{NPR}$$

Este valor que nos entrega el cálculo de NPR, sirve para visualizar de mejor manera, cuáles son los componentes, sistemas o trabajos, que se encuentran con un mayor grado de riesgos dentro de los procesos productivos.

El NPR indica valores del número “0”, al número “1000”. Donde el número “0” indica no existe riesgo de falla, y el numero “1000”, indica que el riesgo de falla es alto. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla.

<b>ATRIBUTO DE PRIORIDAD</b>	<b>Nivel NPR</b>	<b>CODIGO CALOR</b>
<b>Riesgo de falla ALTO</b>	<b>500 – 1000</b>	<b>ROJO</b>
<b>Riesgo de falla MEDIO</b>	<b>125 – 499</b>	<b>NARANJA</b>
<b>Riesgo de falla BAJO</b>	<b>1 – 124</b>	<b>AMARILLO</b>
<b>No existe riesgo de falla</b>	<b>0</b>	<b>VERDE</b>

*Tabla 1-6- Niveles de número prioritario*

**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=O5P3qplVF3o&t=298s>

### 1.7 Diagrama causa y efecto o Ishikawa

El diagrama causa – efecto, es una herramienta de análisis que permite comprender de mejor manera las diferentes teorías de dichas causas de un problema en específico. Es conocido comúnmente como diagrama de espina de pescado, debido a su particular forma. El nombre del método viene de su creador, el Ingeniero Kaoru Ishikawa, que dio origen al gráfico visual en 1943.

Este tipo de herramientas se puede usar cuando existan situaciones o eventos indeseados para la empresa, ya sea fallas comunes, productos indeseados, baja de rendimiento, entre otros.

Además, puede ser aplicado en:

- Generar mejoras continuas en los procesos.
- Visualizar los procesos de manera más simplificada.
- Visualizar no solo la causa principal de la falla, sino también las secundarias.
- Encontrar la solución a los problemas de una forma más eficiente.

Estructura del diagrama causa – efecto.

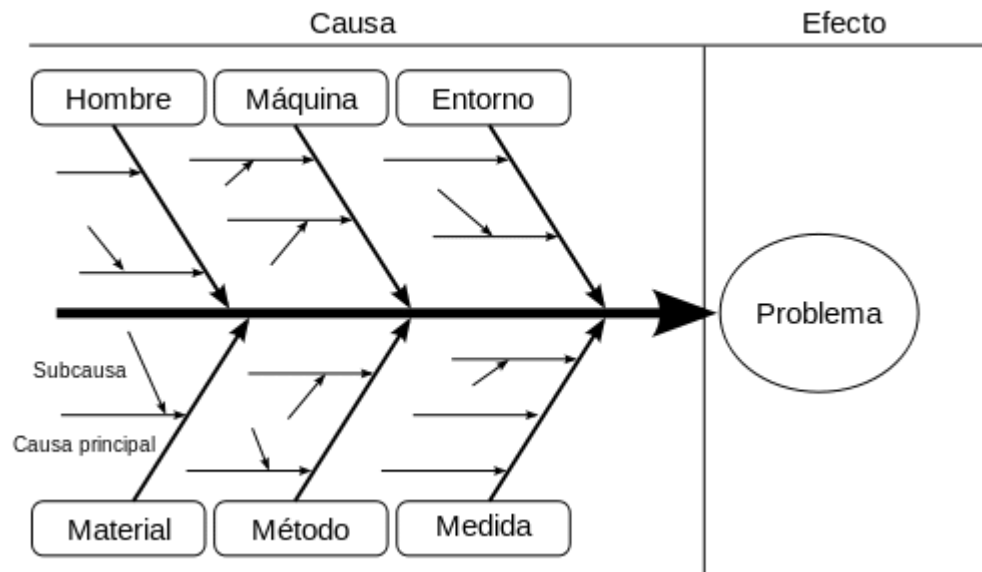


Figura 1-2- Estructura básica de diagrama causa- efecto

Fuente: <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/#:~:text=La%20estructura%20del%20Diagrama%20de,mayor%20de%20detalle%20en%20subcausas.>

**2 CAPITULO 2: HIDRÁULICA**

## 2.1 Historia de la hidráulica

Los romanos fueron los primeros grandes ingenieros de la historia europea, aplicando las teorías descubiertas por los griegos y creando las bases de la ingeniería actual. Desde el punto de vista de la hidráulica, fueron pioneros en la creación de complejos sistemas de canalización para hacer llegar el agua corriente a los edificios de las ciudades.

(barcelonaworldrace, 2014)

Del año 4000 al 2000 A. C. Los egipcios y los fenicios ya tenían experiencias en problemas de agua, en la construcción de sus barcos y sus puertos. En ese tiempo, China, India, Pakistán, Egipto y Mesopotamia iniciaron el desarrollo de los sistemas de riego.

(blogspot, 2011)

En el siglo XVII con la llegada de Blaise Pascal, hubo una revolución en la hidráulica, debido a que se confirmó la teoría, que la fuerza es un resultado de la presión, multiplicada por su superficie, esta sencilla aplicación, permite en la actualidad, mover pistones de palas retroexcavadoras, montar edificios, etc.

El primer modelo físico hidráulico fue construido en el año 1795 por el ingeniero Luís Jerónimo Fargue sobre un tramo del Río Garona. En el año 1885, Reynolds construyó un modelo del río Mersey, cerca de Liverpool. Él anotó que la relación existente entre la fuerza de la inercia y la fuerza de fricción interna era de gran importancia para el diseño de los modelos hidráulicos. Hoy en día, esta relación se denomina número de Reynolds, parámetro adimensional muy significativo en los modelos hidráulicos actuales.

(c161hidraulica1.blogspot, 2019)

## 2.2 Mantenimiento hidráulico

Es de gran importancia mantener el sistema hidráulico de las maquinarias, en un buen estado, debido a que nos garantiza trabajos más eficientes, más seguridad y mayor productividad. Un sistema hidráulico en mal estado, significa un aumento de costos, bajo rendimiento de producción y un aumento de riesgo asociado a la integridad de los operadores y de la maquinaria. Un programa de mantenimiento establecido con cierta frecuencia, asegura un aumento de la vida útil de los equipos, aumento de la producción y la seguridad del ambiente laboral.

### 2.2.1 Mantenimiento preventivo a los sistemas hidráulicos

La revisión y mantenimiento que se debe hacer a los componentes hidráulicos, vienen especificados por el fabricante, ya sea el tiempo estimado de inspección y su eventual mantenimiento, esto lleva a que los equipos prolonguen su vida útil.

La prevención es un concepto clave en el ámbito del manteniendo hidráulico, debido a que su función principal es evitar cualquier tipo de contaminación. Suele suceder que algunos componentes estén expuestos a zonas agresivas, ya sea polvo, arena, sal de mar, entre otros, que por consecuencia pueden entrar al sistema hidráulico y causar un desgaste anticipado. En cambio, si se puede controlar esta situación, se podría conservar la eficiencia del sistema y evitar futuras detenciones inoportunas.

El mantenimiento preventivo a los sistemas hidráulicos, lleva consigo varios beneficios, ellos son:

- Producción eficiente.
- Mejor utilización del personal interno de mantenimiento.
- Reducción del inventario.
- Reducción de tiempos muertos del equipo.
- Reducción de los riesgos de seguridad.
- Aumento de la vida útil del equipo.
- Reducción de inversiones.
- Menos gastos en reparación.

### 2.3 Chequeos comunes

Todo sistema hidráulico esta propenso a sufrir daños, ya sea por usarlo a una velocidad excesiva, por permitir que se caliente en exceso, por aumentos de presión, o por dejar que el fluido se contamine.

Por lo general, los chequeos comunes que suelen realizarse, son de forma programada o en los peores casos cuando el equipos o sistema falle.

A continuación, se presentan los chequeos más comunes en las instalaciones hidráulicas.

### 2.3.1 Líquido hidráulico

Los chequeos que se realizan al líquido hidráulico son para garantizar su correcto estado. Las inspecciones que se realizan son de temperatura, ya que estos trabajan normalmente entre 40°C Y 90°C horas, esto depende del tipo de líquido hidráulico, pero las temperaturas de trabajo no deben ser tan altas, no deberían superar los 60°C, porque pierde las propiedades de una manera acelerada. Otro punto importante, es controlar el nivel de aceite, debido a que por falta de aceite se genera entradas de aire, aumento de la temperatura y fallas en la bomba.

### 2.3.2 Filtros

Los filtros de aceites pueden o no venir con indicadores de partículas contaminantes, en caso de que no, es recomendable realizar chequeo del componente cuando lo indique el fabricante.

### 2.3.3 Controles y ajustes

Los ajustes en los equipos que tienen algún tipo de regulación como pueden ser válvulas reguladoras de presión, caudal, o detectores como presostatos, etc. Estos se ajustan en las puertas en marcha, pero se debe revisar a largo plazo, normalmente es por el fabricante o un especialista.

### 2.3.4 Revisión general

Por último, se deben realizar inspecciones generales de fugas, estado de las tuberías y tubos, controlar los ruidos de los componentes eléctricos y mecánicos como motores, bombas, acoplamientos y la limpieza regular para evitar la suciedad de la máquina.

## 2.4 Sistemas hidráulicos

Los circuitos hidráulicos, se rigen con los principios básicos de funcionamiento, utilizando una bomba para desplazar el fluido a través del sistema para obtener como resultado la energía hidráulica. El fluido se desplaza a través de las válvulas y fluye hacia los cilindros, en este proceso la energía hidráulica, se convierte en energía mecánica. Las válvulas en estos sistemas, cumplen con la función de distribuir el fluido y aliviar presiones cuando es necesario.

Los líquidos utilizados en estos procesos, por lo general son aceites incompresibles de alta densidad. El proceso por cual debe pasar este fluido, es el filtrado, debido a que a menudo se les adhiere el polvo o partículas contaminantes que impiden el buen trabajo, y luego este fluido es bombeado gracias a la bomba hidráulica.

#### 2.4.1 Aplicación de los sistemas hidráulicos

Los sistemas hidráulicos se utilizan principalmente para el control preciso de fuerzas mayores.

Encontramos cinco clasificaciones en las cuales se desempeñan estos sistemas:

##### 2.4.1.1 Industrial

Maquinaria de procesamiento de plásticos, fabricación de acero y aplicaciones de extracción primaria de metales, líneas de producción automatizadas, industrias de máquinas herramienta, industrias papeleras, cargadoras, trituradoras, maquinaria textil, sistemas robóticos, etc.

##### 2.4.1.2 Hidráulica móvil

Tractores, sistema de irrigación, equipo de movimiento de tierra, equipo de manipulación de materiales, vehículos comerciales, equipo de perforación de túneles, equipo ferroviario, maquinaria de construcción, equipos de perforación, etc.

##### 2.4.1.3 Automóviles

Se utiliza en los sistemas como frenos, amortiguadores, sistema de dirección, protección contra el viento, elevación, limpieza, etc.

#### 2.4.1.4 Aplicaciones marinas

Cubre principalmente los buques de navegación oceánica y los barcos de pesca.

Equipos aeroespaciales:

Hay equipos y sistemas utilizados para el control del timón, trenes de aterrizaje, frenos, control de vuelo y transmisión, etc., que se utilizan en aviones, cohetes y naves espaciales.

(cursosaula21, 2012)

### 2.5 Ventajas de un sistema hidráulico

Las características que poseen los sistemas hidráulicos es que, sus componentes son sencillos de manipular, como, por ejemplo, para accionar el arranque, la parada y a la aceleración, solo hay que presionar palancas y botones del centro de mando. Con esto nos permite un mejor manejo y control del sistema.

Por otro punto, proporciona una fuerza constante durante el desarrollo de los trabajos, independiente de los cambios de velocidad que se le apliquen.

Además, debemos pensar que es un sistema seguro, mirándolo en aplicaciones de trabajos en específicos, como, por ejemplo, en trabajos de minería y plantas químicas, debido a que no emiten chispas.

#### 2.5.1 Desventajas del sistema hidráulico

Los sistemas hidráulicos, también cuentan con desventajas y algunas pueden atentar nuestra integridad física.

El manejo de los fluidos hidráulicos es complejo y puede ser difícil controlar la totalidad de las fugas en un sistema hidráulico. Además, debemos pensar que, si una fuga se filtra en zonas calientes, puede incendiarse, debido que son productos inflamables.

Por otro punto, hay casos en que, debido a una sobre presión, golpes de arietes, un mal estado de las tuberías o cilindros, entre otros., estos sistemas pueden llegar a reventar, provocando daños en el sistema, además existen casos que no solo daña al sistema, si no

que puede afectar nuestra integridad física, terminado a veces con daños fatales para nuestro cuerpo o incluso la muerte.

Los mantenimientos de los sistemas hidráulicos, son más frecuentes, debido a que el fluido se debe encontrar en óptimas condiciones, por otro lado, no debe haber fugas en el sistema, cambiar filtros y sellos cuando sea necesario.

## 2.6 Elementos de un sistema hidráulico

En un sistema hidráulico se encuentran un conjunto de componentes, en los cuales cada uno cumple una función en específica, al momento de fallar cualquier tipo de elemento, este sistema no funcionara en condiciones normales, lo que provoca una falla en el sistema.

Algunos de los compones de un sistema hidráulicos son:

### 2.6.1 Deposito

La función principal de los deposito hidráulicos, es retener los fluidos, transferir calor al sistema, permite que los contaminantes solidos se asienten y facilitar la liberación de aire y humedad del fluido.

Pueden ser de dos tipos

- Presurizado: Mantienen durante el funcionamiento de la máquina una presión en su interior que favorece la descarga de aceite hacia las bombas.
- Depósitos con respiradero: No mantienen presión en su interior.

### 2.6.2 Bomba

Las bombas hidráulicas, suelen ser de tres tipos, tenemos bombas de engranajes, bombas de paletas y bombas de pistones.

El movimiento de los fluidos hidráulicos, hace que se transmita la energía mecánica de la bomba a la energía hidráulica. La conversión de la energía mecánica a energía hidráulica, se logra mediante el caudal y la presión que entrega la bomba.

Las bombas hidráulicas funcionan creando un vacío en la entrada de la bomba, forzando el líquido de un depósito a una línea de entrada y a la bomba. La acción mecánica envía el líquido a la salida de la bomba y, al hacerlo, lo introduce en el sistema hidráulico. (cursosaula21, 2017)

Las bombas hidráulicas se rigen por el mismo principio de funcionamiento, que consiste en desplazar los fluidos contra una presión resistente. Pero hay tres tipos de bombas que destacan en las industrias, estas son:

- Bombas centrífugas: La bomba centrífuga utiliza energía cinética rotacional para entregar el fluido. La energía de rotación proviene normalmente de un motor o de un motor eléctrico.
- Bombas de engranajes: son un tipo de bombas industriales especialmente utilizadas para el bombeo de fluidos con un elevado grado de viscosidad, o que, por su composición, pueden resultar nocivos para el medio ambiente. Son un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, se caracterizan por guiar el fluido a lo largo de toda la instalación, manteniendo un flujo suave proporcional a la velocidad a la que giran sus engranajes o ruedas dentadas. (fluideco, 2020)
- Bombas de pistón: La bomba de pistón es una bomba de émbolo positivo. También se conoce como bomba de desplazamiento positivo o bomba de pistón. Se utiliza a menudo cuando se trata de cantidades relativamente pequeñas y la presión de entrega es bastante grande. La construcción de estas bombas es similar a la del motor de cuatro tiempos. (cursosaula21, 2017)

### 2.6.3 Válvulas

Las válvulas en los sistemas hidráulicos, cumplen diferentes funciones, debido a que existen una diversidad de estas. Encontramos en las industrias válvulas para arrancar, detener y dirigir el flujo de fluidos. Las válvulas pueden ser accionadas por medios neumáticos, hidráulicos, electrónicos, manuales o mecánicos.

### 2.6.4 Mangueras y tuberías

Son tubos flexibles empleados para transportar fluidos de un lugar a otro. Su estructura está conformada por un tubo interno, diseñado con base a las propiedades asociadas a la compatibilidad del material conducido; el refuerzo, que aporta resistencia a la presión de trabajo; y la cubierta, que lo protege de factores como la intemperie, abrasión o productos químicos. (sumatec, 2017)

#### 2.6.5 Cilindros hidráulicos

Los cilindros hidráulicos cumplen una función muy importante en las industrias, ya que son los encargados de generar el esfuerzo para poder desplazar linealmente los objetos. Los cilindros hidráulicos, consisten en dos cilindros, uno dentro del otro, donde se desplaza un embolo, y genera la transformación de la energía hidráulica a la energía mecánica.

Por lo general encontramos dos tipos de cilindros, que son de simple y de doble efecto.

##### 2.6.5.1 Cilindros hidráulicos de simple efecto

Este tipo de cilindro puede ser de empuje o tracción. El retorno del vástago se realiza mediante la fuerza de la gravedad, el peso de una carga o por medio de un muelle. Es costumbre encontrar en este cilindro un orificio para que la cámara no se llene de aire.

(sitioniche.nichese, s.f.)

##### 2.6.5.2 Cilindros hidráulicos de doble efecto

En este tipo de cilindro tenemos 2 orificios que hacen de entrada y salida de fluido, de manera indistinta. Incluso pueden llevar de fabricación válvulas para regular la velocidad de desplazamiento del vástago. Suelen ir acompañadas de válvulas distribuidoras, reguladoras y de presión en su montaje en la instalación hidráulica

Tiene 2 cámaras, una a cada lado del émbolo. En el émbolo es donde va sujeto el vástago o pistón y es el que hace que se desplace el vástago de un lado a otro según le llegue el fluido por una cámara u otra. (sitioniche.nichese, s.f.)

#### 2.6.6 Motores hidráulicos

Los motores hidráulicos trabajan tomando la presión de los fluidos, para convertirlo en torque mecánico. Estos motores por lo general generan bastante torque, pero para que su eficiencia se mantenga, se deberá realizar mantenimiento con mayor frecuencia.

#### 2.6.7 Sellos mecánicos

Los sellos mecánicos son dispositivos que permite unir sistemas o mecanismo, evitando la fuga de los fluidos, conteniendo la presión, o no permitiendo el ingreso de contaminantes.

#### 2.6.8 Aceite hidráulico

El aceite hidráulico cumple muchas funciones dentro del delicado funcionamiento de un sistema hidráulico, de transmisión o de mandos finales bien diseñado y balanceado. Sus diversas características le permiten funcionar como un medio para transferir el calor, una forma de transmitir la potencia y hasta contribuir con la lubricación del sistema y las piezas móviles previniendo su desgaste. (ipesa, 2020)

Los aceites hidráulicos pueden ser de distinta composición. Esto se deberá al tipo de máquina y aplicación que se le dará.

##### 2.6.8.1 Aceites sintéticos

Vienen a ser una cadena de moléculas creada por el hombre, la cual ha sido diseñada a partir de procesos químicos en laboratorios especialmente para proveer una excelente estabilidad de fluidez, lubricación y otras características que mejoran el desempeño. Estos son una gran elección cuando se trabaja con temperaturas altas o bajas y se requiere una presión alta.

##### 2.6.8.2 Fluidos de petróleo

Es un aceite fabricado en base a ciertos niveles de crudo destilado y refinado. Esto es para poder conseguir un lubricante de mejor calidad

### 2.6.8.3 Aceites a base de agua

Se utilizan mayormente en contextos en los que existe una alta probabilidad de incidentes con fuego. Si bien te ofrecen una gran protección contra el fuego, sus capacidades anti desgaste pueden no ser las mejores. (ipesa, 2020)

## 2.7 Problemas de contaminación a los fluidos hidráulicos

La contaminación de partículas y agua puede afectar a las propiedades físicas y químicas del fluido hidráulico. La alteración de estas propiedades - que son críticas para la longevidad de su equipo hidráulico - hará que su equipo funcione de manera ineficiente, perjudicando el rendimiento y aumentando el riesgo de averías. (Spectroline, 2017)

Los fluidos hidráulicos tienen propiedades especialmente elaboradas para su uso previsto. Están hechos a partir de una base - que se mejora con la introducción de aditivos. Los aditivos ayudan a regular la temperatura, reducen las partículas que no pueden ser capturadas por el filtro y están compuestos por soluciones anti desgaste. Para lograr esta tarea, los aditivos contienen dispersantes y detergentes; antioxidantes; agentes anticorrosivos, antiespumantes y de presión extrema; y elementos químicos que ayudan a retener la viscosidad. Cualquier contaminante que entre en el sistema - incluyendo el agua o el aire- supone un riesgo muy serio para el funcionamiento del equipo. (Spectroline, 2017)

### 2.7.1 Efecto dañino de partículas externas

El agua es un tipo de lubricante carente de propiedades químicas, es por esto que, al estar en contacto con los líquidos hidráulicos, resulta perjudicial. Debido a que esta mezcla, permite que el fluido hidráulico, pierda su viscosidad, por lo que tendrá como resultado, un trabajo deficiente. Por otro lado, los cambios de viscosidad de los fluidos, conlleva a una cadena de fallos, debido que los equipos y componentes asociados a ellos, no trabajaran de la misma manera, además que existen más fricción entre las partes móviles y por ende un aumento de temperatura al momento de ejercer un trabajo. El aumento de las temperaturas, puede probar una deformación los componentes asociados, o simplemente tener un bajo rendimiento al momento de realizar sus funciones principales.

Las partículas sólidas que se adhieren a los lubricantes, ya sea polvo, lodo, metales, entre otros. Provoca una carga en la bomba, además que con estas partículas se pueden

obstruir algunos canales vitales dentro del equipo. Además, existe una alta probabilidad que los filtros hidráulicos tengan una vida útil más baja.

Gracias a las partículas externas, es más probable que existan cavitaciones dentro del equipo.



*Figura 2-1 - Fosas de cavitación de extrema presión, debido a la acumulación de insolubles dentro del sistema*

Fuente: <https://spectroline.com/es/creating-a-preventative-maintenance-plan-for-hydraulic-systems/>

**3 CAPÍTULO 3: CONOCIENDO LA MÁQUINA**

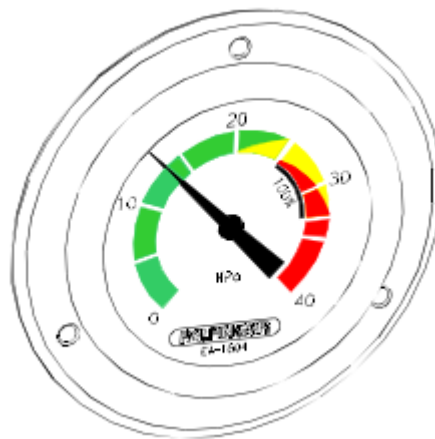
### 3.1 Funcionamiento

La energía para el funcionamiento de las grúas, proviene de una bomba hidráulica movida por la toma de fuerza que trae el vehículo. Esta energía es transmitida a través de un filtro de alta presión hasta las válvulas distribuidores de la máquina. La línea de retorno llega hasta el depósito hidráulico. Las grúas que cuentan con grandes ciclos de trabajos o están sometidas a temperaturas cálidas, deben ser instaladas con radiadores, para poder enfriar el aceite y así evitar daños de algunos componentes, además de evitar que la máquina comience a trabajar de una forma inadecuada.

La bomba hidráulica se desconecta y conecta, a través de la toma de fuerza del camión. La toma eléctrica del camión se activa y desactiva de la misma manera.

Los cilindros de las grúas, están diseñadas con válvulas de retenciones, esto es para poder evitar cualquier tipo de accidentes, ya que no permite que los cilindros cambien su posición.

Durante el funcionamiento de la grúa es importante respetar el número de revoluciones, ya que, si existe una sobre carga, el aceite comienza a calentarse, provocando que la máquina pueda tener algún tipo de anomalía.



*Figura 3-1 - Indicador del momento de carga*

Fuente: [Http://www.cibrugg.cl/images/CARPETAEQUIPOS/CP/CP-11\\_GRLD53/Manual\\_de\\_operacion\\_gruas\\_palfinger.pdf](http://www.cibrugg.cl/images/CARPETAEQUIPOS/CP/CP-11_GRLD53/Manual_de_operacion_gruas_palfinger.pdf)

### 3.2 Componentes de la máquina

### 3.2.1 Sistema de distribución hidráulico

Este sistema, es el encargado de distribuir el fluido hidráulico a través de palancas, este fluido se dirige hacia los diferentes componentes que trae la grúa, ya sea las prolongas, estabilizadores, cremallera, entre otros.



*Figura 3-2- Sistema de distribución manual*

Fuente: Especificaciones técnicas de grúa Palfinger PK23500

### 3.2.2 Vehículo

Es el encargado de trasladar la grúa hacia diferentes puntos de operación, estos vehículos pueden ser de diferentes marcas, pero deben cumplir con los requisitos que se solicitan según el fabricante.

Los fabricantes de grúas fabrican también el bastidor, en forma de caja, con el peso óptimo, a prueba de torsión. El motor suministra la potencia necesaria tanto para poder desplazar sin problema la máquina y realizar todas las maniobras asociadas.

### 3.2.3 Transmisión, ejes y reductores

Son los elementos generalmente de simetría axial encargados de soportar las piezas giratorias.

### 3.2.4 Bastidor o chasis

Es el armazón metálico de los vehículos, que es el encargado de recibir los componentes principales, ya sea motor, carrocería, ejes y entre otros componentes



Figura 3-3 - Chasis de un camión

Fuente: <https://www.gruasyaparejos.com/grua-telescopica/partes-de-una-grua-telescopica/>

### 3.2.5 Estabilizadores

Son elementos de apoyo, que permite mantener la máquina de manera paralela al suelo, para poder evitar accidentes y sobre esfuerzo de la grúa. Permiten, además, aumentar la superficie del polígono de sustentación y mejorar el reparto de cargas sobre el terreno.



Figura 3-4 - Estabilizadores gatos

Fuente: <https://www.simma.cl/producto/estabilizadores-adicionales/>

### 3.2.6 Motor

Es el sistema mecánico que permite dotar al conjunto chasis y la estructura del movimiento de traslación suficiente para desplazarse.

### 3.2.7 Ejes

Un eje es una varilla o eje que conecta un par de ruedas para impulsarlas y mantener la posición de las ruedas entre sí. En un automóvil, el motor aplica la fuerza al eje que hace girar las ruedas y mueve el vehículo hacia adelante. En otras palabras, los ejes transmiten la potencia motriz del motor a las ruedas. A medida que el eje gira, las ruedas giran, lo que ayuda a conducir su automóvil. (kia, 2017)

Son importantes en el cuerpo del vehículo, ya que, además de transferir la potencia del motor a las ruedas, los ejes soportan el peso de su automóvil, así como los pasajeros y la carga. También absorben los golpes provenientes de las calles accidentadas. Por lo tanto, los ejes suelen estar hechos de materiales robustos que pueden resistir mejor la abrasión, la fractura, la deformación y la compresión. Se ha descubierto que la fuerza y rigidez de los ejes es uno de los factores más cruciales para que un automóvil logre y mantenga un alto rendimiento también. (kia, 2017)

### 3.2.8 Suspensión

El sistema de suspensión es una parte vital en un vehículo, esencial para el correcto comportamiento dinámico del mismo. La suspensión sustenta la carrocería sobre las ruedas, uniéndolas con el chasis y controlando los movimientos e inercias. El trabajo de la suspensión absorbe al máximo las irregularidades del camino, para así seguir con la máxima fidelidad las indicaciones del conductor sobre el volante. Además, logra un mejor confort de marcha y comportamiento, para que el vehículo responda siempre de una manera eficaz y segura. (economiaynegocios, 2018)

### 3.2.9 Dirección

Es un conjunto de mecanismo que permite a la grúa ser guiada durante su traslado hacia diferentes puntos.

### 3.2.10 Características de las direcciones

#### 3.2.10.1 Seguridad

Debe contar con los componentes adecuados, realizar sus chequeos según los estipule el fabricante, esto nos garantiza fiabilidad del mecanismo.

#### 3.2.10.2 Precisión

Para que la dirección cumpla con su función principal, que es mantener estable el vehículo, debemos tener en cuenta otros factores que rodean a este conjunto, como por ejemplo, tener los neumáticos con la misma cantidad de aire, esto es para que no se incline el vehículo en una dirección, ya que si sucede esto la dirección se forzara más de lo habitual, otro punto es que los amortiguadores se encuentre en buen estado, ya que si se encuentran vencidos, la dirección se esforzara más y su precisión no será la adecuada.

#### 3.2.10.3 Suavidad

Se debe engrasar adecuadamente la dirección, ya que un elemento con escasas de lubricación, suelen esforzarse más al momento de realizar los trabajos, provocando un desgaste precoz de los elementos. En la dirección, si no se lubrica adecuadamente y en las fechas estipuladas por el fabricante, este elemento se volverá más rígido, provocando un mayor esfuerzo en el conductor al momento de girar el volante.



*Figura 3-5 - Sistema de dirección*

### 3.2.11 Frenos

El sistema de freno es el que permite reducir la velocidad o detener por completo el auto cuando está en marcha.

### 3.2.12 Sistemas de tomas de fuerza

La toma de fuerza (TDF) es una caja de cambios mecánica que se acopla a la abertura provista en la transmisión del camión y se utiliza para transferir la potencia del motor del vehículo a componentes auxiliares, generalmente, una bomba hidráulica. El flujo hidráulico generado por la bomba es dirigido a los cilindros o a los motores hidráulicos para realizar tareas. En algunas aplicaciones de toma de fuerza, tales como generadores, compresores de aire, sopladores neumáticos, bombas de vacío y bombas de transferencia de líquidos, la TDF suministra potencia directamente al componente accionado, en forma de un eje rotatorio.

(munciepower, s.f.)



*Figura 3-6 - Sistemas de tomas de fuerza*

Fuente: <https://www.munciepower.com/cms/files/Products/Literature/Documents/Training/TR-G94-01S.pdf>

### 3.3 Reconocimiento de la máquina

La grúa Palfinger PK 23500 es una máquina que está enfocada en elevar y transportar cargas en espacio determinados. El funcionamiento de este tipo de grúa, es que los objetos se pueden desplazar de un lado a otro, sin contar con ayuda extra. Una de las ventajas que tiene este modelo de grúa en particular, es que son grúas que cuentan con un vehículo de transporte, logrando así una mayor accesibilidad a zonas de trabajos.

Estas son las recomendaciones de seguridad que se deberán tener en cuenta al momento de utilizar la grúa.

Al momento de realizar la acción de trabajo en la grúa, la zona que se va a ejercer dicha acción, deberá ser delimitada, para no causar ningún daño material y humano.

Principalmente, se deberá bloquear la dirección del vehículo transportador de la grúa, para impedir su movimiento durante la ejecución de los trabajos, luego se procede a desplazar los estabilizadores de la grúa, llamados extensiones de gatos, estos son primordiales para evitar el desplazamiento del vehículo y de la carga. Luego se manipula el brazo articulado y la dirección de la grúa.

Para este tipo de grúa, los estabilizadores se activan de manera separada. Los estabilizadores deben quedar siempre paralelamente al suelo, además de genera una estabilidad en el vehículo, la inclinación del vehículo no deberá ser superior a 5°, esto se verifica con los niveles de burbuja que posee la máquina.

#### 3.3.1 Placa de identificación (CE)

Es una placa que todo equipo debe tener, sea particular o empresa, debido que ahí se recopila información específica, el fabricante/importador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales. (mercado-CE, 2017).

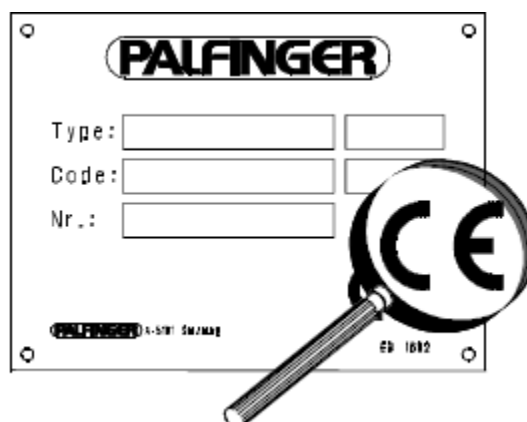
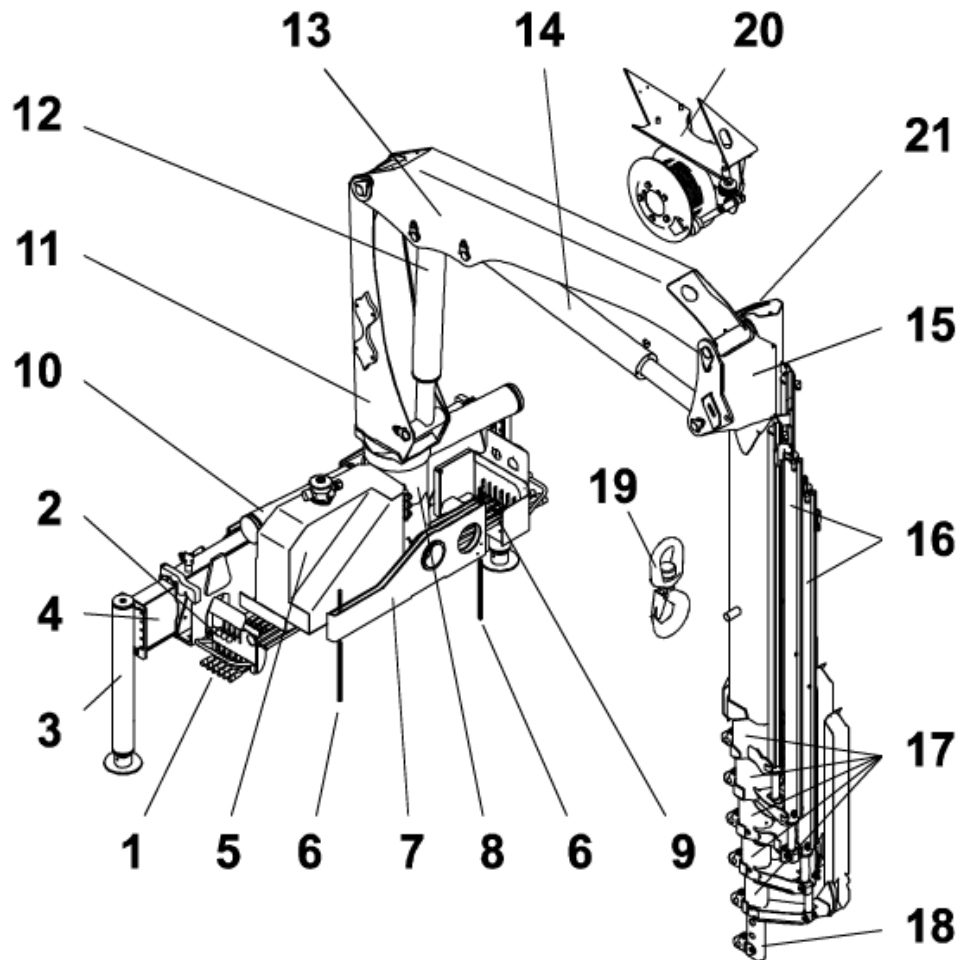


Figura 3-7 - Placa CE de grúas Palfinger

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

3.3.2 Componentes de la grúa (diseño)

1	Palancas de mando (Grúa)	11	Columna
2	Palancas de mando (Abstützung)	12	Cilindro de elevación
3	Cilindros de apoyo	13	Brazo principal
4	Extensiones de gatos	14	Cilindro de articulación
5	Depósito de aceite hidráulico	15	Brazo articulado
6	Abarcones	16	Cilindros de prolonga
7	Balancín	17	Prolongas hidráulicas
8	Base	18	Prolongas manuales
9	Distribuidor	19	Gancho
10	Cilindros de giro (giro limitado)	20	Cabrestante
		21	Gancho que se encuentra

Figura 3-8 - Elementos que componen el sistema de la máquina

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

Para poder comprender de manera más simplificado el modo de funcionamiento de la grúa Palfinger PK 23500, podemos dividirlo en tres componentes, que son:

- Dirección: Operación que permite girar completamente la grúa. Al momento de ejecutar dicha acción, se bloquea el brazo
- Estabilizadores: Son indispensables para lograr el equilibrio de la máquina y de la carga.
- Brazo: Trabaja cuando está bloqueado el sistema de dirección y las estabilizadoras estén activados, desde este punto se puede activar el brazo articulado.

### 3.3.3 Ficha técnica de grúa Palfinger PK 23500

Momento de elevación máximo	226 kNm
Capacidad máxima	10000 kg
Alcance máximo manual horizontal	18.5 m
Alcance hidráulico horizontal	16.7 m
Alcance máximo manual vertical	22 m
Alcance hidráulico vertical	19.9 m
Peso propio (std.)	2346 kg
Espacio para montaje (std.)	0.88 m
Apertura de zapatas	6.6 m
Ángulo de giro	400°
Torque de giro	2.8 tm
Presión de trabajo	300 bar
Caudal recomendado de la bomba	50 - 75 l/min
PBT mínimo para la instalación	15.0 t

Tabla 3-1 - Ficha técnica grúa PALFINGER PK 23500

Fuente: [https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance\\_p\\_1569](https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance_p_1569)

### 3.3.4 Alcances máximos con sus respectivos momentos

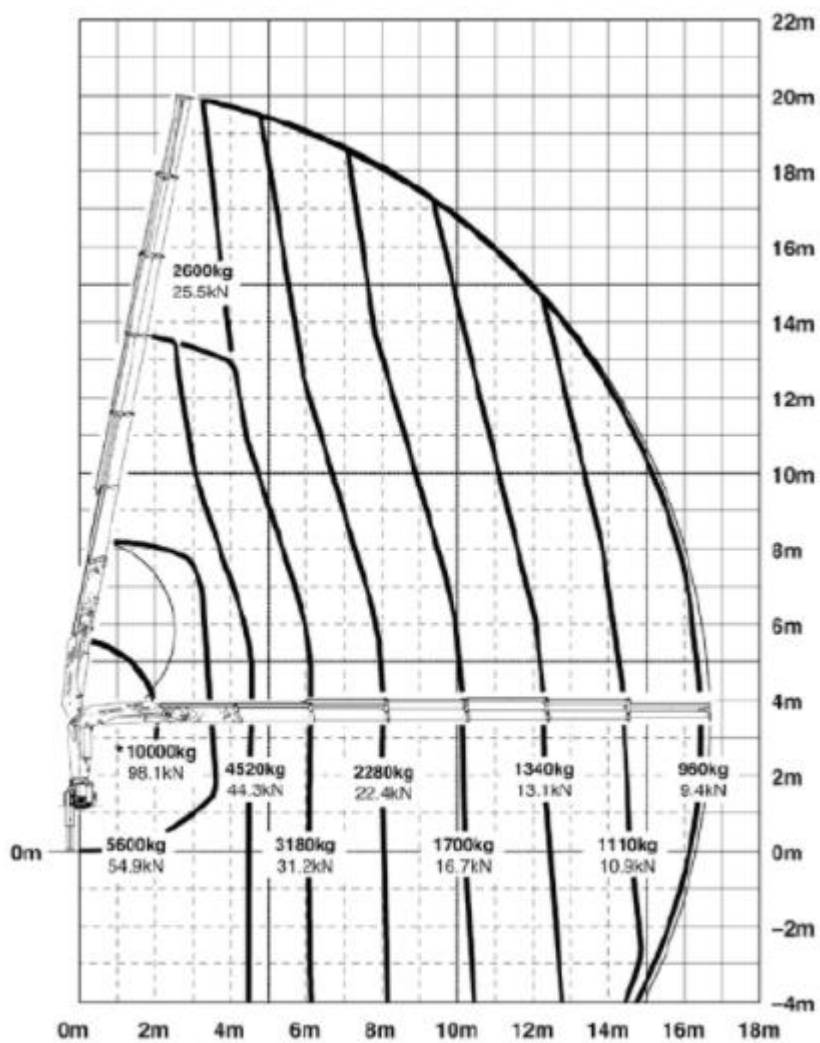


Figura 3-9 - Capacidad máxima y mínima de la grúa según las distancias del brazo articulado

Fuente: [https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance\\_p\\_1569](https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance_p_1569)

### 3.3.5 Dimensiones

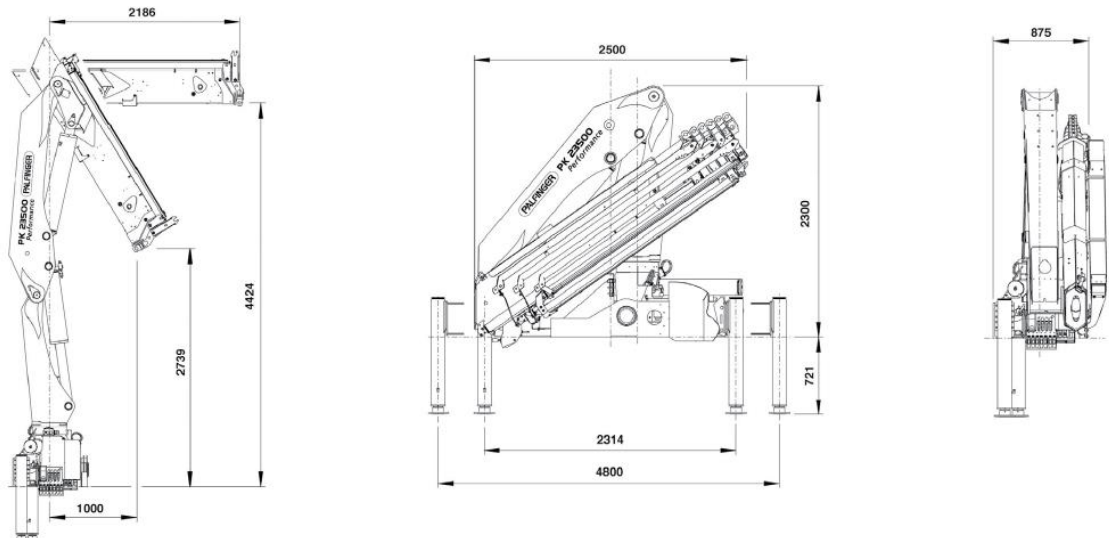


Figura 3-10 - Vistas con cotas de la grúa Palfinger PK 23500

Fuente: [https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance\\_p\\_1569](https://www.palfinger.com/es-cl/productos/gruas-articuladas/modelos/pk-23500-performance_p_1569)

Gracias a los datos anteriormente señalados, se puede dar a conocer las características que poseen estos tipos de grúas, y ver el campo visual de su utilización. Además, podemos apreciar los momentos máximos y mínimos, lo que facilita la elección de la grúa para trabajos específicos.

## 3.4 Medidas de precaución para evitar accidentes

Primero que todo debemos tener en cuenta que antes de cualquier intervención a la máquina, deberá ser realizada por un experto en el área para evitar accidentes.

### 3.4.1 Medidas de precaución antes del mantenimiento.

- Precaución con derrames de aceite hidráulico en la zona de trabajo.

- Realizar inspección visual.
- Mantener un control de los dispositivos de seguridad.

#### 3.4.2 Puesta en marcha

- Verificar que el aceite de la máquina sea el adecuado para trabajar con temperaturas bajo cero.
- La inclinación de la grúa nunca deberá ser superior a 3° en cualquier dirección.
- Sacar las extensiones totalmente.
- Mantener las distancias de seguridad al sacar las extensiones y los gatos.
- En caso de suelo irregular, aumentar la superficie de apoyo.
- El vehículo no debe ser alzado al apoyar los gatos.
- Bloquear las extensiones manuales convenientemente.
- Atender a la topografía del lugar: evitar el hundimiento de los gatos.
- Ajustar los gatos al cargar y descargar.
- Antes de desplegar la grúa, las extensiones mecánicas deben haber sido aseguradas.
- 

#### 3.4.3 Al momento de trabajar con la grúa

- Verificar que el trabajo haya sido autorizado para su posterior ejecución de la máquina.
- Mantener el campo de visión total para la zona de trabajo.
- Alejarse de la línea de fuego.
- Delimitar zona de trabajo.
- Realizar un manejo adecuado de la carga.
- Fijación adecuada de ganchos en las cargas.
- Realizar levantamiento de la carga con los pesos permitidos.
- Evitar subida de carga al momento de ascender o descender.

#### 3.4.4 Al finalizar los trabajos

- Plegar la grúa.
- Mantener las distancias de seguridad al recoger extensiones y gatos.
- Bloquear las extensiones manuales en su posición de transporte.
- Controlar el seguro de las extensiones antes de cada desplazamiento.
- Desconectar la bomba hidráulica.
- Observar las alturas máximas en puentes, etc.

### 3.5 Fallas comunes

#### 3.5.1 Cambio de aceite hidráulico

Los cambios de aceites en los sistemas hidráulicos juegan un rol fundamental, debido a que, al no tener un aceite en óptimas condiciones, puede provocar fallas en el sistema.

El mantenimiento anual del aceite, nos garantiza un mayor tiempo de vida útil de máquina. Además, al tener una máquina en óptimas condiciones, significa un ahorro económico.

En las grúas PALFINGER, solamente se debe utilizar aceites hidráulicos ISO. Cualquier otro tipo de fluido en los sistemas hidráulicos, impediría el buen funcionamiento de la máquina.

Las ventajas de estos tipos de lubricantes son:

- Elevada resistencia térmica y mecánica.
- Buenas características de envejecimiento.
- Buena protección anticorrosiva.
- Punto de congelación bajo.
- Lubricación suficiente en condiciones extremas.
- Alta capacidad de expulsión de aire.
- Poco proclive a la formación de espuma.
- Comportamiento neutro sobre juntas, tubos y latiguillos.

La temperatura ideal de trabajo en los aceites hidráulicos de la grúa Palfinger, varía entre 30°- 60°C.

Si se presenta un aumento constante de la temperatura de los aceites hidráulicos, se deberá instalar un sistema de refrigeración (los cambios son con el personal especializado).

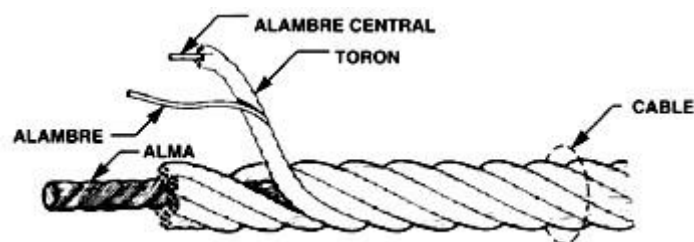
### 3.5.2 Daño o degradación del cable metálico

La corrosión, la abrasión, el desgaste o el deshilachado de los hilos del alambre, son problemas que afectan al cable metálico. Algunas señales que alertan que el cable debe ser cambiado son:

- Reducción del diámetro por debajo del nominal.
- Cables externos rotos o desgastados.
- Cables corroídos o rotos.
- Torceduras severas, aplastamiento, corte o desprendimiento.

(gruaszube, 2019)

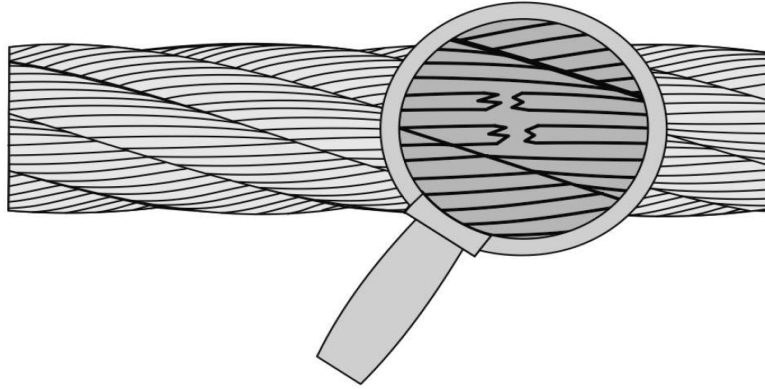
#### 3.5.2.1 Partes de un cable de acero.



*Figura 3-11- Representación de la composición por partes de un cable de acero*

Fuente: <https://grupogorilaperu.com/index.php/hikashop-menu-for-module-112/product/92-cable-de-acero>

Los cables que tengan los alambres rotos, deberán ser cambiados de inmediato para evitar futuros accidentes.



*Figura 3-12- Inspección visual del estado de los cables*

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/inspecciones-de-cable-acero-y-eslingas-en-equipos-luis-jose-hernandez?Articleid=6509564316193214471>

### 3.5.3 Desgastes de las ruedas del camión

Esto ocurre a la desalienación de las ruedas, debido a que los ejes están disperejos. Lo que provoca que una rueda se desgaste más que la otra, permitiendo un trabajo disperejo de estas.

### 3.5.4 Gancho de elevación

Los ganchos están diseñados para levantar un peso determinado y, en caso de que se supere, se puede comprometer la integridad interna y doblarse, estirarse o agrietarse. Se debe realizar una inspección regular de los ganchos al comienzo de cada turno para verificar si hay deformaciones o daños. Estos problemas operativos son comunes, aunque, como pueden ver, se pueden evitar con facilidad para no comprometer la seguridad de los espacios. (gruazube, 2019)

### 3.5.5 Sobre carga

Las fallas comunes de las sobrecargas, es que los operarios muchas veces no verifican si el peso de la carga que se va a tener en suspensión, cumple con los requisitos de la

máquina, ya sea un peso mayor al establecido. Al no cumplir con estos requisitos, puedo provocar que el vehículo de vuelque.

Para que esto no suceda, el operario debe estar capacitado para poder operar estas grúas.

Los fabricantes en las etapas de diseños, se basan en estos cálculos para poder diseñar las grúas.

Los vuelcos ocurren principalmente debido a un error de cálculo matemático. Por lo tanto, es importante establecer el peso y tamaño correctos de los contrapesos, antes del proceso de fabricación durante la fase de diseño.

La siguiente formula garantiza un contrapeso confiable y disminuye las probabilidades de accidentes.

$$P = V \times \mu \times g$$

Donde P es el peso del contrapeso requerido; V – su volumen;  $\mu$  – es la densidad del material del que está hecho el contrapeso y g – la constante gravitacional (9.81).

(gruasyequiposgarcia, 2020)

### 3.5.6 Posición inadecuada de los gatos

Generalmente, en las zonas que están dispuesta estas máquinas, son zonas con suelos irregulares, lo que provoca un desnivel de la máquina. Siempre se recomienda que los trabajos se realicen cuando la máquina se encuentre nivelada y paralela del eje del suelo.

Palfinger, cuenta con diferentes platos de apoyo, esto es para que se adapte de mejor manera a las superficies irregulares. Esto se logra ampliando la superficie de apoyo, para poder distribuir de mejor manera las cargas.

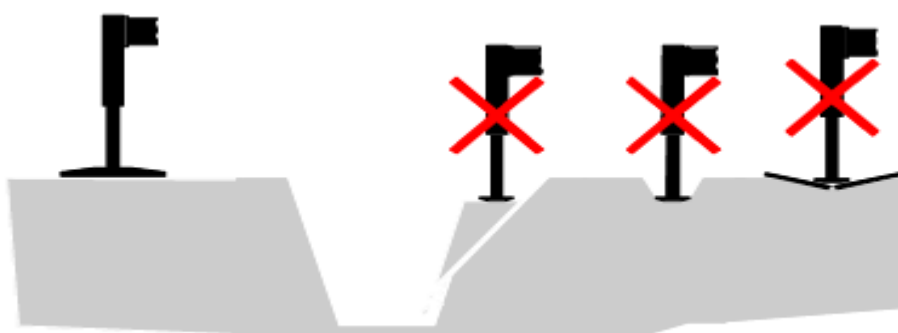


Figura 3-13 - Posiciones adecuadas e inadecuadas del posicionamiento de los platos de apoyo

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

La superficie de apoyo para los diferentes tipos de suelos, se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Superficie A (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Fuerza de apoyo F (N)}}{\text{Resistencia del suelo (N/cm}^2\text{)}}$$

Los valores para la fuerza de apoyo se encuentran en los Datos técnicos de la grúa.

Los valores de la resistencia del suelo, se presentan a continuación:

Presión sobre el suelo permitida (Resistencia del suelo) según DIN 1054		
<b>A</b>	<b>Suelo relleno no compactado</b>	0-10 N/cm <sup>2</sup>
<b>C</b>	<b>Asfalto</b>	20 N/cm <sup>2</sup>
<b>B</b>	<b>Suelo natural (en principio no modificado)</b>	
	1. Barro, turba, ciénaga, lodo	0 N/cm <sup>2</sup>
	2. <b>Suelos no cohesionados suficientemente compactos:</b>	
	Arena fina a semigruesa	15 N/cm <sup>2</sup>
	Arena gruesa	20 N/cm <sup>2</sup>
	Gravilla compactada	25 N/cm <sup>2</sup>
	3. <b>Suelos cohesionados:</b>	
	Cenagoso	0 N/cm <sup>2</sup>
	Blando	4 N/cm <sup>2</sup>
	Consistente	10 N/cm <sup>2</sup>
	Semi-compacto	20 N/cm <sup>2</sup>
	Compacto	30 N/cm <sup>2</sup>
	4. <b>Roca:</b>	
	Roca viva	100 N/cm <sup>2</sup>

Tabla 3-2 - Valores de diferentes resistencias de suelos

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

### 3.5.7 Flexibles hidráulicos

Los flexibles hidráulicos es la vía de transporte del líquido hidráulico, hacia los diferentes componentes del sistema. Las fallas comunes que presentan son.

**Erosión:** Esto sucede cuando las velocidades del fluido, no son adecuadas con la capacidad admisible del flexible. Además, debemos asegurar que el estado del flexible debe ser optimo, es decir, evitar que los flexibles de encuentren doblados.

**Compatibilidad del fluido:** Verificar que el fluido sea compatible con el tipo de material del flexible

**Abrasión:** Suele suceder por un desgaste excesivo de los flexibles, enfocado en las cubiertas exteriores, debido a que muchas veces estos elementos están sometidos a roces, ya sea entre ellas mismas, o elementos externos.

**Profundidad de inserción incorrecta:** Unas de las fallas comunes es la instalación de las mangueras hidráulicas, debido a que los empalmes no se insertan a la profundidad adecuada, lo que compromete la conexión, además de exponer al operario a una operación peligrosa que podría provocar un accidente.

#### 3.5.8 Rayado de los cilindros

Este problema es común de ver, ya que los cilindros hidráulicos están expuesto al exterior. Muchas veces las rayaduras provienen de los golpes con elementos externos y partículas en suspensión que se adhiere a la grasa.

#### 3.5.9 Sellos mecánicos

Los sellos mecánicos cumplen la función de evitar filtraciones de aceites evitar y evitar el ingreso de partículas extrañas al sistema. Generalmente las fallas más comunes son: instalaciones inadecuadas, contaminaciones, exceso de temperatura, alta presión o velocidad y erosión química.

#### 3.5.10 Filtro

Los filtros hidráulicos, muchas veces no cumplen su función con normalidad, debido a que contiene muchas partículas sólidas en él, permitiendo que no filtre adecuadamente. Debido a esto se recomienda su inspección con regularidad.

Otra falla común, es una mala instalación del filtro.

### 3.6 Cuidados de elementos externos de la grúa

#### 3.6.1 Cable acerado

Toda manipulación que se realice en los cables acerados, deberá ser con los EPP necesarios, debido a que, para la realización de su limpieza se necesitan cepillos de acero para poder retirar depósitos endurecidos de grasa que evitan la penetración de los lubricantes.

Para la limpieza del cable no se debe usar solventes, ya que puede eliminar los componentes textiles o sintéticos que compone el cable. Cada cierto periodo de uso de los cables, se deberá realizar una inspección, para poder observar el diámetro de este mismo. Se debe aplicar grasa utilizando el producto recomendado por el fabricante. El periodo de lubricación se debe realizar según las condiciones específicas de uso: humedad, ambiente metalúrgico o químico, condiciones climáticas severas, entre otros.

Todo cable que se encuentre con un diámetro menor, con alambres rotos, corroídos desformados, torcidos, entre otros. Deberá ser cambiado de inmediato para poder evitar futuros accidentes.

#### 3.6.2 Prolongas hidráulicas

Toda manipulación que se realice con las prolongas hidráulicas, se deberá realizar con los EPP necesarios, debido a que los trabajos realizados pueden provocar un accidente no deseado.

El cuidado de las prolongas hidráulicas, es de gran importancia, debido a que ellas nos proporcionan los movimientos de la máquina. Para poder realizar estos cuidados debemos tener en consideración el entorno de trabajo en el que estamos sometido. Ya que muchas veces a las grúas móviles les toca trabajar en zonas agresivas.

Los cuidados comunes que debemos de tener, es siempre mantener nuestro sistema hidráulico lubricado y engrasado. Para esto nos podemos guiar con el plan de mantenimiento. Otro cuidado, es visualizar el entorno donde estamos situados con la máquina, para poder evitar golpes con cualquier estructura aledaña, esto es para evitar rayaduras o deformaciones de los cilindros. Otro punto importante, es realizar los cambios de kit de sellos hidráulicos cuando lo especifique el fabricante, ya que así evitamos la pérdida de la eficiencia en la compresión, se evitan partículas externas en el sistemas y filtraciones de líquido hidráulico.

### 3.6.3 Ganchos de elevación

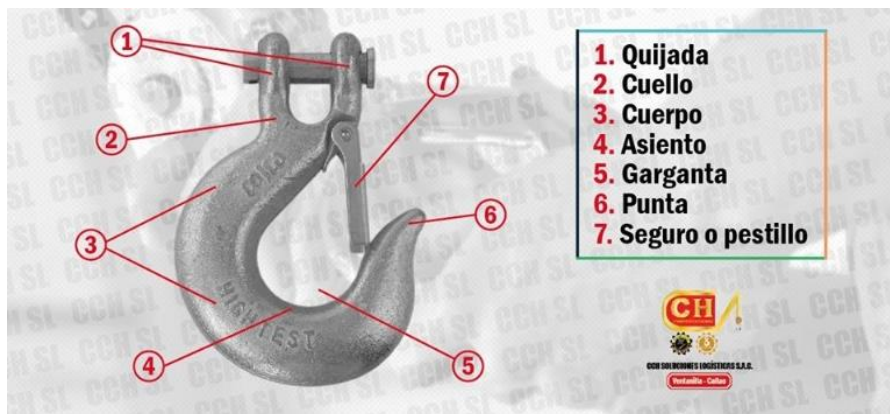
Toda manipulación que se realice con los ganchos de elevación, se deberá realizar con los EPP necesarios, debido a que los trabajos realizados pueden provocar un accidente no deseado.

El cuidado de los ganchos de elevación, es de suma importancia, debido a que estos son los que soportan las cargas en suspensión, y al no contar con los controles necesarios, podría ocasionar un accidente no deseado.

Los puntos a inspeccionar son:

- Visualizar si existen cortaduras y hendiduras.
- Torceduras que excedan los 10°.
- Pestillos de seguridad dañados o con mal funcionamiento.
- Apertura de la garganta mayor a 15°.
- Reparaciones no autorizadas.

Si en la inspección del gancho de elevación, se encuentra uno de estos puntos, lo más recomendado es realizar el cambio de este.



*Figura 3-14- Partes de un gancho de elevación industrial*

Fuente: <https://www.certificacionescchsl.com/cursos-de-operador-de-grua/>

### 3.7 Perdida de eficiencia de la grúa

La pérdida de la eficiencia de la grúa, es provocada por diferentes factores.

Principalmente es debido a las fallas comunes que ocurren en el sistema, ya sea por filtraciones, desgastes, falla en la bomba, entre otros.

El siguiente diagrama Causa – Efecto, representa esquemáticamente, los principales factores que impiden el buen desempeño de la grúa.

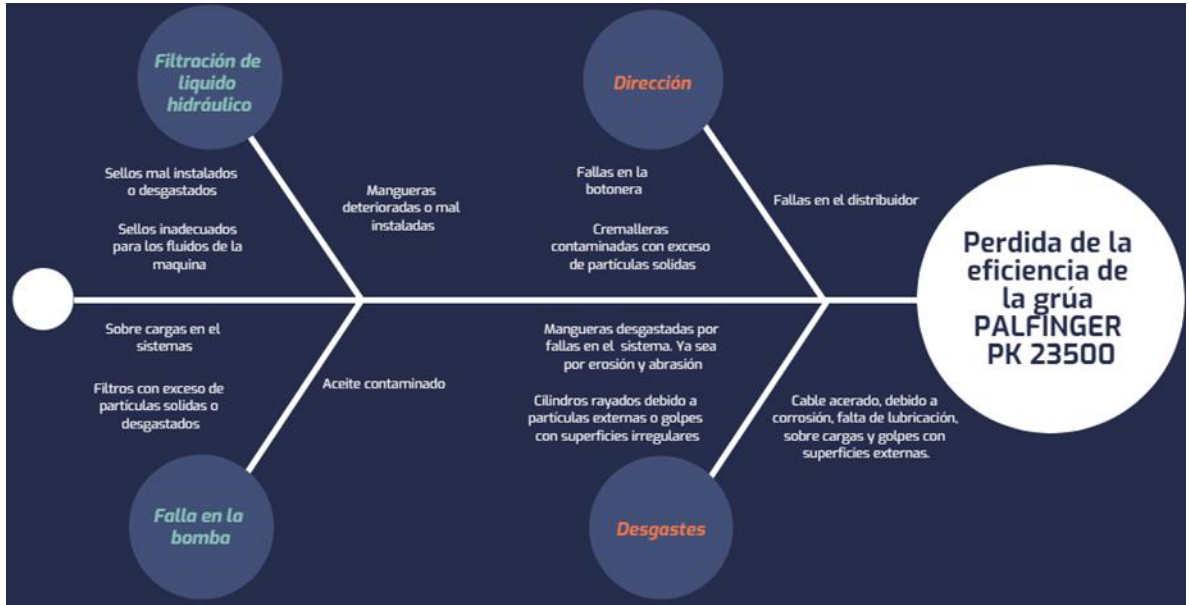



Figura 3-15- Diagrama Ishikawa de la perdida de eficiencia de la grúa Palfinger

Fuente: Elaboración propia

3.8 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para grúa Palfinger

<b>Realizado por:</b>							
<b>Revisado por:</b>							
<b>Fecha de emisión</b>							
<b>Tipo de máquina</b>							
<b>Área responsable</b>							
<b>S = SEVERIDAD - O = OCURRENCIA - D= DETECCIÓN</b>							
<b>Modo de falla potencial</b>	<b>Efecto (s) potencial (es) de la falla</b>	<b>S</b>	<b>Causa(s) potencial(es) de la falla</b>	<b>O</b>	<b>Control actual</b>	<b>D</b>	<b>NPR (SXOXD )</b>
<b>Rotura del cable acerado</b>	Se rompe el cable y la carga cae a la superficie	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cables externos rotos o desgastados.</li> <li>Cables corroídos.</li> </ul>	2	Inspección visual	6	84

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducción del diámetro del cable por debajo de la nomina</li> </ul>				
<b>Perdida de potencia en el sistema</b>	La grúa no tiene la fuerza necesaria para poder desempeñar sus trabajos con normalidad	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falla en la bomba.</li> <li>Contaminación de aceite hidráulico.</li> <li>Filtros con exceso de partículas sólidas.</li> </ul>	2	Ninguna	6	72
<b>Mangueras rotas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perdidas de la eficiencia en el sistema.</li> <li>Filtración de líquido hidráulico</li> </ul>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desgastes excesivos por golpes o roces.</li> <li>Flexibles doblados.</li> <li>Erosión por cambios de las velocidades del fluido dentro del sistema.</li> </ul>	4	Inspección visual	4	64
<b>Aumento de la temperatura en el sistema</b>	Perdida de la eficiencia en el sistema.	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selección inadecuada del lubricante.</li> <li>Sobre carga en el sistema.</li> </ul>	2	Ninguna	5	40
<b>Filtración de líquido hidráulico por los cilindros</b>	Perdida de líquido hidráulico. Derrame de aceite. Perdida de la eficiencia del sistema	7	Sellos mal instalados. Sellos en mal estado. Sellos inadecuados para el tipo de fluido de la máquina	6	Inspección visual	5	210

Tabla 3-3- Análisis de modo y efecto de la falla de grúa Palfinger

Fuente: Elaboración propia

**4 CAPÍTULO 4: PLAN DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO**

#### 4.1 Mantenimiento a grúa PALFINGER PK 23500

La confiabilidad, seguridad y durabilidad, de las grúas PALFINGER, depende principalmente de un buen mantenimiento. Es siempre recomendado realizar los mantenimientos en los plazos estipulados.

Antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento de la máquina, se deberá tener en cuenta que no exista ningún tipo de energía residual.

Debido a que estas máquinas funcionan con energía hidráulica, al interior siempre existe una presión residual. Es por esto que, al abrir cualquier dispositivo hidráulico de la grúa, existe el riesgo de accidentes, producto de la presión residual o de aceite hidráulico caliente.

Las recomendaciones para evitar este tipo de eventos, son:

- Desconectar completamente la grúa.
- Accionar de manera repetida todas las palancas de los mandos, para ver que válvulas quedan activas.

##### 4.1.1 Preparativos

Todo trabajo de ser siempre supervisado por personas expertas en el tema. Analizándolo por la seguridad laboral, antes de realizar cualquier tipo de tarea en nuestra zona de trabajo, debe ser supervisada por un prevencionista de riesgo.

Este se encarga de analizar las zonas de riesgos que existen el área de trabajo, además señala cuales son los trabajos con más grado de peligro, para poder abordar estas tareas de una forma más segura para evitar cualquier tipo de accidente.

Por otro lado, debemos verificar si se encuentra todos los insumos, herramientas y maquinarias disponibles para poder llevar a cabo los trabajos.

##### 4.1.2 Contador de horas

Las grúas PALFINGER cuentan con un contador de horas, que nos indica a través de una pantalla led, el tiempo de servicio de la grúa y su posterior periodo de mantenimiento.

El contador de horas, funciona con intervalos de 50 horas, luego que se hayan cumplido las 50 horas establecidas, en la pantalla se indicara que se deberá realizar los mantenimientos básicos establecidos (apriete de tuercas, engrase. Cambio de filtros etc.).

Al cumplir las 1000 horas de servicio de la grúa, se deberá realizar un mantenimiento general. En caso de pasar un año de servicio y no cumplir con el total de horas requeridas, de igual manera se deberá realizar un mantenimiento.

#### 4.2 Cálculos para selección de repuestos según catalogo PALFINGER.

Los cálculos realizados a continuación, son de carácter teórico. Por ende, los resultados entregados no garantizan su efectividad al 100% en la práctica.

##### 4.2.1 Caudal requerido

El caudal requerido según las especificaciones de la máquina es de 50 a 75 l/min.

Para realizar los cálculos, usaremos el caudal más bajo, que seria 50 l/min.

##### 4.2.2 Potencia requerida para la toma de fuerza

$$P. \text{ Requerida: } \frac{Q.REQUERIDO*PRESION}{600}$$

$$P. \text{ Requerida: } \frac{Q50 L/MIN*300}{600} = 25 \text{ BAR}$$

##### 4.2.3 Potencia de la refrigeración

$$P. \text{ Ref.: } \frac{P.requerida}{3}$$

$$P. \text{ Ref.: } \frac{25 \text{ BAR}}{3} = 8.333 \text{ KW}$$

#### 4.3 Catálogo de repuesto según lo especifica el fabricante a través de catálogo

<b>PLAN DE REPUESTOS</b>	
<b>Bomba caudal fijo 47 - 60 (l/min)</b>	EP 552/ EP 552P (U) HYDRO LEDUC
<b>Conexión de succión 1 ½"</b>	EA1731 HYDRO LEDUC
<b>Conexión de succión 2"</b>	EA2148 HYDRO LEDUC
<b>Válvula de derivación para toma de fuerza</b>	EV5183
<b>Depósito de aceite de aluminio 100 l</b>	KTK064-BA
<b>Enfriador 10,5 kW</b>	BKA57 HYDAC
<b>Filtro hidráulico de retorno</b>	EA1412
<b>Filtro hidráulico</b>	EA1392
<b>cable de acero D 10x65m</b>	EZ1436

*Tabla 4-1 - Catálogos de repuestos sugerido*

Fuente: Accesorios de montajes Palfinger 2017

#### 4.4 Plan de mantenimiento

La importancia que tiene los planes de mantenimiento en la empresa es alta, ya que nos garantiza la seguridad de los equipos e instalaciones, además de equipos más eficientes. Por otro lado, significa un ahorro económico y optimizaciones de tiempos, debido a que, son trabajos planificados, así se evitan detenciones inoportunas, que como consecuencia trae los “tiempos muertos”.

En la siguiente tabla, se representa gráficamente, cuáles son las actividades a seguir para realizar el mantenimiento, además se especifica la frecuencia de los trabajos, el encargado de ejecutarlas y el tipo de herramienta que se necesitan para llevar a cabo las actividades de una forma más eficiente.

Cada trabajo que se ejecute, deberá realizarse con la máquina completamente apagada, además se deberá revisar que no exista ninguna energía residual.


PLAN DE MANTENIMIENTO GRÚA PALFINGER PK -23500					
<b>TRABAJO:</b>					
<b>TAG:</b>					
<b>TIPO DE MÁQUINA:</b>					
<b>FABRICANTE:</b>					
<b>MODELO:</b>					
<b>FECHA:</b>					
<b>INICIO:</b>					
<b>FIN:</b>					
#	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	TAREA	HERRAMIENTAS	EJECUTOR
PLAN DE MANTENIMIENTO A GRÚA PALFINGER PK 23500 MANTENIMIENTO GENERAL A GRÚA	Trimestral	Apretar tornillos de fijación gatos	Apriete	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Mecánico
	Trimestral	Ajustar cilindros de giro	Apriete	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Mecánico
	Trimestral	Fijación de la base	Apriete	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Mecánico
	Trimestral	Latiguillos y tuberías: apretar racores	Apriete	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Mecánico
	Trimestral	Bulones del seguro de las extensiones	Engrase	Llave punta corona en mm o juego de dados-grasera-trapo	Mecánico
	Trimestral	Alojamiento de la columna / cremallera	Engrase	Llave punta corona en mm o juego de dados-grasera-trapo	Mecánico
	Trimestral	Alojamiento del brazo principal	Engrase	Llave punta corona en mm o juego de dados-grasera-trapo	Mecánico
	Trimestral	Palancas de mando, varillas	Lubricación	Grasera-trapo	Mecánico
	Trimestral	Nivel de aceite (sin sacar gatos y en posición de transporte)	Inspección visual	/	Mecánico
	Trimestral	Gancho de elevación	Lubricación	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
	Trimestral	Alojamiento de los cilindros de elevación y articulación	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
	Trimestral	Cabrestante	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
	Trimestral	Alojamiento del brazo articulado	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
	Trimestral	Cilindros de prolonga- guías metálicas de deslizamiento	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
	Trimestral	Brazo de prolongas(perfiles)/ prolongas mecánicas	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico
Trimestral	Cables	Engrase	Grasera-trapo-brocha	Mecánico	

Tabla 4-2 – Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento general a grúa

Fuente: Elaboración propia – manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

PLAN DE MANTENIMIENTO A GRÚA PALFINGER PK 23500	MANTENIMIENTO SISTEMA HIDRÁULICO	Trimestral	Verificar y corregir si existen fugas de aceites hidráulico	Ajustes- inspección visual	Llave punta corona en mm o juego de dados. Brochas-grasera-paños	Mecánico
		Trimestral	Verificar y corregir nivel del estanque hidráulico	Inspección visual- ajustes- lubricación.	Inspección visual-herramienta ocasión	Mecánico
		Trimestral	Cambio de filtros del sistema hidráulico	Inspección visual- cambio	Llave punta corona en mm o juego de dados. Grasera-paños	Mecánico
		Trimestral	Verificar y corregir cabrestante	Inspección visual - engrase	Engrasadora-trapo-brocha- herramienta ocasión	Mecánico
		Trimestral	Mantenimiento a sellos de los gatos hidráulicos	Inspección- cambio si aplica	Engrasadora-trapo-brocha- herramienta ocasión	Mecánico
		Anual	Verificar y corregir aceite hidráulico (cambio)	Inspección - lubricación	Inspección visual-herramienta ocasión	Mecánico

Tabla 4-3- Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema hidráulico

Fuente: Elaboración propia – manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

PLAN DE MANTENIMIENTO A GRÚA PALFINGER PK 23500	MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO	Trimestral	Inspeccionar luces en general	Inspección visual	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Electromecánico
		Semestral	Mantenimiento de indicadores de la cabina	Ajustes	Herramientas ocasión	Electromecánico
		Semestral	Mantenimiento de bocinas	Ajustes	Herramientas ocasión	Electromecánico

Tabla 4-4 - Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema eléctrico

Fuente: Elaboración propia – manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

PLAN DE MANTENIMIENTO A GRÚA PALFINGER PK 23500	MANTENIMIENTO SISTEMA MOTOR	Semestral	Verificar y corregir si existen fugas de aceites	Apriete	Llave punta corona en mm o juego de dados. Grasea-brocha-paños	Electromecánico
		Semestral	Verificar y corregir radiador	Ajuste-apriete de abrazadera-lubricación.	Llave punta corona en mm o juego de dados.	Electromecánico
		Semestral	Verificación de correas	Inspección visual-cambio o limpieza.	Llave punta corona en mm o juego de dados. Herramientas ocasión	Electromecánico
		Semestral	Verificar y corregir bujías	Inspección visual – limpieza o cambio	Llave punta corona en mm juego de dados. Herramientas ocasión	Electromecánico
		Anual	Inspección general	Apriete-engrase-ajustes-entre otros.	Herramientas ocasión	Electromecánico

Tabla 4-5 - Plan de mantenimiento preventivo – mantenimiento sistema motor

Fuente: Elaboración propia – manual de operación y mantenimiento de grúas Palfinger PK 23500

La siguiente tabla, representa las actividades de preparativos, que está diseñada para ejecutarse en cada mantenimiento de la máquina, ya sea anual, semestral o trimestral.

#	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	TAREA	HERRAMIENTAS	EJECUTOR
PREPARATIVOS	En cada intervención	Realizar charla de prevención para riesgos asociado a cada trabajo	/	/	Jefe de mantenimiento
	En cada intervención	Verificar que la zona de trabajo se encuentre en óptimas condiciones	Inspección visual	/	Jefe de mantenimiento
	En cada intervención	Herramientas, insumos y repuestos para realizar los mantenimientos	Inspección visual	/	Jefe de mantenimiento

Tabla 4-6 – Preparativos de cada intervención a la máquina

Fuente: Elaboración propia

4.5 Análisis de contaminantes asociado a plan de mantenimiento preventivo

#	FUENTE DE RIESGO	CONSECUENCIA	MEDIDA DE CONTROL
LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO	Cambios de filtros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos contaminantes: filtros y aceites derramado a superficies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cubrir superficie con trapos o cartón para evitar derrame en el suelo</li> </ul>
	Cambio de mangueras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derrame de aceite a superficies</li> <li>Residuos de mangueras rotas (si aplica)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicar algún contenedor para evitar derrame de aceite</li> <li>Cubrir superficie con trapos o cartón para evitar derrame en el suelo</li> </ul>
	Limpiar grasas en superficies	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de paños cubiertos de grasas</li> <li>Superficies contaminadas con grasas</li> <li>Partículas contaminantes en el sector de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depositar residuos en bolsas de plásticos marcadas como residuos contaminantes</li> </ul>
	Cambio de aceite	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de aceites</li> <li>Derrame en superficies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar paños o cartón para evitar derrame de aceite en superficies</li> <li>Almacenar el aceite viejo en tambores marcados como residuos contaminantes</li> </ul>
	Lubricación del cable acerado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Derrame de aceite en superficie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cubrir superficie con paños o cartón para evitar el derrame en las superficies</li> </ul>
	Elementos rotos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de elementos (varios)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenar piezas rotas en contenedores</li> </ul>

Tabla 4-7- Análisis de contaminantes asociados a plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Análisis del costo financiero

Una evaluación económica, permite visualizar de mejor manera si el plan de mantenimiento es conveniente ejecutarlo del punto de vista financiero. Se contempla en esta evaluación, los precios de la mano de obra por horas de cada trabajador involucrado en las actividades a desarrollar del plan de mantenimiento. Además, se analiza el plan de insumos. Estos dos análisis, ya sea la evaluación del plan de mantenimiento e insumos, se proyecta a través de un periodo anual.

##### 4.6.1 Costo personal involucrado

Se tendrá en cuenta el valor de mano de obra por hora, de los personales involucrados, ya sea del técnico de mantenimiento, jefe de mantenimiento y electromecánico.

<b>Empleado</b>	<b>Salario mensual</b>	<b>Jornada</b>	<b>Costo (H/H)</b>
<b>Técnico de mantenimiento</b>	\$ 1.135.557	\$ 56.784	\$ 7.098
<b>Jefe de mantenimiento</b>	\$ 1.600.000	\$ 80.000	\$ 10.000
<b>Operador de grúa</b>	\$ 750.000	\$ 37.496	\$ 4.687
<b>Electromecánico</b>	\$ 1.154.667	\$ 57.728	\$ 7.216

*Tabla 4-8- Análisis de costo del personal involucrado*

Fuente: Elaboración propia

##### 4.6.2 Costo de plan de mantenimiento

#	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	EJECUTOR	TIEMPO DE EJECUCIÓN (HORAS)	VALOR (H/H)	N° DE TRABAJOS ANUALES	TOTAL
---	------------	-----------	----------	-----------------------------	-------------	------------------------	-------

MANTENIMIENTO GENERAL A GRÚA	Trimestral	Apretar tornillos de fijación gatos	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Ajustar cilindros de giro	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Fijación de la base	Mecánico	0,5	\$ 7.098	4	\$ 14.196
	Trimestral	Latiguillos y tuberías: apretar racores	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Bulones del seguro de las extensiones	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Alojamiento de la columna / cremallera	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Alojamiento del brazo principal	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Palancas de mando, varillas	Mecánico	0,5	\$ 7.098	4	\$ 14.196
	Trimestral	Nivel de aceite (sin sacar gatos y en posición de transporte)	Mecánico	0,5	\$ 7.098	4	\$ 14.196
	Trimestral	Gancho de elevación	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Alojamiento de los cilindros de elevación y articulación	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Cabrestante	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Alojamiento del brazo articulado	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Cilindros de prolonga-guías metálicas de deslizamiento	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392

MANTENIMIENTO SISTEMA HIDRÁULICO	Trimestral	Brazo de prolongas(perfiles)/ prolongas mecánicas	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Cables	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Verificar y corregir si existen fugas de aceites hidráulico	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Verificar y corregir nivel del estanque hidráulico	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Cambio de filtros del sistema hidráulico	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Verificar y corregir cabrestante	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Trimestral	Mantenimiento a sellos de los gatos hidráulicos	Mecánico	1	\$ 7.098	4	\$ 28.392
	Anual	Verificar y corregir aceite hidráulico (cambio)	Mecánico	3	\$ 7.098	1	\$ 21.294
MANTENIMIENTO SISTEMA ELÉCTRICO	Trimestral	Inspeccionar luces en general	Electromecánico	0,5	\$ 7.216	4	\$ 14.432
	Semestral	Mantenimiento de indicadores de la cabina	Electromecánico	1	\$ 7.216	2	\$ 14.432
	Semestral	Mantenimiento de bocinas	Electromecánico	0,5	\$ 7.216	2	\$ 7.216
MANTENIMIENTO SISTEMA MOTOR	Semestral	Verificar y corregir si existen fugas de aceites	Electromecánico	1	\$ 7.216	2	\$ 14.432
	Semestral	Verificar y corregir radiador	Electromecánico	1	\$ 7.216	2	\$ 14.432

Semestral	Verificación de correas	Electromecánico	1	\$ 7.216	2	\$ 14.432
Semestral	Verificar y corregir bujías	Electromecánico	1	\$ 7.216	2	\$ 14.432
Anual	Inspección general	Electromecánico	3	\$ 7.216	1	\$ 21.648

Tabla 4-9 - Evaluación económica del plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.3 Costos de preparativos del plan de mantenimiento

#	FRECUENCIA	ACTIVIDAD	EJECUTOR	TIEMPO DE EJECUCIÓN (HORAS)	VALOR (H/H)	Nº DE TRABAJOS ANUALES	TOTAL
<b>PREPARATIVOS</b>	En cada intervención	Realizar charla de prevención para riesgos asociado a cada trabajo	Jefe de mantenimiento	0,5	\$ 10.000	7	\$ 35.000
	En cada intervención	Verificar que la zona de trabajo se encuentre en óptimas condiciones	Jefe de mantenimiento	0,5	\$ 10.000	7	\$ 35.000
	En cada intervención	Herramientas, insumos y repuestos para realizar los mantenimientos	Jefe de mantenimiento	0,5	\$ 10.000	7	\$ 35.000

tabla 4-10 – Evaluación económica de preparativos para cada intervención de la máquina

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4 Costo anual de mano de obra

Esta tabla representa el valor anual de cada mantenimiento por separado.

Esta sección de los tipos de mantenimiento, se lleva a cabo para poder comprender de mejor manera la evaluación económica.

TIPO DE SISTEMA	VALOR (\$)
Mantenimiento general a grúa	\$ 411.684
Mantenimiento sistema hidráulico	\$ 163.254
Mantenimiento sistema eléctrico	\$ 36.080
Mantenimiento sistema motor	\$ 79.376

Tabla 4-11 – Evaluación anual de cada mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

El siguiente gráfico, representa, la diferencia del valor en pesos chilenos, para cada intervención anual.

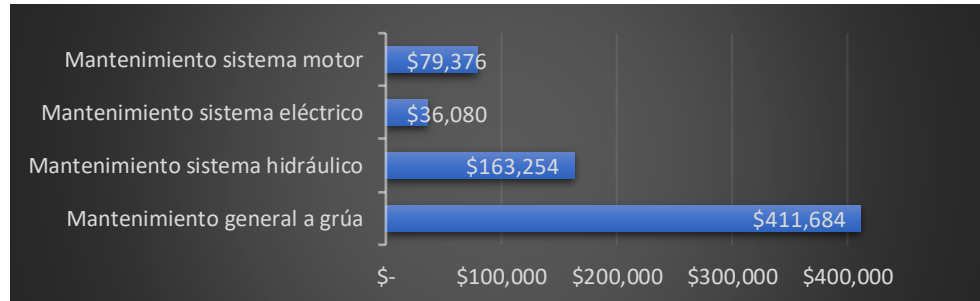


Gráfico 4-1 Costo anual de mano de obra

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.5 Costo de anual de mano de obra, según la frecuencia de intervención

Este tipo de costo, se enfoca en la frecuencia de intervenciones anuales que conlleva cada sistema de la grúa, ya sea enfocándonos en el sistema general, sistema hidráulico, sistema eléctrico y sistema motor. Para poder obtener estos valores, se tiene en cuenta,

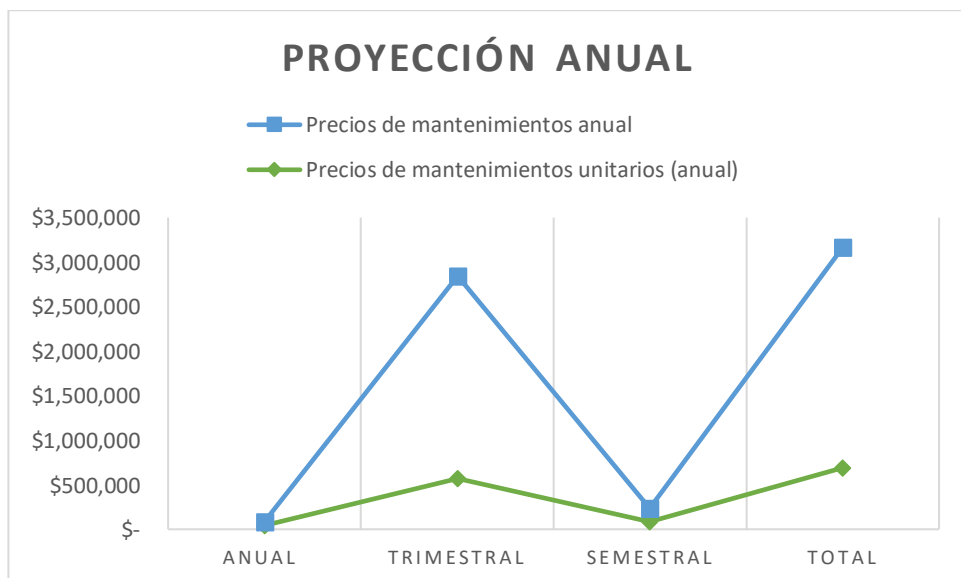
cuantas veces se interviene la máquina en el año, ya sea trimestralmente (4), semestralmente (2) y anualmente (1).

<b>FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO</b>	<b>PRECIOS DE MANTENIMIENTOS UNITARIOS (ANUAL)</b>	<b>PRECIOS DE MANTENIMIENTOS ANUAL</b>
<b>Anual</b>	\$ 42.942	\$ 42.942
<b>Trimestral</b>	\$ 568.076	\$ 2.272.304
<b>Semestral</b>	\$ 79.376	\$ 158.752
<b>Total</b>	\$ 690.394	\$ 2.473.998

*Tabla 4-12- Evaluación económica anual del costo de mano de obra*

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del siguiente gráfico, tiene como finalidad, demostrar la proyección anual de la evaluación económica según el número de intervenciones anuales.



*Gráfico 4-2 Evaluación de mano de obra según intervenciones anuales*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6 Costo anual de plan de insumos

La siguiente evaluación económica, se considera los insumos más usados en los mantenimientos, ya sea artículos de limpieza, grasas, aceites entre otros.

Podemos observar el precio unitario de cada producto, acompañado de la frecuencia de compra anual de cada artículo.

<b>TABLA DE INSUMOS</b>			
<b>Insumos</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Frecuencia de uso anual</b>	<b>Precio total anual (\$)</b>
<b>MOBIL MOBILUX EP 2 GRASA BALDE 16 KG</b>	\$83.000	1	\$83.000
<b>Mobil Delvac MX 15w-40 12 lt</b>	\$68.847	1	\$68.847
<b>Aceite hidráulico ELFONA DS 68 - Balde 20 l</b>	\$56.000	1	\$56.000
<b>Saco de guaipes 1kg</b>	\$3.900	3	\$11.700
<b>Brocha 2"</b>	\$2.790	7	\$19.530
<b>Guantes de nitrilo (caja)</b>	\$14.790	2	\$29.580
<b>Bolsas de basura 70 x 90 (100 unidades)</b>	\$10.990	2	\$21.980
<b>Lentes de seguridad</b>	\$3.590	7	\$25.130
<b>Guantes de cabritilla</b>	\$2.490	7	\$17.430
<b>Brocha 4"</b>	\$4.550	7	\$31.850
<b>Agua verde 3,78lt</b>	\$3.590	2	\$7.180
<b>Filtro hidráulico EA1392</b>	\$30.000	4	\$120.000
<b>Filtro hidráulico de retorno PALFINGER EA1412</b>	\$43.553	4	\$174.212
<b>Desengrasante Alto Poder Industrial Eox 5 Litros</b>	\$15.990	2	\$31.980
		<b>TOTAL</b>	<b>\$698.419</b>

*Tabla 4-13- Evaluación económica anual del costo de insumos*

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.7 Costo total anual del plan de mantenimiento

<b>COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO (ANUAL)</b>	<b>VALOR</b>	
<b>Plan de mantenimiento (valor (H/H))</b>	\$	2.578.998
<b>Insumos</b>	\$	698.419
<b>Total</b>	\$	3.277.417

*Tabla 4-14- Evaluación económica anual del costo total del plan de mantenimiento*

Fuente: Elaboración propia

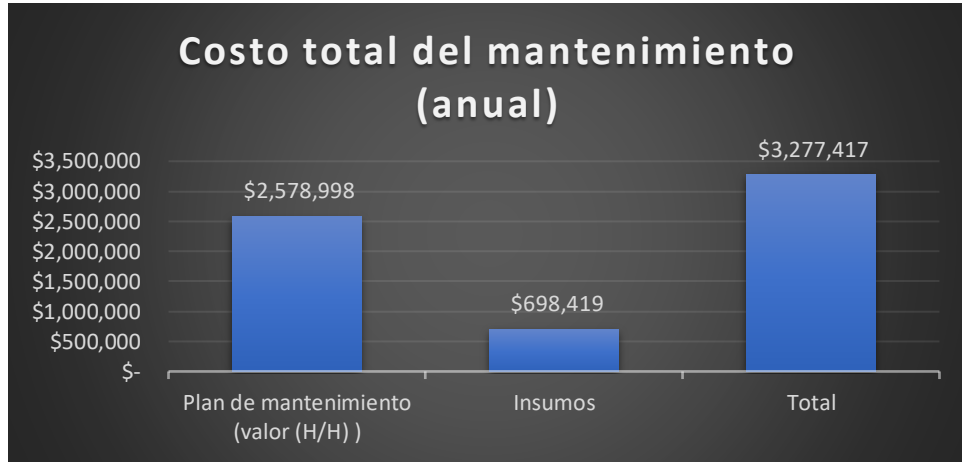



Gráfico 4-3- Costo total del mantenimiento anual

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7 Check list

Son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

(pdcahome, 2012)

CHECK LIST DIARIO			
		UNIVERSIDAD FEDERICO SANTA MARÍA	
Identificación:		Fecha de emisión:	
Marca:	Modelo:	Año:	Patente:

B: bueno - M: malo - N/A: no aplica					
Ítem	Descripción	B	M	N/A	Comentarios
Documentación	Permiso de circulación				
	Seguro obligatorio				
	Certificado de la revisión técnica				
	Mantenimientos al día				
General	Inspección visual de la grúa				
	Caminar alrededor del camión				
Llantas y neumáticos	Presión adecuada				
	Sin desgaste excesivo				
	Sin abultamiento				

	Pernos				
	Repuesto				
Fluidos (niveles y fugas)	Aceite de motor				
	Líquido de freno				
	Aceite hidráulico de la dirección				
	Aceite hidráulico del brazo				
	Latiguillos – flexibles hidráulicos				
	Agua del refrigerante				
	Agua del parabrisas				
Orden y limpieza	Cabina en orden y limpia				
	Vidrios y espejos limpios				
	Verificar que no existan partículas extrañas en los cilindros de apoyo				
	Exterior de la máquina				
	Barros en las llantas				
Luces y señales exteriores	Luces altas y bajas				
	Luces traseras				
	Luces de frenos				
	Direccionales delanteros				
	Direccionales traseros				
	Bocina				
	Alarma de retroceso				
Equipos de seguridad	Extintores				
	Botiquín de primeros auxilios				
	Gato hidráulico				
	Guantes				
	Llave rueda y kit de herramientas básicas				
	Conos reflectantes				
	Chaleco reflectante				
	Linterna				
	Cinturón de seguridad				
	Silbato de emergencia				

Realizado por	Aprobado por	Revisado por
Nombre	Nombre	Nombre
Cargo	Cargo	Cargo
Firma	Firma	Firma

Tabla 4-15 - Check list para cada trabajo de la grúa

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIÓN

Gracias al estudio realizado, se pudo identificar de forma más clara, cual es el tipo de mantenimiento adecuado para poder implementar en la grúa de brazo articulado modelo Palfinger PK 23500. La identificación de distintos tipos de mantenimiento, deja en claro que la alternativa más correcta para mejorar la vida útil y disponibilidad de la grúa Palfinger PK 23500 es el mantenimiento preventivo.

De acuerdo a los análisis, este tipo de mantenimiento mejora la disponibilidad y la eficiencia de la máquina, lo que tiene como consecuencia, trabajos de mayor calidad en las obras.

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, ayuda a visualizar de mejor manera los componentes que posiblemente podría causar una avería en la máquina. Así facilita el trabajo al operador encargado de realizar el mantenimiento.

Por otro lado, este plan está acompañado de su evaluación económica en pesos chilenos, que nos permite contextualizar de mejor manera el costo asociado a la realización del mantenimiento preventivo.

El plan de mantenimiento preventivo, está destinado a aumentar la vida útil de los componentes, evitar elevados costos por fallas imprevistas, aumentar la disponibilidad de la máquina, evitar tiempos muertos y mejorar su eficiencia.

## **RECOMENDACIONES**

Como una de las recomendaciones, una vez que se quiera implementar este plan de mantenimiento, debe ser supervisado y realizado por especialistas.

Otra recomendación, es utilizar el Check list, cada vez que se requiera el uso de la grúa. A su vez, este documento debe ser supervisado por especialistas, además que debe cumplir con rellenar el total de firmas que este formato lo solicita, al no cumplir con este requisito, no se podrá utilizar la máquina.

Además, se recomienda que, el área de trabajo para realizar los mantenimientos, debe ser lo más limpia posible, es decir, libre de partículas contaminantes, como, por ejemplo: polvo y lodo. Debido a que, al realizar los cambios de aceites y engrases, estas partículas se podrían adherir, causando daño al sistema.

Otra recomendación más, es realizar los mantenimientos con equipos de protección personal y con las herramientas adecuadas, debido a que causamos una mayor eficiencia en los trabajos y a su vez reducimos el riesgo de ocasionar accidentes.

Como ultima recomendación, es tener stock en bodega de los repuestos e insumos, ya sea, sellos hidráulicos, aceites hidráulicos, filtros, grasas, entre otros. Debido a que, con estos aumentamos la eficiencia en los trabajos de mantenimiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Barcelonaworldrace. (2014). *Barcelonaworldrace*. Obtenido de <http://www.barcelonaworldrace.org/es/educacion/programa-educativo/explora/navegacion/el-imoca-60/apendices/los-origenes-de-la-hidraulica>
- Blogspot. (octubre de 2011). *Blogspot*. Obtenido de <http://siteinteresakine.blogspot.com/p/hidraulica.html>
- Cursosaula21*. (2012). Obtenido de [www.cursosaula21.com](http://www.cursosaula21.com): <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- Cursosaula21*. (2017). *Cursosaula21*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- Economiaynegocios. (10 de noviembre de 2018). *Economiaynegocios*. Obtenido de <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?Id=520314>
- Fluideco. (14 de febrero de 2020). *Fluideco*. Obtenido de <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-de-engranajes-y-como-funciona/>
- Kia. (2017). *Www.kia.com*. Obtenido de <https://www.kia.com/cl/discover-kia/ask/what-are-car-axles.html>
- Mantenimiento*. (2008). Obtenido de <https://mantenimiento.win/historia-del-mantenimiento-industrial/>
- Mercado-CE. (2017). *Mercado-CE*. Obtenido de <https://www.mercado-ce.com/acerca-del-mercado-ce/que-es-mercado-ce.html>
- Unitecls. (mayo de 2016). Obtenido de [www.unitecls.com](http://www.unitecls.com).

## LINKOGRAFÍA

- Munciepower. (s.f.). *Munciepower*. Obtenido de <https://www.munciepower.com/cms/files/Products/Literature/Documents/Training/TR-G94-01S.pdf>
- Significados. (2013). *www.significados.com*. Obtenido de <https://www.significados.com/mantenimiento-correctivo/>
- Sitioniche.nichese. (s.f.). Obtenido de <http://sitioniche.nichese.com/>.
- Spectroline. (14 de julio de 2017). Obtenido de [www.Spectroline.com](http://www.Spectroline.com).
- Sumatec. (20 de octubre de 2017). Obtenido de [www.sumatec.com](http://www.sumatec.com).
- <https://gruasgin.com.mx/index.php/2016/11/07/historia-las-gruas/>
- <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- <https://www.gruasyaparejos.com/grua-telescopica/partes-de-una-grua-telescopica/>
- <https://www.simma.cl/producto/estabilizadores-adicionales/>
- <https://www.ro-des.com/mecanica/sistema-de-direccion-que-es/>
- <https://www.linkedin.com/pulse/inspecciones-de-cable-acero-y-eslingas-en-equipos-luis-jose-hernandez?Articleid=6509564316193214471>
- <https://cursodemaquinariapesada.es/pdf/manual-camion-pluma.pdf>
- <https://www.munciepower.com/cms/files/Products/Literature/Documents/Training/TR-G93-01S.pdf>
- <https://blog.infraspeak.com/es/plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>
- <https://spectroline.com/es/creating-a-preventative-maintenance-plan-for-hydraulic-systems/>
- <https://noria.mx/lublearn/control-de-las-temperaturas-del-aceite-hidraulico/>
- <https://www.puomotores.com/13166129/como-sacar-el-aire-de-las-lineas-hidraulicas>
- Gruasyequiposgarcia. (27 de diciembre de 2020). *Www.gruasyequiposgarcia.com*. Obtenido de <https://www.gruasyequiposgarcia.com/contrapesos-de-gruas-moviles-un-factor-de-seguridad-importante>
- C161hidraulica1.blogspot*. (2019). Obtenido de [www.blogspot.com](http://www.blogspot.com): [c161hidraulica1.blogspot.com/p/historia-de-la-hidraulica-en-el-mundo.html](http://c161hidraulica1.blogspot.com/p/historia-de-la-hidraulica-en-el-mundo.html)