

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**PROPUESTA DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO DE PALAS
DE LOS CARGADORES FRONTALES DE 18M³ EN LA
MINERIA DE TAJO ABIERTO**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECANICO

RAFAEL CCASANI SOTO

PROMOCION 2000-I

LIMA-PERU

2009

Dedicatoria

A mi madre María Jesús Soto Oré, por su constante apoyo y por su ejemplo de vida en el trabajo cotidiano

Mi tía Sra. Maximiliana Soto Oré, por su incondicional apoyo.

Y a mi esposa e hijos por ser fuente de mi superación y formación futura

A ellos les dedico este Informe de Competencia Profesional como culminación a la carrera universitaria que me ha brindado éxito y satisfacción en mi vida profesional.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	3
INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETIVO.....	4
CAPITULO II	5
ANÁLISIS DEL PROBLEMA	5
2.1. LA MINERÍA DE TAJO ABIERTO EN EL PERÚ.....	5
2.2. EQUIPOS DE CARGUÍO DE GRAN CAPACIDAD EN LA INDUSTRIA MINERA A TAJO ABIERTO.....	9
2.3. UBICACIÓN DEL AREA DE SOLDADURA EN EL ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	11
2.4. PARTES PRINCIPALES DEL CARGADOR FRONTAL.....	12
2.5. FALLAS QUE OCURREN EN EL CARGADOR FRONTAL.....	13
2.6. MANTENIMIENTO DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL.....	14
2.6.1. <u>Mantenimiento</u>	14
2.6.2. <u>Tipos de mantenimiento</u>	14
2.6.3. <u>Sistema de implementos del cargador frontal</u>	15
2.6.3.1. <i>Estructura de cargador (Frame)</i>	15

2.6.3.2.	<i>Cucharón (Bucket)</i>	17
2.6.3.3.	<i>Accesorios del cucharón (GETs)</i>	18
2.6.4.	<u>Tipos de desgastes que están sometidos el cucharón y sus accesorios (GETs) del cargador frontal</u>	19
2.6.4.1.	<i>Desgaste</i>	19
2.6.4.1.1.	Desgaste por abrasión.....	19
2.6.4.1.2.	Desgaste por impacto.....	20
2.6.5.	<u>Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)</u>	21
2.6.5.1.	<i>Las siete preguntas básicas del M.C.C.</i>	21
2.6.5.2.	<i>Funciones y sus estándares de funcionamiento</i>	22
2.6.5.3.	<i>Fallas Funcionales</i>	24
2.6.5.4.	<i>Modos de Falla</i>	25
2.6.5.5.	<i>Efectos de Falla</i>	30
2.6.5.6.	<i>Consecuencias de las fallas</i>	35
2.6.5.7.	<i>Tareas de Mantenimiento</i>	38
2.6.5.8.	<i>Acciones a “falta de”</i>	39
2.6.5.9.	<i>Hoja de decisión del MCC</i>	41
2.6.5.10.	<i>Índices básicos de gestión del mantenimiento</i>	45
2.6.5.10.1.	Disponibilidad.....	45
2.6.5.10.2.	Mantenibilidad.....	46
2.6.5.10.3.	Confiabilidad.....	47
2.7.	FALLAS PRESENTADAS EN LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL	47

2.8.	REPARACIÓN DE AVERÍAS PRESENTADAS EN LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL.....	50
2.8.1.	<u>Materiales utilizados en la reparación de los implementos del cargador.....</u>	50
2.8.1.1.	<i>Acero.....</i>	50
2.8.1.2.	<i>Propiedades mecánicas del acero.....</i>	50
2.8.1.3.	<i>Planchas antidesgaste.....</i>	51
2.8.2.	<u>Procesos de soldadura utilizados durante la reparación de los implementos del cargador.....</u>	53
2.8.2.1.	<i>Proceso de corte con Arc-Air o electrodo de grafito.....</i>	53
2.8.2.2.	<i>Proceso de soldadura por arco con electrodos revestidos (SMAW - Shielded Metal Arc Welding).....</i>	56
2.8.2.3.	<i>Proceso de soldadura con alambre tubular con núcleo de fundente (FCAW – Flux Cored Arc Welding).....</i>	59
2.8.3.	<u>Materiales de aportes utilizados en la reparación de los implementos del cargador frontal.....</u>	62
2.8.4.	<u>Inspección en la reparación de los implementos del cargador.....</u>	62
2.8.4.1.	<i>Inspección visual.....</i>	62
2.8.4.2.	<i>Ensayos no destructivos.....</i>	64
2.8.4.2.1.	<i>Líquidos Penetrantes.....</i>	64
2.8.4.2.2.	<i>Partículas Magnéticas.....</i>	67
2.8.4.2.3.	<i>Ensayo por ultrasonido.....</i>	72
2.8.5.	<u>Reparación actual por soldadura de los implementos del cargador.....</u>	74

2.8.5.1. <i>Reparación de la estructura del cargador</i>	75
2.8.5.2. <i>Reparación del cucharón</i>	76
CAPITULO III	77
PROPUESTA DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL	77
3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (M.C.C.).....	77
3.1.1 <u>Tareas generadas del análisis vs. tareas actuales</u>	77
3.1.2 <u>Clasificación de las tareas generadas en el análisis</u>	82
3.2 PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR.....	84
3.2.1 Propuesta de procedimiento de soldadura en la reparación de la estructura del cargador (frame), el procedimiento considera la reparación de una rajadura en la estructura del cargador.....	85
3.2.2 Propuesta de mejora en el procedimiento de soldadura en la reparación del cucharón del cargador (bucket), el procedimiento considera la reparación de una rajadura en el cucharón del cargador.....	87
3.2.3 Resultado de la aplicación del nuevo procedimiento de soldadura en la reparaciones realizadas en el labio del cucharón.....	89
CAPITULO IV	911
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	911

4.1.	CONCEPTOS DE LOS FACTORES RELACIONADOS A LOS COSTOS DE SOLDADURA.....	91
4.1.1.	<u>Velocidad de consumo de electrodo de corte.....</u>	91
4.1.2.	<u>Velocidad de deposición.....</u>	92
4.1.3.	<u>Factor de Operación.....</u>	92
4.1.4.	<u>Velocidad de deposición real.....</u>	93
4.1.5.	<u>Tiempo de deposición.....</u>	93
4.1.6.	<u>Costo Mano de Obra.....</u>	94
4.1.7.	<u>Costos adicionales.....</u>	94
4.1.8.	<u>Costos del electrodo o alambre.....</u>	94
4.1.9.	<u>Eficiencia del electrodo.....</u>	94
4.1.10.	<u>Costo del electrodo real.....</u>	95
4.1.11.	<u>Costo de la Energía.....</u>	95
4.2.	ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA REPARACIÓN.....	96
	CONCLUSIONES.....	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS.....	109

PROLOGO

El presente informe tiene como finalidad de analizar las funciones del cargador mediante el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para luego presentar una propuesta de mejora en el mantenimiento y reparación por soldadura de los implementos del cargador frontal.

En la parte introductoria describe la importancia del cargador frontal en la minería de tajo abierto en el Perú e identifica los objetivos del informe.

El segundo capítulo se realiza el análisis del mantenimiento actual de los implementos del cargador frontal mediante la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y la reparación por soldadura de los implementos del cargador frontal.

En el tercer capítulo se presenta la propuesta de mejora en el mantenimiento comparando con el mantenimiento actual y una mejora en el procedimiento de reparación de los implementos del cargador frontal y en el último capítulo se ve el análisis de costo beneficio de la reparación por soldadura de los implementos del

cargador con los procesos SMAW (soldadura con electrodo revestido) y FCAW (soldadura con alambre tubular con núcleo de fundente).

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En la industria minera de tajo abierto uno de los equipos de mayor importancia es cargador frontal de gran capacidad, este tipo de equipos son utilizados para abrir paso a las palas mecánicas en las voladuras, para hacer la mezcla de minerales en las pilas de almacenamiento y para atacar frentes de carguío de producción. Estos cargadores tienen un arreglo para levantamiento alto, que le permite cargar camiones 793 y un cucharón de 18 m³ por pase, aproximadamente 30 TM (capacidad limite fabricante XX TM), pudiendo cargar hasta 45,000TM por día dependiendo de la ruta.

El uso de este equipo es de suma importancia en la industria minera a tajo abierto ya que su utilización supera al 90%; el mantenimiento es de vital importancia ya que debe garantizar una disponibilidad mayor al 79.2%. Con la finalidad de mejorar el mantenimiento de los implementos del cargador

frontal se realizo esta propuesta teniendo como base la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, así mismo mejorar el procedimiento actual de reparación por soldadura de los implementos del cargador frontal.

1.2. OBJETIVO

El objetivo del siguiente informe es de realizar una propuesta para la mejora en el mantenimiento de los implementos del cargador frontal basado en un análisis mediante el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y proponer una mejora en el procedimiento actual de reparación por soldadura de los implementos con la finalidad de mejorar la operatividad de los cargadores frontales.

CAPITULO II

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

2.1. LA MINERÍA DE TAJO ABIERTO EN EL PERÚ

Uno de los tipos de explotación de las minas es con método a tajo o cielo abierto, siendo una de las características principales de su diseño sus bancos de explotación de 15 metros de altura.



Gráfico 2.1 Mina de tajo abierto

La gran minería en el Perú esta presente mediante las empresas mineras que actualmente operan como son Shouther Peru, Yanacocha, Antamina, Barrick - Pierina, Barrick - Lagunas Norte, Tintaya, entre otros. Y varios proyectos mineros con este tipo de explotación principalmente para los próximos años: Las Bambas y Toromocho.

La Compañía Minera Antamina S.A. tiene dos principales zonas de operaciones: Mina: ubicada en la quebrada Antamina, en el distrito de San Marcos, Huari, Ancash y Puerto Punta Lobitos: ubicado en la costa de Huarney. Las operaciones entre mina y puerto están conectadas gracias a un mineroducto (tubería subterránea) que transporta los concentrados que produce la compañía y que recorre 302 kilómetros, cruzando el departamento de Ancash.



Gráfico 2.2 Ubicación de la mina

Las áreas que conforman la mina esta dada según se muestra en siguiente diagrama:

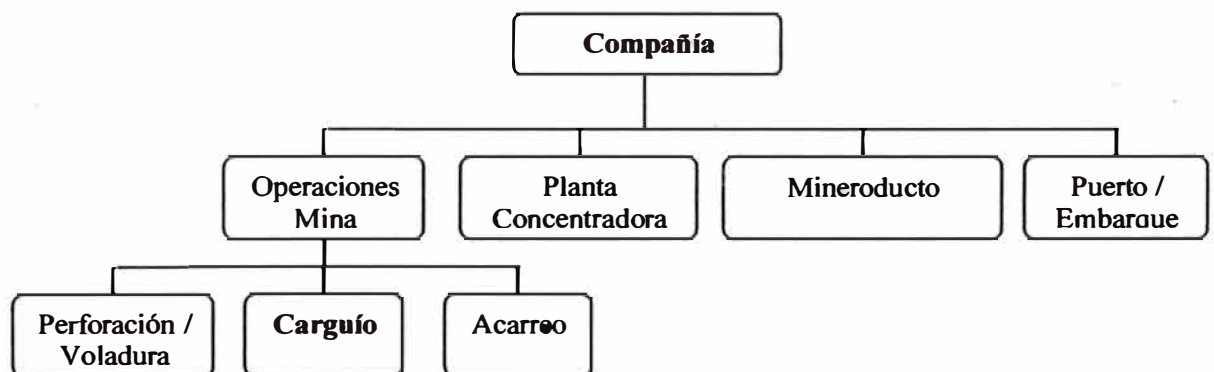


Gráfico 2.3 Áreas que conforman la mina

La mina en la actualidad posee una producción promedio diaria de 400,000 toneladas de material movido en mina y 100,000 toneladas de mineral procesado por la planta concentradora. Las operaciones en mina son de 24 horas al día los 365 días del año, en dos turnos de 12 horas cada una.

Los equipos para movimiento de tierras con que cuenta la mina son:

- 04 palas Bucyrus 495II
- 03 cargadores frontales Caterpillar 994D
- 43 camiones 793C Caterpillar (240 toneladas de capacidad de carga)
- 03 camiones 777D Caterpillar (140 toneladas de capacidad de carga)

Los equipos auxiliares con que cuenta la mina son:

- 06 motoniveladoras Caterpillar 16h
- 02 tractores sobre llanta Caterpillar 834B
- 01 tractor de ruedas 854G
- 08 tractores de oruga Caterpillar D10R
- 02 tractores de oruga Caterpillar D8R
- 01 tractor de oruga Caterpillar D6R
- 02 excavadoras Caterpillar 375L
- 03 excavadoras Caterpillar 330L
- 02 tanques cisterna de regadío de 20,000 galones cada uno (camiones Caterpillar 777D).

Una vez fracturado el material después de la voladura, los equipos de carguío se encargan de poner este material sobre los camiones. Este material es clasificado y según esta clasificación es enviado a su destino. El carguío es realizado principalmente por dos tipos de equipos: las palas eléctricas Bucyrus 495 BI y por los cargadores diesel Caterpillar 994.

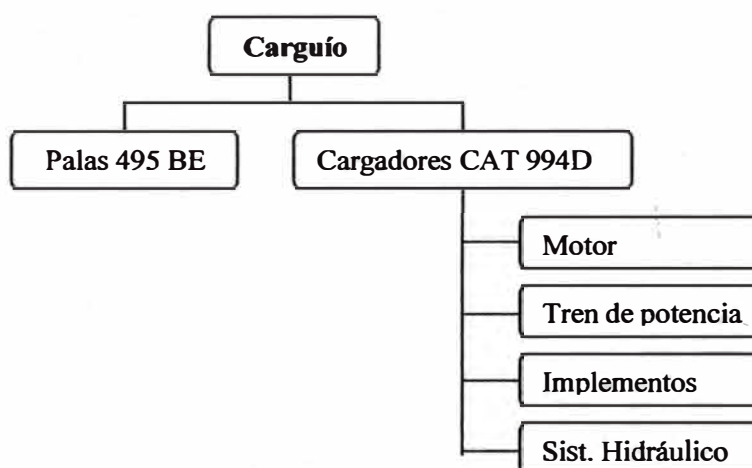


Gráfico 2.4 Equipos de carguío y partes de cargador frontal

2.2. EQUIPOS DE CARGUÍO DE GRAN CAPACIDAD EN LA INDUSTRIA MINERA A TAJO ABIERTO

Uno de los equipos de carguío más utilizados y de mayor importancia en la industria minera a tajo abierto es el cargador frontal de gran capacidad, esta compuesto de un tractor sobre neumáticos, además de poseer una articulación equipado de un cucharón de 18m^3 cuyo movimiento de elevación se logra mediante dos brazos laterales articulados. El cucharón por si misma puede realizar un movimiento de rotación de cierta amplitud alrededor de un eje horizontal, con, incluso, inclinación negativa del cucharón. Todos los movimientos son mandados por cilindros hidráulicos.

El cucharón para el contexto operacional en el tajo posee borde cortante en la parte inferior con dientes de penetración.

Este tipo de equipos son utilizados para abrir paso a las palas mecánicas en las voladuras, para hacer el mezcla en las pilas de almacenamiento de mineral y para atacar frentes de carguío de producción. Estos cargadores tienen un arreglo levantamiento alto, que le permite cargar a camiones 793 aproximadamente 30 TM por pase.



Gráfico 2.5 Descarga de mineral del cargador frontal en camiones de acarreo

Existen en el mercado empresas que fabrican este tipo de cargadores como por ejemplo Caterpillar fabrica una línea completa de cargadores frontales el 994D y Komatsu fabrica una línea completa de cargadores frontales el WA1200-3 de similar capacidad.

Para la operación de la mina el proceso de carguío es realizado por 4 Palas Bucyrus 495II y 3 cargadores frontales 994D cada uno de estos cargadores

representa el 7.32% de la capacidad de producción, lo cual representa en el mejor de los casos hasta 25,000 Tm por día en promedio.

Estos cargadores toman especial importancia sobretodo cuando hay que construir los accesos para las palas, realizar mezcla de material para la chancadora, (campañas de M5, M6, etc.), manejo de Pilas, ya que esta maquinaria seria la única que puede realizar este trabajo de manera eficiente.

2.3. UBICACIÓN DEL AREA DE SOLDADURA EN EL ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Los encargados de realizar el mantenimiento y reparación por soldadura en los implementos de los cargadores es el personal del área de soldadura. En el siguiente grafico se muestra la ubicación del área de soldadura en el organigrama de mantenimiento. El supervisor del área de soldadura reporta al Senior Foreman de Mantenimiento de Equipos de Acarreo y Soldadura quien coordina los trabajos con las demás áreas para la ejecución de los diferentes trabajos de mantenimiento y reparación por soldadura en los equipos de mina.

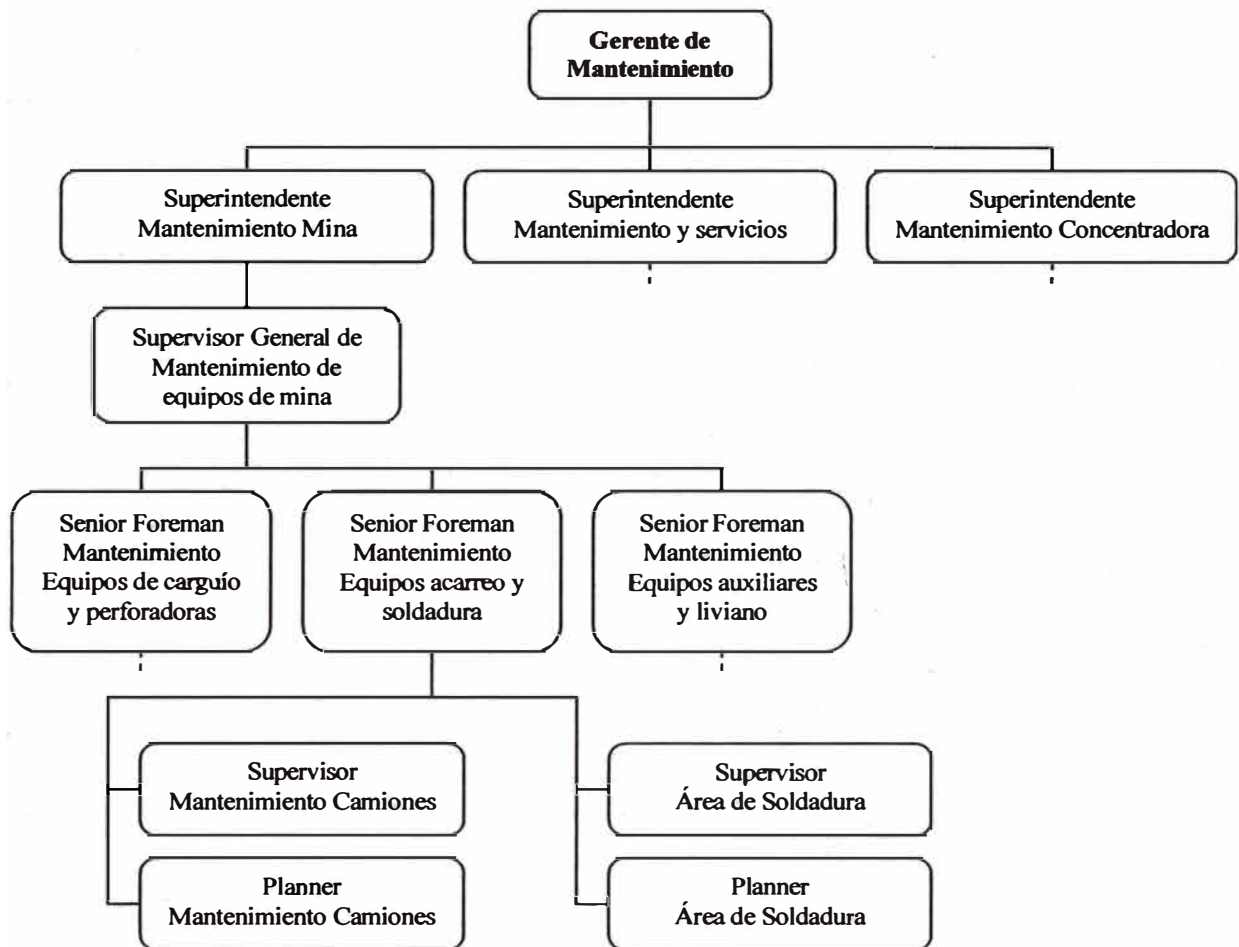


Gráfico 2.6 Organigrama del área de soldadura.

2.4. PARTES PRINCIPALES DEL CARGADOR FRONTAL

Las principales partes del cargador frontal de gran capacidad que se muestra en la siguiente figura son:

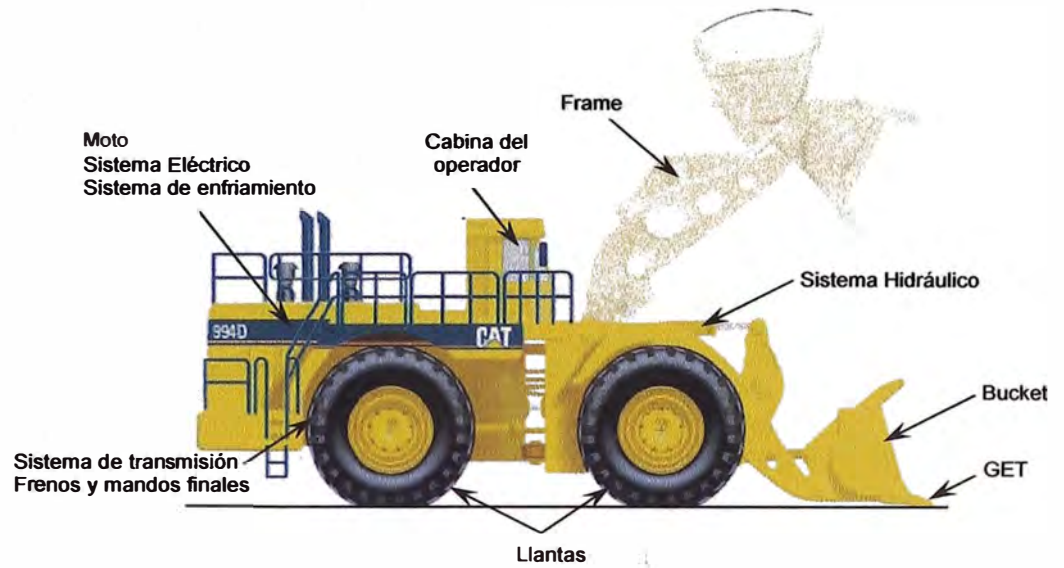


Gráfico 2.7 Partes principales del cargador frontal.

2.5. FALLAS QUE OCURREN EN EL CARGADOR FRONTAL.

Después de analizar las fallas ocurridas en un periodo de 12 meses del cargador frontal, se realizó el siguiente diagrama de Pareto.

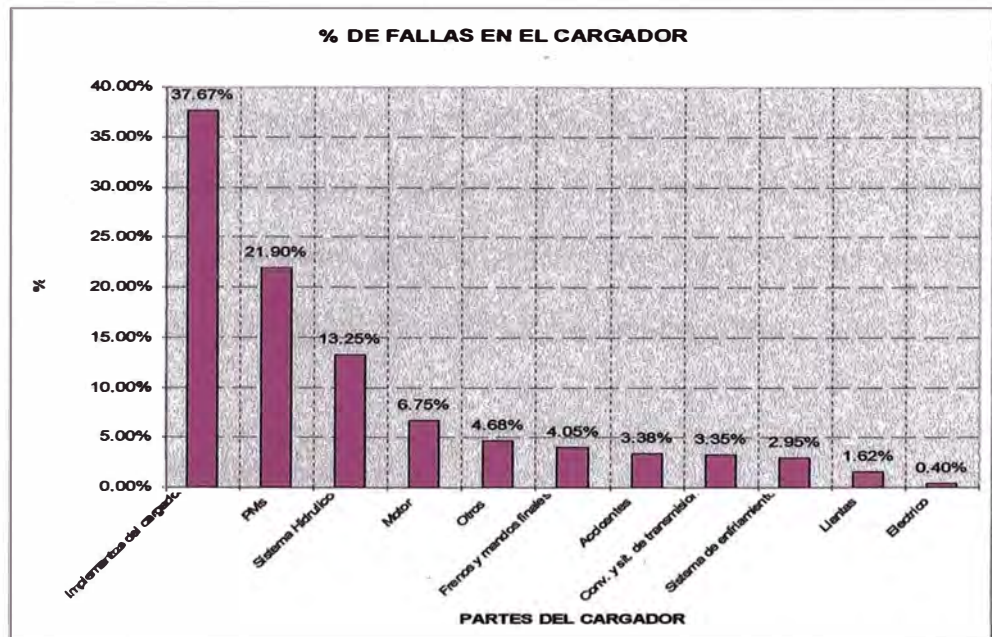


Gráfico 2.8 Diagrama de % de fallas ocurridas en los cargadores frontales

Este diagrama muestra que el 38% de todas las paradas lo ocasionan el sistema de implementos que esta constituido por la estructura (Frame), cucharón (Bucket) y accesorios del cucharón (GETs) de los 03 cargadores. El análisis se limitara principalmente al sistema de implementos por ser el sistema que ocasiona la mayor cantidad de paradas de los cargadores frontales.

2.6. MANTENIMIENTO DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL

Con el fin de mejorar el mantenimiento actual de los implementos del cargador frontal se realizo un análisis del equipo mediante la filosofía del mantenimiento centrado en confiabilidad.

2.6.1. Mantenimiento

Es la conservación y reparación del equipo para mantenerlo operativo, seguro y efectivo según su diseño, de modo que alcance el fin que se busca, permitiendo aumentar la probabilidad de que el sistema continúe en uso trabajando de modo eficiente.

2.6.2. Tipos de mantenimiento

En la actualidad existen tres tipos de mantenimiento:

- *Mantenimiento correctivo*: se basa en la reparación de un componente sólo cuando falla por completo (fallo catastrófico) o

cuando el costo de su servicio es extremadamente alto, es decir, cuando está en su fase de desgaste.

- *Mantenimiento preventivo:* consiste en inspeccionar periódicamente los equipos y darles sus servicios programados a fin de que los componentes estén en óptimas condiciones de operación a lo largo de su vida útil.
- *Mantenimiento predictivo:* es un paso más allá del mantenimiento preventivo, en esta etapa se analiza la información recopilada y el resultado de los análisis efectuados en el mantenimiento preventivo y se estima la vida de los componentes, programándose su reemplazo aún si no manifiestan indicios de mal funcionamiento cuando la probabilidad de falla es tal que el costo de un paro no programado por la falla es mayor que el del excedente de vida útil del componente.

2.6.3. Sistema de implementos del cargador frontal

El sistema de implementos del cargador frontal está compuesto por la estructura del cargador frontal (frame), la pala o cucharón del cargador (bucket) y los accesorios del cucharón (Gets).

2.6.3.1. *Estructura de cargador (Frame).*

Esta constituida principalmente por tres partes, (a) estructura principal: es la estructura que soporta el motor y sus accesorios, mandos finales, llantas posteriores, sistema de enfriamiento; (b)

estructura frontal que soporta las llantas delanteras, sistema hidráulico de levante y es la dirección del cargador mediante dos ejes de articulación y la parte (c) estructura de levante del cucharón compuesta por un brazo articulado tipo H que soporta el cucharón y sus implementos y el sistema de giro del cucharón.

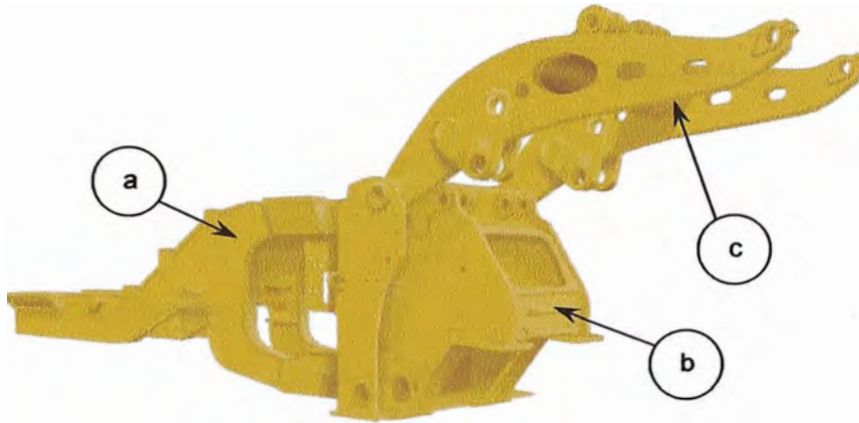


Gráfico 2.9 Partes de la estructura del cargador frontal

El sistema de levante del cargador frontal esta compuesto por los siguientes componentes:

- a. 1 brazo de levante tipo H.
- b. 2 balancines.
- c. 2 links (huesos).
- d. 1 cucharón.
- e. 1 set de GETs.
- f. 18 pines (lubricados por grasa o aceite), entre otros componentes menores.

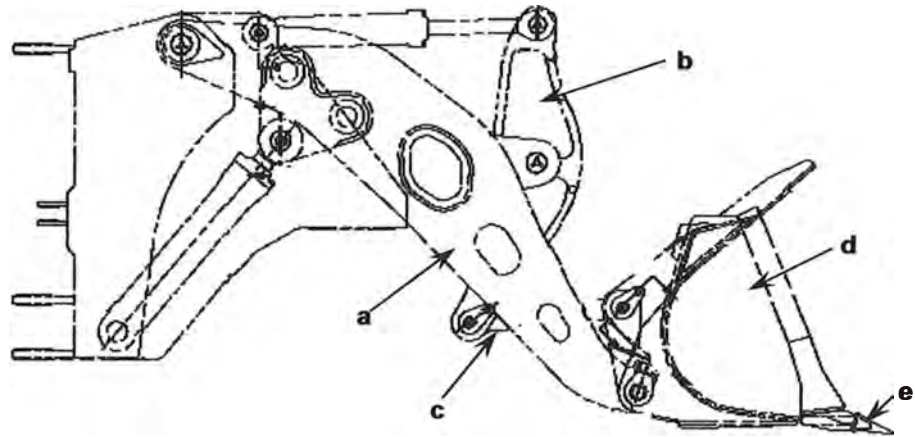


Gráfico 2.10 Partes de la estructura de levante del cucharón del cargador frontal

2.6.3.2. *Cucharón (Bucket)*

Es el elemento que se encarga del carguío del material, los cargadores frontales 994D o WA1200-3 tienen generalmente cucharones roqueros; porque estos cucharones se han diseñado para trabajar principalmente en la industria minera, con bordes en “V” para una mejor penetración.

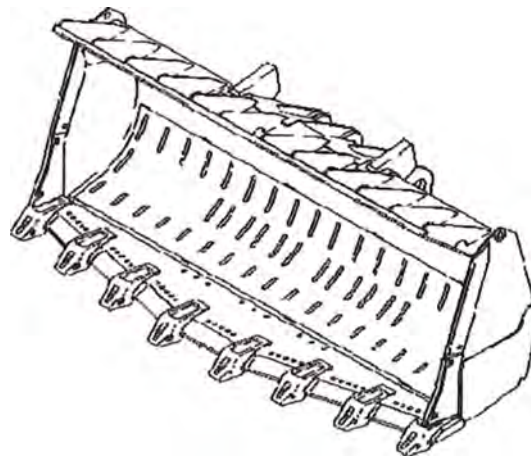


Gráfico 2.11 Cucharón de cargador frontal

2.6.3.3. *Accesorios del cucharón (GETs)*

Son los accesorios que se adicionan al cucharón del cargador como los adaptadores, uñas, entre dientes, cantoneras, soleras, taloneras.

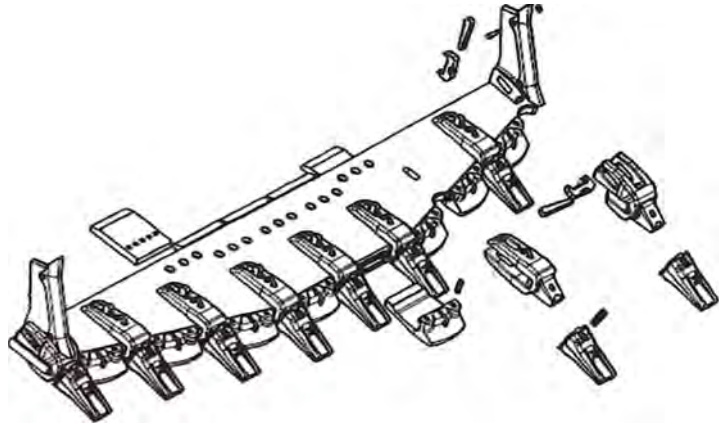


Gráfico 2.12 GETs del cargador frontal

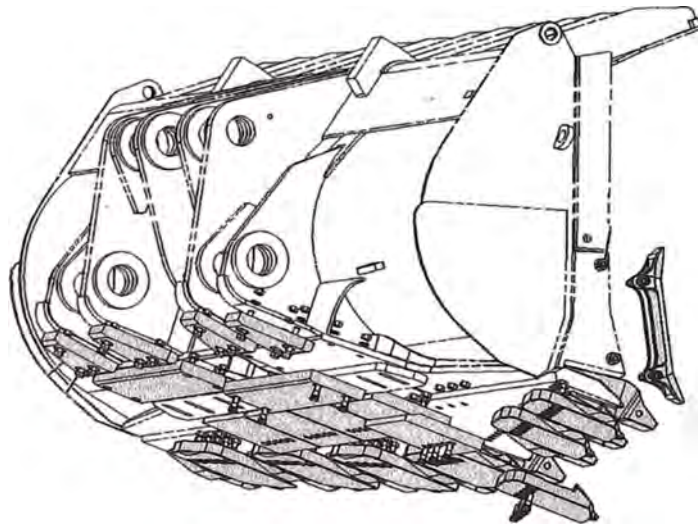


Gráfico 2.13 Ubicación de GETs cucharón del cargador frontal

2.6.4. Tipos de desgastes que están sometidos el cucharón y sus accesorios (Gets) del cargador frontal.

Debido al contexto operacional de los cargadores en mina el cucharón y los gets del cargador están sometidos a diferentes tipos de desgaste.

2.6.4.1. *Desgaste*

El desgaste es la pérdida progresiva del material de una superficie en movimiento relativo respecto del agente que provoca dicha remoción. Los tipos de desgaste a las cuales esta sometido el cucharón y los Gets son:

2.6.4.1.1. **Desgaste por abrasión**

El desgaste ocurre por remoción de material de una superficie por acción del deslizamiento de partículas de otro material. Se manifiesta con la formación de canaladuras impresas plásticamente, sin remoción de material, y desprendimiento de microvirutas.

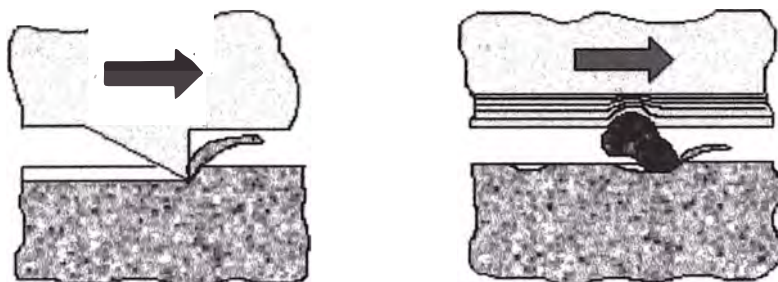


Gráfico 2.14 Desgaste por abrasión de dos y tres cuerpos respectivamente

Si la dureza del abrasivo es muy superior, el desgaste es severo, si el abrasivo es más blando, la velocidad de desgaste es lenta. Cuando las durezas son similares, un leve cambio del valor de una de ellas puede aumentar considerablemente el desgaste.

2.6.4.1.2. Desgaste por impacto

El desgaste ocurre por la transferencia de energía de un cuerpo externo al material, el cual se convierte en trabajo de deformación elástica y plástica. En la medida que la superficie del material reciba el impacto y pueda absorber energía es que exhibirá su resistencia al choque.

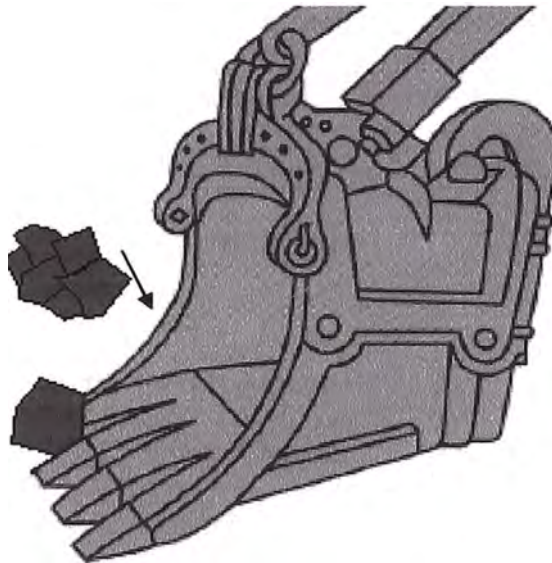


Gráfico 2.15 Desgaste por impacto

2.6.5. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

Es una de las filosofías de gestión en mantenimiento que tiene una estructura para poner nuevos bienes o activos en servicio con gran efectividad, rapidez y precisión.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente.

El trabajo consiste en desarrollar y analizar las funciones del cargador frontal considerando el impacto que tienen las fallas de los implementos en la no operatividad del equipo para luego proponer una mejora en el mantenimiento con la finalidad de que continúen realizando lo que sus usuarios quieren que realice en su contexto operacional actual.

2.6.5.1. *Las siete preguntas básicas del M.C.C.*

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos del cargador.

Realizaremos una serie de preguntas acerca del cargador frontal según se indica:

- *¿Cuáles son las funciones?:* Se debe definir las funciones y criterios de funcionamiento del cargador frontal.

- *¿De qué forma fallo?:* Se debe determinar las fallas funcionales del cargador frontal.
- *¿Qué causa el fallo?:* Se debe determinar los modos de fallas de las fallas de las funciones del cargador frontal.
De las respuestas obtenidas se separara las funciones donde estén involucradas a las fallas de los implementos para continuar con el análisis.
- *¿Qué sucede cuando hay fallo?:* Se debe analizar los efectos de las fallas que involucren los implementos del cargador frontal.
- *¿Qué ocurre si fallo?:* Se debe de analizar las consecuencias de las fallas que involucren los implementos del cargador.
- *¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?:* Se debe determinar las tareas preventivas que se tiene que realizar en los implementos del cargador frontal.
- *¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos?* Se debe determinar las tareas a “falta de” que se tiene que realizar en los implementos del cargador frontal.

2.6.5.2. Funciones y sus estándares de funcionamiento

El cargador frontal debe de haberse adquirido para un propósito determinado. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afectará la capacidad del cargador en su operación en cierta manera. La influencia total sobre el equipo dependerá de:

- La función del cargador frontal en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional del cargador en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados al cargador frontal en su contexto operacional según se indica:

- Permitir cargar material hasta 37TM, hasta 8.5m de altura, y hasta una inclinación de 10%
- Permitir la maniobra (izaje, carga, descarga, volteo) de los componentes individuales o en conjunto del sistema de implementos.
- Contener todo el material dentro del cucharón
- Proteger las partes del sistema de lubricación y tapas de pines contra impacto por material y desgaste
- Proteger al operador y sistema de implementos de caída de rocas desde el cucharón
- Amortiguar golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea cuando se alcance 64° ó 0° de inclinación (relativo al sistema de implementos)
- Ser visible a simple vista con color amarillo CATERPILLAR
- Permitir penetrar de manera eficiente al MP (Mineral de los Picos)
- Proteger el cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs

- Permitir el reemplazo e instalación de los componentes individuales del sistema de implementos en menos de 30 minutos
- Resistir a la corrosión en el sistema de implementos

2.6.5.3. *Fallas Funcionales*

Una vez definido las funciones y los estándares de funcionamiento del cargador frontal, el paso siguiente es identificar cómo puede afectar la falla en cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad del cargador para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

FALLAS FUNCIONALES DE LAS FUNCIONES DEL CARGADOR FRONTAL.

Función		Falla Funcional	
1	Permitir cargar material hasta 37TM, hasta 8.5m de altura, y hasta una inclinación de 10%	A	Totalmente incapaz de cargar
		B	Incapaz de cargar hasta 37TM
		C	Incapaz de levantar hasta 8.50m
		D	Incapaz de cargar en planos menores a 10%
2	Permitir la maniobra (izaje, carga, descarga, volteo) de los componentes individuales o en conjunto del sistema de implementos	A	No permite la maniobra de ninguno de los componentes del sistema de implementos de manera segura
3	Contener todo el material dentro del cucharón	A	No contiene el material cargado
4	Proteger las partes del sistema de lubricación y tapas de pines contra impacto por material y desgaste	A	No protege las partes del sistema de lubricación y tapas de pines
5	Proteger al operador y sistema de implementos de caída de rocas desde el cucharón	A	No protege al operador ni al sistema de implementos

6	Amortiguar golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea cuando se alcance 64° ó 0° de inclinación (relativo al sistema de implementos)	A	Incapaz de amortiguar golpes del cucharón contra el castillo
		B	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 0°
		C	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 64°
7	Ser visible a simple vista con color amarillo CATERPILLAR	A	No es visible a simple vista con color amarillo CATERPILLAR
8	Permitir penetrar de manera eficiente al MP (Mineral de los Picos)	A	No permite penetrar de manera eficiente
9	Proteger el cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	A	No protege el labio del cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs
10	Permitir el reemplazo e instalación de los componentes individuales del sistema de implementos en menos de 30 minutos	A	No permite el reemplazo e instalación de los GETs en menos de 30 minutos
		B	No permite el reemplazo de bocina de pin "B" del brazo de levante en menos de 30 minutos
11	Resistir a la corrosión en el sistema de implementos	A	No resiste la corrosión en el sistema de implementos

2.6.5.4. *Modos de Falla*

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto nos permite comprender exactamente ¿qué es lo que puede que estamos tratando de prevenir?

Cuando estemos realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo funcional.

CUADRO DE MODOS DE FALLA DEL CARGADOR FRONTAL

Función		Falla Funcional		Modo de Falla (Causa de la falla)	
1	Permitir cargar material hasta 37TM, hasta 8.5m de altura, y hasta una inclinación de 10%	A	Totalmente incapaz de cargar	1	Rotura de los Brazos de Levante por sobrecarga
				2	Cordón de soldadura del Crossmember roto por sobrecarga
				3	Oreja del pin "K" rota por sobrecarga
				4	Desgaste del alojamientos de pines por mala distribución de la carga (18 pines)
				5	Rotura por sobrecarga en los alojamientos de pines (18)
				6	Envejecimiento de sellos en los pines "C" y "D"
				7	Pernos en pines "C" o "D" fracturado por impacto
				8	Pines "C" o "D" con exceso de lubricante (aceite)
				9	Pines "C" o "D" con poco de lubricante (aceite)}
				10	Desajuste de pernos de los pines C" o "D" "
				11	Falta de lubricante (grasa) en pines "A", "K", "E", "F", "G" o "Y"
				12	Soltura del perno de Collet en pines "A", "K", "E", "F", "G" o "Y"
				13	Falta de lubricante (grasa) en Pin "B"
				14	Deterioro de lubricante en pines "C" o "D"
1		B	Incapaz de cargar hasta 37TM	1	Rotura del labio del cucharón por sobrecarga
				2	Rotura del cuerpo del cucharón por sobrecarga.
				3	Rotura de los esquineros por sobrecarga
1		C	Incapaz de levantar hasta 8.50m	1	Cucharón con carga excesiva
				D	Incapaz de cargar en planos menores a 10%
2	Permitir la maniobra (izaje, carga, descarga, volteo) de los componentes individuales o en conjunto del sistema de implementos	A	No permite la maniobra de ninguno de los componentes del sistema de implementos de manera segura	1	Puntos de izaje deteriorados por impacto
				2	Maniobra mal ejecutada
				3	Procedimientos inadecuados de izaje
3	Contener todo el material dentro del cucharón	A	No contiene el material cargado	1	Rotura del cuerpo del cucharón por desgaste
				2	Rotura de cucharón por impacto

4	Proteger las partes del sistema de lubricación y tapas de pines contra impacto por material y desgaste	A	No protege las partes del sistema de lubricación y tapas de pines	1	Rotura de protectores de líneas de engrase por impacto.		
				2	Rotura de los protectores de pin "B" por impacto "		
5	Proteger al operador y sistema de implementos de caída de rocas desde el cucharón	A	No protege al operador ni al sistema de implementos	1	Rotura de rejilla de cucharón por impacto		
6	Amortiguar golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea cuando se alcance 64° ó 0° de inclinación (relativo al sistema de implementos)	A	Incapaz de amortiguar golpes del cucharón contra el castillo	1	Desgaste de alguno de los topes de posición del cucharón		
				B	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 0°	1	Defecto instalación de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante.
						2	Desgaste irregular de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante
				C	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 64°	1	Defecto de instalación de alguno de los topes de Crossmember y Balancines.
						2	Desgaste irregular de alguno de los topes de posición del crossmember y topes de balancin.
				7	Ser visible a simple vista con color amarillo CATERPILLAR	A	No es visible a simple vista con color amarillo CATERPILLAR
2	Desprendimiento del 25% de la superficie pintada con pintura amarilla CATERPILLAR						
3	Suciedad de estructura cubre el 25% de la superficie pintada						
8	Permitir penetrar de manera eficiente al MP (Mineral de los Picos)	A	No permite penetrar de manera eficiente	1	Rotura de uña		
				2	Desgaste de uña		
				3	Desgaste de uña por mala operación del equipo		
				4	Caída de uña por fallo en elemento de sujeción		
				5	Rotura de adaptador de uña por sobrecarga		
				6	Rotura de adaptador de uña por defecto fabricación		
				7	Caída de adaptador por fallo en elemento de sujeción		

9	Proteger el cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	A	No protege el labio del cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	1	Rotura del elemento de sujeción de entreuña
				2	Rotura del elemento de sujeción del MAWPS de labio
				3	Rotura del elemento de sujeción de las soleras
				4	Rotura del elemento de sujeción del lagarto
				5	Rotura del elemento de sujeción de las taloneras
				6	Soltura de elementos de sujeción de adaptador de uña por presencia de pintura en las superficies del clamp "C"
				7	Rotura del elemento de sujeción del adaptador de uña
				8	Desgaste de cuchillas y lagartos Mecánico percibe desgaste de cuchillas y lagartos.
				9	Desgaste de soleras
				10	Soltura de Pin Flex de entreuña
10	Permitir el reemplazo e instalación de los componentes individuales del sistema de implementos en menos de 30 minutos	A	No permite el reemplazo e instalación de los GETs en menos de 30 minutos	1	Elemento de sujeción de adaptadores de uñas obstruido por suciedad en alojamiento
				2	Desgaste de cabeza de pernos seguros.
		B	No permite el reemplazo de bocina de pin "B" del brazo de levante en menos de 30 minutos	1	Pérdida o daño por impacto en perno y espaciadores de apertura del pin "B"
				2	Daño de la rosca interna del perno extractor de la abrazadera del pin "B"
11	Resistir a la corrosión en el sistema de implementos	A	No resiste la corrosión en el sistema de implementos	1	Desprendimiento de más del 25% pintura amarillo CATERPILLAR}

Una vez determinado los modos de falla de las funciones del cargador frontal para continuar nuestro análisis debemos considerar solo las funciones donde las causas son debido a los implementos del cargador frontal.

CUADRO DE MODOS DE FALLA DEL CARGADOR FRONTAL DONDE SE INVOLUCRAN LOS IMPLEMENTOS

Función		Falla Funcional		Modo de Falla (Causa de la falla)	
1	Permitir cargar material hasta 37TM, hasta 8.5m de altura, y hasta una inclinación de 10%	A	Totalmente incapaz de cargar	1	Rotura de los Brazos de Levante por sobrecarga
				2	Cordón de soldadura del Crossmember roto por sobrecarga
				4	Desgaste del alojamientos de pines por mala distribución de la carga (18 pines)
				5	Rotura por sobrecarga en los alojamientos de pines (18)
		B	Incapaz de cargar hasta 37TM	1	Rotura del labio del cucharón por sobrecarga
				2	Rotura del cuerpo del cucharón por sobrecarga
				3	Rotura de los esquineros por Sobrecarga
		C	Incapaz de levantar hasta 8.50m	1	Cucharón con carga excesiva
		D	Incapaz de cargar en planos menores a 10%	1	Cucharón con carga excesiva para plano inclinado
		3	Contener todo el material dentro del cucharón	A	No contiene el material cargado
2	Rotura de cucharón por impacto				
5	Proteger al operador y sistema de implementos de caída de rocas desde el cucharón	A	No protege al operador ni al sistema de implementos	1	Rotura de rejilla de cucharón por impacto
6	Amortiguar golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea cuando se alcance 64° ó 0° de inclinación (relativo al sistema de implementos)	A	Incapaz de amortiguar golpes del cucharón contra el castillo	1	Desgaste de alguno de los topes de posición del cucharón
				B	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 0°
		2	Desgaste irregular de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante		
		C	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 64°	1	Defecto de instalación de alguno de los topes de Crossmember y Balancines.
				2	Desgaste irregular de alguno de los topes de posición del crossmember y topes de balancin.

8	Permitir penetrar de manera eficiente al MP (Mineral de los Picos)	A	No permite penetrar de manera eficiente	1	Rotura de uña
				2	Desgaste de uña
				3	Desgaste de uña por mala operación del equipo
				4	Caída de uña por fallo en elemento de sujeción
				5	Rotura de adaptador de uña por sobrecarga
				6	Rotura de adaptador de uña por defecto fabricación
				7	Caída de adaptador por fallo en elemento de sujeción
9	Proteger el cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	A	No protege el labio del cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	1	Rotura del elemento de sujeción de entreuña
				2	Rotura del elemento de sujeción del MAWPS de labio
				3	Rotura del elemento de sujeción de las soleras
				4	Rotura del elemento de sujeción del lagarto
				5	Rotura del elemento de sujeción de las taloneras
				6	Soltura de elementos de sujeción de adaptador de uña por presencia de pintura en las superficies del clamp "C"
				7	Rotura del elemento de sujeción del adaptador de uña
				8	Desgaste de cuchillas y lagartos Mecánico percibe desgaste de cuchillas y lagartos.
				9	Desgaste de soleras
				10	Soltura de Pin Flex de entreuña
10	Permitir el reemplazo e instalación de los componentes individuales del sistema de implementos en menos de 30 minutos	A	No permite el reemplazo e instalación de los GETs en menos de 30 minutos	1	Elemento de sujeción de adaptadores de uñas obstruido por suciedad en alojamiento
				2	Desgaste de cabeza de pernos seguros.
		B	No permite el reemplazo de bocina de pin "B" del brazo de levante en menos de 30 minutos	1	Pérdida o daño por impacto en perno y espaciadores de apertura del pin "B"
				2	Daño de la rosca interna del perno extractor de la abrazadera del pin "B"
11	Resistir a la corrosión en el sistema de implementos	A	No resiste la corrosión en el sistema de implementos	1	Desprendimiento de más del 25% pintura amarillo CATERPILLAR }

2.6.5.5. Efectos de Falla

Quando se esté identificando cada modo de falla debido a los implementos del cargador frontal, los efectos de los fallas también

deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera).

Este paso permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo

tanto qué nivel de mantenimiento preventivo que sería necesario.

CUADRO DE EFECTOS DE FALLA DEL CARGADOR FRONTAL DONDE SE INVOLUCRAN LOS IMPLEMENTOS

Función		Fallo Funcional	Modo de Falla (Causa de la falla)	Efecto de falla (Que pasa cuando falla)		
1	Permitir cargar material hasta 37TM, hasta 8.5m de altura, y hasta una inclinación de 10%	A Totalmente incapaz de cargar	1	Rotura de los Brazos de levante por sobrecarga	Operador percibe ruido y golpe (rotura de brazo de levante). Equipo se detiene y se reporta a mantenimiento. Se programa cambio de brazos de levante y otros componentes. Duración del cambio de los brazos de levante podría ser 4 días con 4 personas.	
			2	Cordón de soldadura del Crossmember roto por sobrecarga	Mecánico/Operador detecta desprendimiento del Crossmember y el equipo se detiene. Se comunica a mantenimiento y se realiza la reparación inmediatamente. El cambio de todo el brazo de levante tomaría 4 días con 4 personas en el taller.	
			4	Desgaste del alojamientos de pines por mala distribución de la carga (18 pines)	Se eleva la temperatura en los pines. Comienza desgaste acelerado de alojamientos de pines. Eventualmente, las superficies de contactos se dañan hasta agarrotarse. Mantenimiento determina acción a tomar. La reparación tomaría 12 h con 3 personas.	
			5	Rotura por sobrecarga en los alojamientos de pines (18)	Operador/Mecánico detecta la rotura de alojamiento. Se detiene el equipo y se traslada al taller. Cambiar los componentes asociados a la falla podría tomar hasta 48 h con 3 personas en taller.	
		B Incapaz de cargar hasta 37TM	1	Rotura del labio del cucharón por sobrecarga	Mantenimiento detecta rotura de labio. Dependiendo del estado, se programa reparación de la fisura. El trabajo total de reparación dura hasta 24 h con 2 personas.	
			2	Rotura del cuerpo del cucharón por sobrecarga	Operador/Mecánico visualmente detectan la rotura en la estructura del cucharón, se comunica a mantenimiento para reparación y se lleva al taller. El trabajo total de reparación dura 12 h con 2 personas.	
			3	Rotura de los esquineros por sobrecarga	Operador/Mecánico detectan rotura en los esquineros y se repara en taller. El trabajo dura 12 h con 4 personas.	
		C Incapaz de levantar hasta 8.50m	D Incapaz de cargar en planos menores a 10%	1	Cucharón con carga excesiva	Operador intenta levantar la carga y ésta no llega a ascender hasta la altura de los camiones. Aumenta el riesgo de pérdida de equilibrio y volcadura del equipo afectando la seguridad del operador. De haber volcadura, el equipo puede estar parado por varias semanas.
				1	Cucharón con carga excesiva para plano inclinado	Operador intenta levantar la carga y ésta no llega a ascender hasta la altura de los camiones. Aumenta el riesgo de pérdida de equilibrio y volcadura del equipo afectando la seguridad del operador. De haber volcadura, el equipo puede estar parado por varias semanas.

3	Contener todo el material dentro del cucharón	A	No contiene el material cargado	1	Rotura del cuerpo del cucharón por desgaste	Operador detecta rotura del cuerpo del cucharón por desgaste. Se detiene el equipo, se comunica a mantenimiento, se traslada a taller, después de evaluación se decide cambio/reparación de cucharón. El trabajo total de cambio/reparación podría durar hasta 2 H con 4 personas en taller.
		A		2	Rotura de cucharón por impacto	Operador detecta rotura del cucharón por impacto, se detiene el equipo, se comunica a mantenimiento, se traslada a taller, después de evaluación se decide cambio/reparación del cucharón. El trabajo total de cambio/reparación dura hasta 2 H con 4 personas en taller.
5	Proteger al operador y sistema de implementos de caída de rocas desde el cucharón	A	No protege al operador ni al sistema de implementos	1	Rotura de rejilla de cucharón por impacto	Operador percibe rotura de rejilla de cucharón, quedando desprotegido el operador y el sistema de implementos. Se comunica a mantenimiento y se programa reparación en base a evaluación. Trabajo podría tomar 6 h 2 personas.
6	Amortiguar golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea cuando se alcance 64° ó 0° de inclinación (relativo al sistema de implementos)	A	Incapaz de amortiguar golpes del cucharón contra el castillo	1	Desgaste de alguno de los topes de posición del cucharón	Operador/Mecánico detecta desgaste de topes de cucharón. De no repararse el desgaste continuará, sometiendo a esfuerzos adicionales a toda la estructura del sistema de implementos. El equipo se repara (relleno con soldadura) hasta que los dos topes peguen homogéneamente. El trabajo podría tomar hasta 12 h con 2 personas.
				B	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 0°	1
		2	Desgaste irregular de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante			Operador/Mecánico detecta desgaste irregular entre los topes de cucharón y se hacen reparaciones (relleno con soldadura) hasta que los dos topes peguen homogéneamente. Tiempo de reparación podría tomar hasta 12 h con 2 personas en el taller.
		C	No amortigua golpes del cucharón contra el castillo por medio de topes de manera homogénea en posición de 64°	1	Defecto de instalación de alguno de los topes de Crossmember y Balancines.	Operador detecta que los topes no amortiguan de manera homogénea, golpes en la carrera de los pistones. Se informa a mantenimiento y se programa trabajo. Tiempo de reparación tomaría 12 h con 2 personas en el taller.
				2	Desgaste irregular de alguno de los topes de posición del crossmember y topes de balancin.	Operador/Mecánico detecta desgaste irregular entre los topes del Crossmember y Balancines; se hacen reparaciones (relleno con soldadura) hasta que los dos topes peguen homogéneamente. Los tiempos del trabajo de relleno varían según la severidad.

8	Permitir penetrar de manera eficiente al MP (Mineral de los Picos)	A	No permite penetrar de manera eficiente	1	Rotura de uña	Operador de Cargador/Mecánico percibe rotura de uña, se comunica a mantenimiento, se detiene equipo. Esta uña rota podría llegar al sistema de chancado y causar serios daños. El cambio de la uña lo realizan 2 personas en un tiempo de 2 h en el campo.
				2	Desgaste de uña	Operador de Cargador/Mecánico percibe desgaste de uñas, se comunica a mantenimiento y se programa el cambio/volteo de éstas. El cambio/volteo lo realizan 2 personas en un tiempo de 4 h todas las uñas en el taller.
				3	Desgaste de uña por mala operación del equipo	Operador de Cargador/Mecánico percibe desgaste de uñas, se comunica a mantenimiento y se programa el cambio/volteo, el cambio/volteo lo realizan 2 personas en un tiempo de 4 h todas las uñas en el taller.
				4	Caída de uña por fallo en elemento de sujeción	Operador de Cargador/Mecánico percibe caída de uña, se comunica a mantenimiento, se detiene equipo, el cambio lo realizan 2 personas en un tiempo de 2 h en el campo.
				5	Rotura de adaptador de uña por sobrecarga	Operador de Cargador/Mecánico percibe rotura de adaptador de uña, se comunica a mantenimiento, se detiene equipo y el cambio lo realizan 3 personas en un tiempo de 3 h en el campo con apoyo de camión grúa.
				6	Rotura de adaptador de uña por defecto fabricación	Operador de Cargador/Mecánico percibe rotura de adaptador de uña, se comunica a mantenimiento, se detiene equipo y el cambio lo realizan 3 personas en un tiempo de 3 h en el campo con apoyo de camión grúa.
				7	Caída de adaptador por fallo en elemento de sujeción	Operador de Cargador/Mecánico percibe caída de adaptador de uña, se comunica a mantenimiento, se detiene equipo y el cambio lo realizan 3 personas en un tiempo de 3 h en el campo con apoyo de camión grúa.

9	Proteger el cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	A	No protege el labio del cucharón del desgaste prematuro por medio de GETs	1	Rotura del elemento de sujeción de entreña	Operador/Mecánico percibe pérdida de entreña. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 2h con 3 personas
				2	Rotura del elemento de sujeción del MAWPS labio	Operador/Mecánico percibe pérdida de MAWPS. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 3 h con 3 personas
				3	Rotura del elemento de sujeción de las soleras	Operador/Mecánico percibe pérdida de solera. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 4 h con 3 personas
				4	Rotura del elemento de sujeción del lagarto	Operador/Mecánico percibe pérdida de lagarto. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 2 h con 1 persona.
				5	Rotura del elemento de sujeción de las taloneras	Operador/Mecánico percibe pérdida de taloneras. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 3 h con 2 personas.
				6	Soltura de elementos de sujeción de adaptador de uña por presencia de pintura en las superficies del clamp "C"	Operador/Mecánico percibe soltura de adaptador de uña. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Esto pararía el equipo eventualmente. Trabajo de reemplazo del seguro puede tomar hasta 3h con 3 personas.
				7	Rotura del elemento de sujeción del adaptador de uña	Operador/Mecánico percibe pérdida de adaptador de uña. Se comunica a mantenimiento y se instala componentes en campo. Trabajo dura 3 h con 3 personas.
				8	Desgaste de cuchillas y lagartos Mecánico percibe desgaste de cuchillas y lagartos.	Mantenimiento programa cambio de cuchillas y lagartos en taller. Trabajo dura 6 h con 3 personas.
				9	Desgaste de soleras	Mecánico percibe desgaste de soleras. Mantenimiento programa cambio de soleras en taller. Trabajo dura 6 h con 3 personas.
				10	Soltura de Pin Flex de entreña	Operador/Mecánico percibe el Pin Flex saliendo de su posición de trabajo. Se comunica a mantenimiento y se vuelve a ajustar el mismo Pin Flex, el Trabajo dura 1 h con 1 persona.

10	Permitir el reemplazo e instalación de los componentes individuales del sistema de implementos en menos de 30 minutos	A	No permite el reemplazo e instalación de los GETs en menos de 30 minutos	1	Elemento de sujeción de adaptadores de uñas obstruido por suciedad en alojamiento	Mecánico encuentra suciedad en alojamiento de elementos de sujeción de adaptadores de uñas. El equipo no se detiene pero al momento de reemplazo del componente el mecánico limpia el alojamiento con un cincel. Esto podría tomar hasta 1h con 2 personas.
				2	Desgaste de cabeza de pernos seguros.	Mecánico encuentra dificultad para reemplazar uñas por desgaste en perno seguro. El equipo no se detiene pero al momento de reemplazo del componente el mecánico debe soldar tuerca como cabeza de perno. Esto podría tomar hasta 1h con 2 personas por uña.
		B	No permite el reemplazo de bocina de pin "B" del brazo de levante en menos de 30 minutos	1	Pérdida o daño por impacto en perno y espaciadores de apertura del pin "B"	Mecánico encuentra pernos en mal estado dificultando la extracción del espaciador para iniciar cambio de bocina. Trabajo de extracción del perno duraría 3 h más de lo establecido.
				2	Daño de la rosca interna del perno extractor de la abrazadera del pin "B"	Mecánico encuentra las roscas internas de los pernos extractores de la abrazadera del pin "B" deterioradas, antes de iniciar el trabajo se debe reacondicionar las roscas internas, el trabajo duraría 4 h más de lo establecido.
11	Resistir a la corrosión en el sistema de implementos	A	No resiste la corrosión en el sistema de implementos	1	Desprendimiento de más del 25% pintura amarillo CATERPILLAR	Operador/Mecánico advierte desprendimiento de pintura. El equipo no se detiene. El trabajo de pintura podría tomar hasta 48 h con 2 personas.

El proceso de haber desarrollado hasta los efectos de falla produce oportunidades importantes de mejorar el funcionamiento del cargador frontal y la seguridad y también de eliminar errores. También mejora la comprensión acerca del funcionamiento del cargador frontal en su contexto operacional actual.

2.6.5.6. Consecuencias de las fallas

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de las fallas del cargador frontal donde estén involucradas los implementos, el

próximo paso en el proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es preguntar cómo y cuánto importa cada falla, porque las consecuencias de cada una de estas dicen si se necesita tratar de prevenirlos.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- *Consecuencias de las fallas no evidentes:* Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen al equipo a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- *Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:* Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales o de la empresa relacionadas con el medio ambiente.
- *Consecuencias Operacionales:* Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción u operación del cargador frontal. Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

- *Consecuencias que no son operacionales:* Las fallas que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción u operación del cargador frontal, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla en los implementos del cargador frontal tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático.

En este punto del proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas o no. Si no tiene consecuencias significativas la decisión normal es un mantenimiento que no sea sistemático. El paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar.

Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

2.6.5.7. *Tareas de Mantenimiento*

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad considera tres categorías importantes de tareas preventivas, como siguen:

- *Tareas “A Condición”*: Se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

- *Tareas de Reacondicionamiento y Sustitución Cíclica*: Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantía. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

2.6.5.8. Acciones a "falta de"

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo. Si no hay consecuencias que afecten la operación pero hay costos de mantenimiento, la decisión estaría basada en la economía – es decir, el costo de re – diseñar contra el costo de aceptar las

consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, parada de equipo, costos de reparación, horas extras, etc.).

Si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

El proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño.

Después analizar los modos de falla debemos luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para los implementos del cargador frontal.

2.6.5.9. Hoja de decisión del MCC

La hoja de decisión permite asentar las respuestas a las preguntas en esta misma hoja, en función de las respuestas se puede registrar:

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) y con que frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Que fallas son lo suficiente serias como para justificar su rediseño.
- Casos en los que la toma de decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

La hoja de decisión esta dividida por dieciséis columnas y estas representan según se indica:

- Las tres primeras indican las funciones, fallas funcionales y los modos de fallas respectivamente.
 - Las próximas diez columnas se refieren a las preguntas del diagrama de decisión (Anexo 1), de manera que:
 - Las columnas tituladas H, S, E y O son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.
 - Las tres columnas siguientes tituladas H1, H2, y H3 registran si ha sido seleccionada una tarea preactiva, y si es así, que tipo de tarea.
 - Las columnas encabezadas con H4 y H5, o la S4 permiten registrar las respuestas a las preguntas de “a falta de”,
- Las ultimas tres columnas registran: la tarea preactiva o de búsqueda de falla que ha sido seleccionado, la frecuencia con la que debe hacerse y quien ha sido seleccionado para realizarla.

HOJA DE DECISIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Referencia de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de fisuras (ultrasonido) de los brazos de levante, en puntos específicos alrededor del Pin A y Pin B.	276 h	Inspector
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de fisuras superficiales (partículas magnéticas) en cordones de soldadura de union de Cross Member.	1656 h	Inspector
1	A	4	S	N	N	S	S						Inspección predictiva (Toma de temperaturas) de pines.	6 h	Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de fisuras superficiales (partículas magnéticas) en las masas de los alojamientos de los pines (18).	480 h	Inspector
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva (partículas magnéticas) de los labios del cucharón en puntos críticos.	720 h	Inspector Predictivo
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspección predictiva (partículas magnéticas) del cucharón.	456 h	Inspector Predictivo
1	B	3	S	N	N	S	S						Inspección predictiva (partículas magnéticas) de esquineros en puntos críticos.	456 h	Inspector Predictivo
1	C	1	S	S			N	N	N			N	Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
1	D	1	S	S			N	N	N			N	Ninguna tarea programada.	Ninguno	Ninguno
3	A	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva (ultrasonido) de medición de espesores en áreas críticas del cucharón.	720 h	Inspector Predictivo
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna tarea programada.	Ninguno	Ninguno
5	A	1	S	S			S						Inspección predictiva de deformaciones (visual) en las rejillas.	Diario	Operador
6	A	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme).	876 h	Mecánico
6	B	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	132 h	Mecánico
6	B	2	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	132 h	Mecánico
6	C	1	S	N	N	S	S						Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	132 h	Mecánico

6	C	2	S	N	N	S	S							Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	132 h	Mecánico
8	A	1	S	N	N	S	N	N	N					Ningun mantenimiento programado	Ninguno	Ninguno
8	A	2	S	N	N	S	S							Inspección predictiva (medición) del largo de las uñas	167 h	Mecánico
8	A	3	S	N	N	S	S							Inspección predictiva (visual) de la forma del desgaste de las uñas	Diario	Operador
8	A	4	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva (visual) del desgaste de la cabeza de los pernos-seguro	Diario	Mecánico
8	A	5	S	N	N	S	N	N	N					Ningun mantenimiento programado	Ninguno	Ninguno
8	A	6	S	N	N	S	N	N	N					Ningun mantenimiento programado	Ninguno	Ninguno
8	A	7	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva del juego de los adaptadores en el labio	50 h	Mecánico
9	A	1	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
9	A	2	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
9	A	3	S	N	N	S	S							Inspeccion predictivo (visual) de los pernos de sujeción de la solera.	Diario	Mecánico
9	A	4	S	N	N	S	S							Inspección predictiva (visual) de los pines de sujeción del lagarto.	Diario	Mecánico
9	A	5	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva (visual) de los pernos de sujecion y deformaciones en la base.	Diario	Operador
9	A	6	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
9	A	7	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva (visual) de los elementos de sujecion del adaptador.	Diario	Mecánico
9	A	8	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva (visual) de espesores de las cuchillas y lagartos	Diario	Mecánico
9	A	9	S	N	N	S	S							Inspeccion predictiva (medición) de espesores de las soleras	333 h	Mecánico
9	A	10	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
10	A	1	S	N	N	S	N	N	N					Rediseño de los seguros de los adaptadores de uña.	Ninguno	Ninguno
10	A	2	S	N	N	S	N	N	N					Rediseño de elementos de sujecion de uñas.	Ninguno	Ninguno
10	B	1	S	N	N	N	N	N	N					Rediseño (remover pernos y tubos e instalar pernos cortos como tapón)	Ninguno	Ninguno
10	B	2	S	N	N	S	N	N	N					Ninguna tarea programada	Ninguno	Ninguno
11	A	1	S	N	N	N	S							Inspección predictiva (visual) de pintura desprendida.	1 Año	Mecánico

2.6.5.10. Índices básicos de gestión del mantenimiento

Para la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, el control de la gestión del mantenimiento está relacionada con tres indicadores básicos: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

2.6.5.10.1. Disponibilidad

Es la probabilidad de que un equipo se encuentre en condiciones de cumplir su misión en un instante cualquiera.

La disponibilidad constituye el parámetro cuya información es la más representativa y útil para la gestión del mantenimiento.

La siguiente tabla muestra la disponibilidad del cargador frontal de los años 2004 – 2005:

DISPONIBILIDAD CARGADOR FRONTAL
(AÑOS 2004 – 2005)

Mes	Disponibilidad en %			
	2004		2005	
	Ofrecida	Real	Ofrecida	Real
Enero	85.4	82.0	86.2	84.1
Febrero	85.4	88.4	86.2	87.3
Marzo	83.7	87.9	85.4	84.9
Abril	82.0	83.0	83.0	82.6
Mayo	85.4	82.2	86.2	84.2
Junio	85.4	81.6	86.2	80.3
Julio	85.4	83.8	86.2	83.5
Agosto	85.4	73.7	86.2	80.6
Septiembre	74.3	82.8	76.5	80.2
Octubre	85.4	77.4	86.2	82.3
Noviembre	85.4	81.3	86.2	81.2
Diciembre	86.5	72.7	88.1	78.2

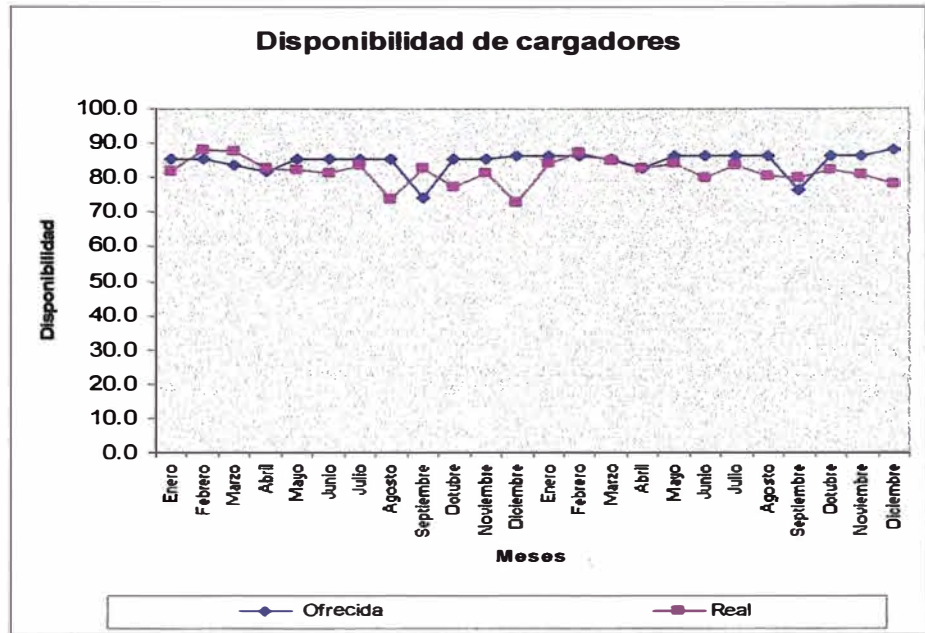


Gráfico 2.16 Disponibilidad del cargador frontal 2004 – 2005

2.6.5.10.2. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, luego de la aparición de una falla, utilizando procedimientos de mantenimiento preestablecidos. La mantenibilidad se relaciona básicamente con el diseño y la complejidad del equipo, con el personal calificado que realice el mantenimiento, con las herramientas disponibles y con los procedimientos de mantenimiento.

La mantenibilidad del cargador frontal de los años 2004 – 2005 es de 3 horas en promedio por cada 333 horas de operación.

2.6.5.10.3. Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica (no falle) bajo condiciones de operación determinadas en un período determinado.

La confiabilidad se relaciona básicamente con la cantidad de fallas y con el tiempo medio operativo. Mientras el número de fallas de un determinado equipo vaya en aumento o mientras el tiempo medio operativo de un equipo disminuya, la confiabilidad del mismo será menor.

La confiabilidad del cargador frontal de los años 2004 – 2005 es de 15 horas en promedio por reporte de falla.

2.7. FALLAS PRESENTADAS EN LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL

Por su contexto operacional del cargador frontal en mina, el cucharón y los Gets están sometidos a diferentes tipos de esfuerzos y desgastes, presentando principalmente los siguientes tipos de fallas:

- **Desgaste.** Este tipo de avería se presentan principalmente en los accesorios del cucharón del cargador frontal, así como en el labio, planchas de refuerzo.



Gráfico 2.17 Desgaste en los entredientes

- **Rajaduras.** Este tipo de averías se presentan principalmente en las planchas de refuerzo, plancha base y labio del cucharón del cargador frontal. También se presenta en la estructura del cargador pero con menos frecuencia.



Gráfico 2.18 Rajadura en plancha de refuerzo



Gráfico 2.19 Rajadura en adaptadores de uñas

- **Rotura.** Este tipo de averías se presentan principalmente en las planchas de refuerzo, plancha base y labio del cucharón del cargador frontal debido. También se presenta en los accesorios del cucharón pero se repara fuera del equipo después de cambiarlo.

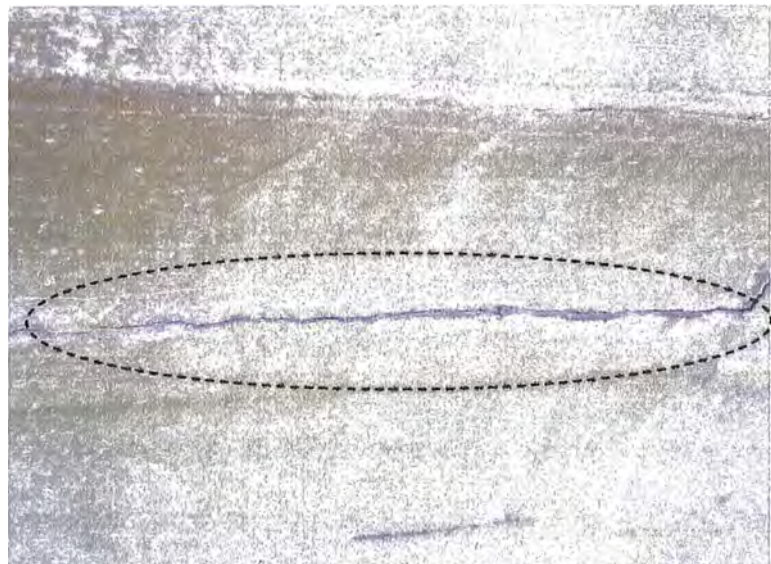


Gráfico 2.20 Rotura en plancha de refuerzo

2.8. REPARACIÓN DE AVERÍAS PRESENTADAS EN LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR FRONTAL

Para realizar la reparación por soldadura de los implementos del cargador frontal se debe tomar en cuenta el material a utilizar así como el procedimiento de soldadura.

2.8.1. Materiales utilizados en la reparación de los implementos del cargador

Los materiales utilizados en la reparación de los implementos del cargador se caracterizan por tener propiedades de resistencia superiores a las planchas estructurales debido a las condiciones de trabajo.

2.8.1.1. *Acero*

El acero es una aleación de hierro con pequeñas cantidades de otros elementos, es decir, hierro combinado con un 1% aproximadamente de carbono, y que hecho ascua y sumergido en agua fría adquiere por el temple gran dureza y elasticidad.

2.8.1.2. *Propiedades mecánicas del acero*

- ***Resistencia al desgaste.*** Es la resistencia que ofrece un material a dejarse erosionar cuando esta en contacto de fricción con otro material.

- *Tenacidad.* Es la capacidad que tiene un material de absorber energía sin producir Fisuras (resistencia al impacto).
- *Maquinabilidad.* Es la facilidad que posee un material de permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta.
- *Dureza.* Es la resistencia que ofrece un acero para dejarse penetrar. Se mide en unidades BRINELL (HB) ó unidades ROCKWEL C (HRC), mediante test del mismo nombre.
- *Soldabilidad.* Es la propiedad que presentan algunos metales por la que dos piezas en contacto pueden unirse íntimamente formando un conjunto rígido.

2.8.1.3. *Planchas antidesgaste*

Son planchas de acero fabricadas para aplicaciones de protección antidesgaste (protección contra impacto y abrasión) son aceros de baja aleación que contienen, aparte del elemento base (Fe), diversos elementos de aleación como son (C, Mn, Ni, etc), que se agregan en diferentes proporciones para acentuar propiedades específicas tales como dureza, resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, tenacidad, fluidez, etc.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los efectos de los elementos de aleación sobre las propiedades del acero.

EFECTOS DE LOS ELEMENTOS EN EL ACERO

ELEMENTO	EFEECTO
Boro – B	Dureza
Carbono – C	Dureza, Resistencia
Cromo – Cr	Dureza, Resistencia al Desgaste, Resistencia a la Corrosión
Cobalto – Co	Resistencia a la Corrosión, Dureza en Caliente
Fierro – Fe	Elemento Base
Manganeso – Mn	Tenacidad, Capacidad de Endurecimiento por Deformación
Molibdeno – Mo	Resistencia, Dureza, Resistencia al Desgaste
Níquel – Ni	Dureza, Resistencia a la Corrosión
Silicio – Si	Fluidez
Titanio – Ti	Dureza, Resistencia al Desgaste
Tungsteno – W	Dureza, Dureza en Caliente, Resistencia al Desgaste
Vanadio – V	Tenacidad, Resistencia al Desgaste

En el mercado existe una variedad de planchas antidesgaste utilizados para la reparación de los cucharones como son:

- Aceros T1
- Acero JFE EverHard
- Astralloy V
- Super C
- Tri-Braze
- Wearalloy AR – 500

Estos aceros son tienen excelentes propiedades de resistencia al desgaste y a la tracción (105 - 135 ksi), junto a un buen nivel de

tenacidad a altas y bajas temperaturas así como una buena soldabilidad.

Otro tipo de planchas utilizadas en las reparaciones de los cucharones son las planchas llamadas bimetálicas como son:

- Bimetálica Hoverdale P-700
- Bimetálica Triten T- 200X
- Bimetálica Arco Plate

Estas planchas de acero se han añadido por fusión una aleación combinada de ferrocromo y de carburos de cromo, con el objeto de resistir desgaste y abrasión considerables. Este recubrimiento contiene alrededor de 40% de carburos de cromo y es de alta dureza.

2.8.2. Procesos de soldadura utilizados durante la reparación de los implementos del cargador

Los procesos utilizados en la reparación de los implementos del cargador frontal son: proceso de corte con Arco aire y SMAW (electrodo para corte) y proceso de soldadura SMAW y FCAW.

2.8.2.1. Proceso de corte Arco Aire con electrodo de grafito.

Es un proceso de corte que usa un electrodo de carbón de grafito para crear un arco eléctrico y así calentar el material, y con un fuerte chorro de aire comprimido remover el metal fundido.



Gráfico 2.21 Soldador usa equipo de arc air



Gráfico 2.22 Corte con Arc Air

El equipo consta de una pinza de electrodo especial que está fijada a la fuente de corriente continua y una fuente de aire comprimido. La sujeta con la pinza al electrodo de carbón en mordazas de cobre, una de las cuales tiene una serie de agujeros a través de los cuales pasa el aire comprimido.

Para lograr el corte, el electrodo de carbón se coloca cerca de la pieza de trabajo donde se realizara la reparación para crear un arco.

Una vez que se funde el metal, el chorro de aire comprimido sopla al metal fundido fuera, para producir una ranura o corte. La pinza del electrodo se fija a una fuente de potencia y a una fuente de aire comprimido.

Este proceso se utiliza debido a que se puede cortar cualquier metal, además para remover las áreas defectuosas de la soldadura o metal base, es muy efectivo como herramienta para la preparación de la junta en la unión de dos piezas a ser soldadas a tope pueden ser alineadas con sus biseles rectos en contacto.

El proceso puede ser empleado para producir preparación de biseles en U, también para mecanizado basto de partes grandes y complejas.



Gráfico 2.23 Corte de bisel terminado con proceso Arc Air

Las ventajas de este proceso de corte son:

- Es un método relativamente eficiente para remover material.
- Tiene la capacidad de cortar cualquier metal.
- Debido a que usa las mismas fuentes de potencia que las usadas por algunos tipos de soldadura, los costos de los equipos son mínimos.

Es un proceso muy ruidoso y sucio, por la seguridad del operador se tiene que tener doble protección auditiva para reducir los niveles de ruidos, y filtros para la respiración para eliminar la inhalación de las partículas metálicas producidas. En algunos casos se puede requerir también de un vigía para asegurarse que el chorro del metal cortado no genere riesgo de incendio.

2.8.2.2. *Proceso de soldadura por arco con electrodos revestidos (SMAW - Shielded Metal Arc Welding)*

Es el proceso en el cual la fusión del metal se produce mediante el calor generado por un arco eléctrico formado entre el extremo de un electrodo revestido y el metal base de la pieza de trabajo.

Al formarse el arco eléctrico se genera un intenso calor que produce la fusión del material base así como del electrodo revestido, al descomponerse el revestimiento del electrodo formara

una atmósfera rica en CO₂ y la escoria que protegerá la unión del metal base con el metal de aporte, durante la solidificación la capa de escoria ocupará la parte superior del cordón y protegerá el metal depositado durante el enfriamiento, también el revestimiento sirve para estabilizar el arco.



Gráfico 2.24 Soldador suelda con proceso SMAW

Las ventajas de este proceso son:

- El equipo es relativamente sencillo, portátil y económico.
- La protección de la unión de los metales se debe a la descomposición del revestimiento que tiene el electrodo.
- No se necesita protección adicional de gases o fundentes.
- El proceso de soldadura te permite soldar en campo, no obstante debemos minimizar la acción del viento, lluvia y nieve afecte la unión durante el proceso de soldadura.
- Se puede realizar el proceso de soldadura en cualquier posición.

- Es aplicable para una gran variedad de espesores mayores de 2,0 mm.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones de aceros antidesgaste.

Las Limitaciones de este proceso son:

- Se requiere que el soldador tenga una gran habilidad.
- Es un proceso lento, por la baja tasa de deposición y por la necesidad de retirar la escoria, cada vez que se termine de soldar con un electrodo.
- No es aplicable a metales de bajo punto de fusión como el Plomo, estaño, Zinc y sus aleaciones, debido a que el intenso calor del arco es excesivo para ellos. Tampoco es aplicable a metales de alta sensibilidad a la oxidación como el Titanio, Circonio y Niobio ya que la protección que proporciona es insuficiente para evitar la contaminación por oxígeno de la soldadura.
- El ratio de deposición es menor al ratio obtenido por los procesos como FCAW o GMAW. Esto se debe a que en el proceso SMAW el electrodo es una varilla la cual cada vez que se acabe hasta una longitud mínima (unos 5,0 mm.) hay que desecharla mientras en los procesos de soldadura FCAW o GAMAW el material de aporte es un alambre por ende no hay mucha interrupción debido al material de aporte.

2.8.2.3. *Proceso de soldadura con alambre tubular con núcleo de fundente (FCAW – Flux Cored Arc Welding)*

En el proceso de soldeo por arco con electrodos tubular la soldadura se consigue con el calor de un arco eléctrico establecido entre un alambre -electrodo consumible continuo y la pieza que se suelda. La protección se obtiene del fundente contenido dentro de un alambre tubular.

El alambre tubular al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria; pudiéndose utilizar con o sin gas de protección adicional.

Es un proceso semiautomático, aunque puede ser utilizado en el soldeo mecanizado y automatizado.

Las variantes de este proceso son:

- Proceso de soldadura con alambre tubular con núcleo de fundente con protección gaseosa (FCAW-G: Gas Shielded Flux Cored Arc Welding). Esta variante también es conocida como Outershielded, la protección gaseosa suele ser CO₂ o mezclas de CO₂ y argón además de la acción protectora del fundente.
- Proceso de soldadura con alambre tubular con núcleo de fundente sin protección gaseosa (FCAW-S: Self –Shielded Flux Cored Arc Welding). También llamado Innershielded, en esta variante la

protección del baño de fusión se logra gracias a la descomposición y vaporización del fundente.

En ambos métodos el electrodo forma escoria que cubre y protege el metal de soldadura hasta que solidifica y en ambos casos, la protección del arco puede soportar el viento y los agentes atmosféricos en mayor medida que los procesos con protección gaseosa (TIG, MIG, MAG).



Gráfico 2.25 Soldador suelda con proceso tubular.

Las ventajas de este proceso son:

- Se utiliza para el soldeo de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidable y fundiciones también se suele utilizar para realizar recargues.
- Produce soldaduras suaves y sanas, penetración profunda, buenas propiedades para radiografía; además el metal depositado es de alta

calidad; adicionalmente se puede realizar cualquier tipo de junta y en cualquier posición.

- La elección del tipo de proceso (Innershielded o Outershielded) depende de las propiedades mecánicas deseadas, del tipo de alambre disponible y del tipo de unión. Los procesos semiautomáticos con protección de gas cuando son utilizados al aire libre han de ser necesariamente aislados del viento que desplazaría el gas y dejarían desprotegido el baño de fusión.
- El proceso FCAW-S es idóneo para utilizarlo en lugares donde existan corrientes de aires y donde las condiciones climatológicas sean adversas.

Respecto al soldeo con electrodo revestido, este proceso tiene la ventaja de su mayor productividad se traduce en una reducción del costo de los productos. La mayor desventaja respecto a la soldadura con el proceso de electrodo revestido es el mayor costo del equipo, que supone una inversión inicial.

Otras características de este proceso son:

- No se requiere tanta limpieza del metal base en comparación con él, proceso MIG/MAG.
- Los alambres tubulares son mas caros que los electrodos revestidos, excepto para algunos aceros de alta aleación.

- En la actualidad está limitado al soldeo de todo tipo de aceros y aleaciones base Níquel.

2.8.3. Materiales de aportes utilizados en la reparación de los implementos del cargador frontal.

Los materiales de aporte utilizados en la reparación de los implementos del cargador frontal según el tipo de proceso de *soldadura son:*

- *Proceso de soldadura SMAW:* E6011, E7018 y otros especiales.
- *Proceso de soldadura FCAW:* E70T4, E71T1
- *Proceso de corte Arco - Aire:* Electrodo de grafito.

2.8.4. Inspección en la reparación de los implementos del cargador

En la reparación por soldadura de los implementos del cargador es importante la inspección y los ensayos no destructivos antes, durante y después de los trabajos de soldadura para garantizar que los implementos del cargador frontal no fallen debido a un mal procedimiento realizado.

2.8.4.1. Inspección visual

La razón principal para realizar la inspección visual en forma continua es descubrir los problemas ni bien aparecen en la reparación de los implementos de forma que puedan ser corregidos de la manera más eficiente.

La inspección visual debe realizarse antes, durante y después de la reparación por soldadura de los implementos del cargador frontal.

Antes de la Soldadura

- Revisar y verificar los procedimientos de soldadura.
- Verificar las calificaciones de cada soldador.
- Verificar el estado del equipo de soldadura
- Verificar la calidad y el estado del metal base y los materiales de aporte a ser usados.
- Verificar los preparativos para el corte y la soldadura.
- Verificar la presentación de la junta
- Verificar la limpieza de la junta
- Verificar precalentamiento si se requiere

Durante la Soldadura

- Verificar que las variables de soldadura estén de acuerdo con el procedimiento de soldadura
- Verificar la calidad de cada pasada de soldadura
- Verificar la limpieza entre pasadas
- Verificar la temperatura entre pasadas
- Verificar la secuencia y ubicación de las pasadas de soldadura individuales
- Verificar las superficies repeladas

- Si se requiere, verificar los ensayos NDE durante el proceso

Después de la Soldadura

- Verificar el aspecto final de la soldadura terminada
- Verificar el tamaño de la soldadura
- Verificar la longitud de la soldadura
- Verificar la precisión dimensional del componente soldado
- Si se requiere, verificar los ensayos NDE adicionales
- Si se requiere verificar el tratamiento térmico posterior a la soldadura

2.8.4.2. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos, permiten realizar una evaluación no destructiva de la reparación realizada, alcanzando indirectamente los resultados válidos, dejando la reparación sin cambios y lista para ser colocada en servicio si fuera aceptable. Los ensayos no destructivos aplicados a la reparación por soldadura de los implementos del cargador son:

2.8.4.2.1. Líquidos Penetrantes

El ensayo de líquidos penetrantes revela discontinuidades superficiales mediante la afloración de un medio penetrante contra un fondo contrastante coloreado. Esto se logra mediante la aplicación de un líquido penetrante sobre la superficie limpia de

la pieza a ensayar. Una vez que se deja permanecer al penetrante sobre la superficie durante una cantidad de tiempo de penetración, éste va a infiltrarse adentro de cualquier abertura superficial. A continuación se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador que saca al penetrante que permanece en las discontinuidades. Las indicaciones resultantes son mostradas en contraste y magnifican la presencia de la discontinuidad a manera que pueden ser interpretadas visualmente.



Gráfico 2.26 Ensayo de tintes penetrantes en bisel.

Las ventajas de este método de ensayos de líquidos penetrantes son:

- El uso de líquidos penetrantes no está limitado al ensayo de objetos metálicos. Cualquier material no poroso puede ser ensayado mediante este método para detectar la presencia de discontinuidades superficiales.

- También es conveniente para evaluar juntas soldaduras por brazing entre metales difieren, que pueden presentar problemas con otros métodos
- Y puede ser aplicado a materiales no magnéticos cuando otras técnicas no son aplicables.
- El proceso es fácilmente transportable, especialmente los removibles mediante solvente.
- Para este método, hay latas de aerosol de penetrante, revelador y revelador que pueden ser llevados a cualquier lugar de ensayo. Dependiendo del tipo de sistema penetrante usado, el equipo requerido puede ser mínimo, permitiendo el uso del ensayo de líquidos penetrante sin un costo excesivo comparado con otros métodos de ensayo.

Las desventajas de este método de ensayos de líquidos penetrantes son:

- Este tipo de ensayo no detecta discontinuidades sub superficiales.
- Lleva demasiado tiempo cuando se lo compara con otros ensayos como el de partículas magnéticas.
- La limpieza superficial de la pieza a ensayar es requerida para ciertos casos para tener un efecto significativo sobre la confiabilidad de este ensayo.
- Debe limpiarse la pieza a ensayar después de un el ensayo se realizó.

- Cuando se ensayan superficies rugosas, irregulares que son las que generalmente se presentan como resultado de la soldadura, la presencia de indicaciones no relevantes hacen que su interpretación sea muy difícil.
- Encender un arco sobre una superficie que contenga estos materiales no solamente afecta la calidad de la soldadura, también puede resultar en la formación de humos nocivos o peligrosos que pueden crear un riesgo para la seguridad del personal.

2.8.4.2.2. Partículas Magnéticas

Este método de ensayo no destructivo es usado para descubrir discontinuidades superficiales en materiales ferromagnéticos.

Las discontinuidades superficiales presentes en una pieza magnetizada van a causar que el campo magnético aplicado cree polos en cada extremo de la discontinuidad, creando una fuerza de atracción para las partículas de hierro. Si las partículas de hierro, que son partículas magnéticas debido a que pueden magnetizarse, son arrojadas sobre la superficie, pueden ser sostenidas o acomodadas en el lugar por este campo atractivo para producir una acumulación de partículas de hierro y de esta manera una indicación visual.

El ensayo de partículas magnéticas se basa en el magnetismo. En la figura se muestra un diagrama del campo magnético asociado con la barra magnética.

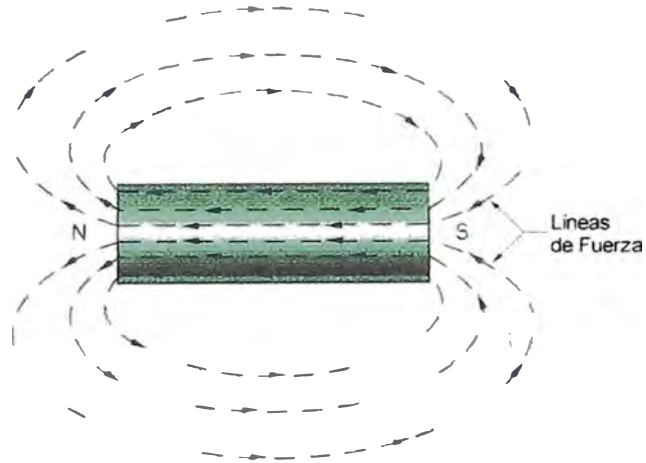


Gráfico 2.27 Líneas magnéticas en un imán

Mirando este diagrama, hay varios principios del magnetismo que son demostrados. Primero, hay líneas magnéticas de fuerza, o líneas de flujo magnético, que tienden a viajar desde un extremo (o polo) del imán hacia el extremo opuesto (el otro polo). Estos polos son designados como polo norte y polo sur. Las líneas de flujo magnético forman lazos continuos que viajan desde un polo hacia el otro en una dirección. Estas líneas siempre permanecen virtualmente paralelas una a la otra y nunca se cruzan entre sí. Por último, la fuerza de estas líneas de flujo es mayor cuando están totalmente contenidas adentro de un material magnético o ferroso. Aunque van a viajar a través de algunas separaciones rellenas con

aire, su intensidad es reducida significativamente a medida que la longitud de la separación aumenta.

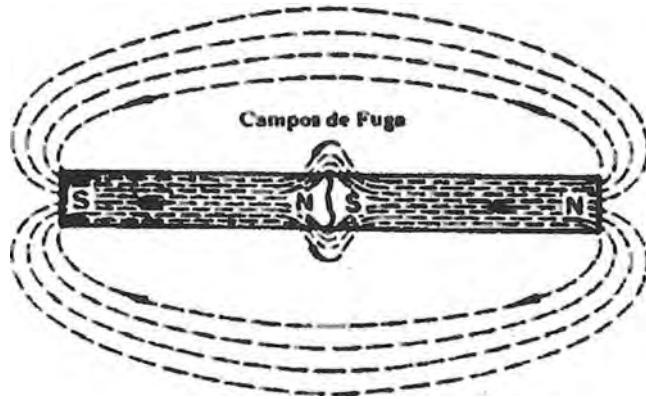


Gráfico 2.28 Detección de una discontinuidad con una barra magnética

Consideremos ahora la discontinuidad que está presente en la barra de acero; en la vecindad de esa discontinuidad, hay campos magnéticos de signo opuesto creados en los extremos opuestos de la separación de aire presente en la discontinuidad. Estos polos de signo opuesto tienen una fuerza atractiva entre ellos, y si el área es rociada con partículas de hierro, estas partículas van a ser atraídas y sostenidas en el lugar de la discontinuidad. Por esto para realizar un ensayo de partículas magnéticas, debe haber algunas muestras de generación de un campo magnético en la pieza a ensayar. Una vez que la parte ha sido magnetizada, las partículas de hierro son rociadas sobre la superficie. Si las discontinuidades están presentes, estas partículas van a ser

atraídas y sostenidas en el lugar para proveer una indicación visual.

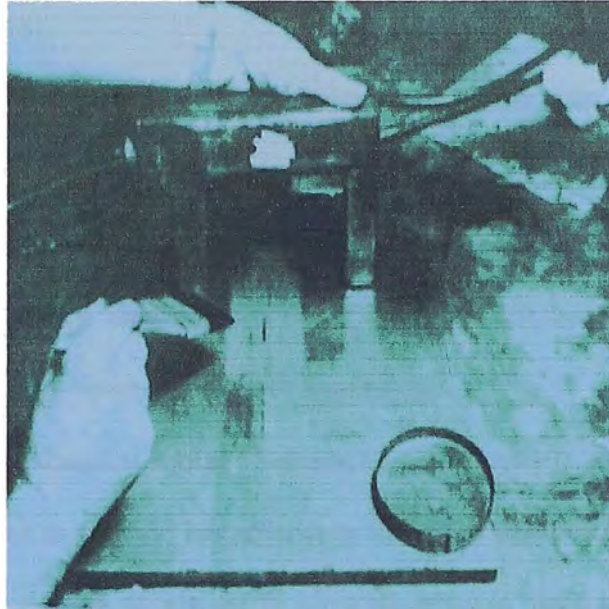


Gráfico 2.29 Ensayo de partículas magnéticas en la detección de una rajadura

Las partículas de acero usadas son muy pequeñas y generalmente proveen un color vívido que contrasta con el del objeto a ensayar. Estas partículas magnéticas son aplicadas como un polvo seco con un chorro de aire de baja velocidad, o son aplicadas como una suspensión en un líquido como aceite liviano o agua sobre la pieza.

Las ventajas del método de partículas magnéticas son:

- Es rápido y de bajo costo.

- Este método puede hacerse muy portátil y puede ser muy bueno para la detección de discontinuidades superficiales.
- El ensayo puede hacerse a través de capas muy finas de recubrimiento.
- La mayor limitación es que solamente puede ser usado en materiales que sean magnéticas.
- Otras limitaciones son que la mayoría de las partes requieren una desmagnetización después del ensayo y que los recubrimientos gruesos pueden enmascarar discontinuidades.
- La desmagnetización requiere el empleo de corriente alterna, y se realiza ya sea moviendo lentamente la pieza del campo magnético o reduciendo la corriente de inducción aplicada a la pieza a cero.
- Es requerida para ambas aplicaciones electricidad, esto limita su portabilidad.
- Las superficies rugosas como aquellas que quedan como resultado de la soldadura o en fundiciones pueden hacer que la evaluación sea aún más difícil.
- Los resultados del ensayo de partículas magnéticas pueden ser registrados mediante esquemas, fotografías o colocando una cinta transparente sobre la indicación y luego transfiriéndola a una hoja limpia de papel.

2.8.4.2.3. Ensayo por ultrasonido

El ensayo por ultrasonido es un método de inspección que usa ondas sonoras de alta frecuencia, por encima del rango audible por el ser humano, para medir propiedades geométricas y físicas en los materiales. Las ondas sonoras viajan a distintas velocidades en los distintos materiales. Sin embargo, la velocidad de propagación del sonido en un material dado, es un valor constante para ese material.

Las aplicaciones del ensayo por ultrasonido incluyen tanto la detección de discontinuidades superficiales o subsuperficiales. Este método es más sensible para discontinuidades planares, especialmente aquellas que están orientadas en forma perpendicular al haz sonoro. Por este método se pueden detectar laminaciones, fisuras, falta de fusión, inclusiones y agujeros. A la vez que determina si un metal es sano, pueden realizarse también mediciones de espesor.



Gráfico 2.30 Detección de discontinuidades en el cordón de soldadura por ultrasonido

Las Ventajas de este tipo de ensayo son:

- Es capaz de determinar no sólo la ubicación en longitud y lateral, sino que también provee al operador con una determinación de la profundidad de la discontinuidad debajo de la superficie.
- Sólo requiere acceso de un solo lado del material a ser ensayado. Esta es una gran ventaja en la inspección de recipientes, tanques, y sistemas de cañerías.
- Detecta de mejor manera aquellas discontinuidades planares críticas tales como fisuras y falta de fusión.
- Es más sensible a discontinuidades que están perpendiculares al haz de sonido. Debido a que se pueden alcanzar distintos ángulos de haz con cuñas de plexiglas, el ensayo por ultrasonido puede detectar laminaciones, falta de fusión y fisuras que están

orientadas de manera tal que no podría hacerse con ensayo radiográfico.

- Tiene capacidad de penetración profunda, hasta 200 pulgadas en acero, y puede ser muy preciso. Los equipos de ensayo por ultrasonido modernos tienen un peso muy bajo y frecuentemente la batería como fuente lo hace muy portátil.
- Las máquinas más nuevas tienen posibilidad de almacenar datos dentro de las unidades, que se pueden llevar con la mano y sólo pesa uno o dos libras.

Las limitaciones de este tipo de ensayo son:

- Requiere operadores altamente capacitados y experimentados debido a que la interpretación puede ser dificultosa.
- La superficie del objeto de ensayo debe estar totalmente suave, y se requiere medio acoplante para el ensayo de contacto.
- Se requieren normas de referencia, y este método de inspección de soldadura generalmente se limita a soldaduras a tope en materiales que tienen un espesor mayor a $\frac{1}{4}$ in.

2.8.5. Reparación actual por soldadura de los implementos del cargador

En la actualidad la reparación de las averías por el proceso de soldadura en los cargadores se dan en la estructura y el cucharón, principalmente en el segundo componente.

2.8.5.1. Reparación de la estructura del cargador

El procedimiento de la reparación por soldadura de la estructura del cargador que se realiza es según se indica continuación:

- Ubicación del equipo en una bahía para su reparación
- Ubicación de la fisura en la estructura del equipo.
- Traslado de equipos y herramientas a bahía de reparación.
- Bloqueo de equipo.
- Elaboración de Análisis Seguro de Trabajo.
- Inspección visual de la rajadura en la estructura del cargador.
- Remoción del material base con varilla de electrodo para corte (proceso SMAW)
- Limpieza mecánica de la zona removida.
- Inspección visual de la zona para confirmar la eliminación de la rajadura.
- Biselado de la zona removida en un ángulo de 30°.
- Limpieza mecánica de la zona biselada.
- Pre calentamiento de la zona a soldar a 120°C
- Verificar con tiza térmica el pre calentamiento.
- Los pases de soldadura son con electrodo E7018 (Proceso SMAW)
- Limpieza mecánica y esmerilado.

2.8.5.2. Reparación del cucharón.

La reparación por soldadura del cucharón del cargador se realiza según se indica:

- Ubicación del equipo en una bahía para su reparación
- Ubicación de la fisura en el cucharón.
- Traslado de equipos y herramientas a bahía de reparación.
- Bloqueo de equipo.
- Elaboración de Análisis Seguro de Trabajo.
- Inspección visual de la rajadura en el cucharón del cargador.
- Remoción del material base con varilla de electrodo para corte (proceso SMAW)
- Limpieza mecánica de la zona removida.
- Inspección visual de la zona para confirmar la eliminación de la rajadura.
- Biselado de la zona removida en un ángulo de 30°.
- Limpieza mecánica de la zona biselada.
- Pre calentamiento de la zona a soldar a 180°C
- Verificar con tiza térmica el pre calentamiento.
- Los pases de soldadura son con electrodo E7018 (Proceso SMAW)
- Limpieza mecánica y esmerilado.

CAPITULO III

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL MANTENIMIENTO Y
REPARACIÓN DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR
FRONTAL**

3.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (M.C.C.)

Después de haber realizado un análisis de las funciones, fallas funcionales, modos de falla y sus efectos se tiene:

3.1.1 Tareas generadas del análisis vs. tareas actuales

Después de realizar el análisis mediante el mantenimiento centrado en confiabilidad se tiene una comparación de las tareas actuales y las tareas obtenidas por el análisis.

Item	MODOS DE FALLA Hallados en el Análisis con M.C.C.	Tareas recomendadas por Caterpillar	Tareas realizadas actualmente, c/333 h	Tareas propuestas en el Análisis con M.C.C.	Histórico de fallas (ocurrencias)
1	Rotura de los Brazos de Levante por sobrecarga.		PM: Rajaduras en el boom	Inspección predictiva de fisuras (ultrasonido) de los brazos de levante, en puntos específicos alrededor del Pin A y Pin B.	Dos eventos ocurridos el año 2004, ambos por sobrecarga.
2	Cordón de soldadura del Crossmember roto por sobre carga.		Pre-PM: Inspección Predictiva visual	Inspección predictiva de fisuras superficiales (partículas magnéticas) en cordones de soldadura de unión de Crossmember.	Rajaduras en cordones de unión con los brazos. Falla habitual.
3	Desgaste de los alojamientos de pines por mala distribución de la carga (18 pines).			Inspección predictiva (Toma de temperaturas) de pines.	Soltura de bocinas, especialmente en pines B, C y D.
4	Rotura por sobrecarga en los alojamientos de pines (18).			Inspección predictiva de fisuras superficiales (partículas magnéticas) en las masas de los alojamientos de los pines (18)	Rotura generalmente observada en orejas de pines D de balancín.
5	Rotura del labio del cucharón por sobrecarga.			Inspección predictiva (partículas magnéticas) de los labios del cucharón en puntos críticos.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
6	Rotura del cuerpo del cucharón por sobrecarga.		PM: Cucharón, por rajaduras, abolladuras	Inspección predictiva (partículas magnéticas) del cucharón.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
7	Rotura de los esquineros por sobrecarga.			Inspección predictiva (partículas magnéticas) de esquineros en puntos críticos.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
8	Cucharón con carga excesiva.			Entrenar al operador en procedimientos adecuados y seguros de operación.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
9	Cucharón con carga excesiva para plano inclinado.			Verificar con el fabricante la carga máxima de trabajo del 994D para nuestro contexto operacional y crear procedimiento y entrenar al operador.	La caída de material afecta las llantas.
10	Puntos de izable deteriorados por impacto.			Inspección predictiva (visual) de cáncamos.	Dificulta y alarga el trabajo de mantenimiento.
11	Maniobra mal ejecutada.			Verificar con el fabricante los pesos de componentes y verificar los puntos de maniobra para nuestro contexto operacional, crear procedimiento y entrenar a los mecánicos	Compromete la integridad del personal de mantenimiento.
12	Procedimientos inadecuados de izable.			Verificar con el fabricante los pesos de componentes y verificar los puntos de maniobra para nuestro contexto operacional, crear procedimiento	Compromete la integridad del personal de mantenimiento.

13	Rotura de estructura de cucharón por desgaste.		Pre-PM: Inspección Predictiva visual	Inspección predictiva (ultrasonido) de medición de espesores en áreas críticas del cucharón.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
14	Rotura de cucharón por impacto.			Ninguna tarea programada.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
15	Rotura de protectores de líneas de engrase por impacto.			Inspección predictiva de fisuras (visual) en las guardas dañadas.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
16	Rotura de los protectores de Pin B por impacto.		Pre-PM: Inspección Predictiva visual	Inspección predictiva de fisuras (visual) en las guardas dañadas.	Se aprecian rajaduras por varias partes del elemento.
17	Rotura de rejilla de cucharón por impacto.		Pre-PM: Inspección Predictiva visual	Inspección predictiva de deformaciones (visual) en las rejillas.	Se aprecian rajaduras y agujeros por varias partes del elemento.
18	Desgaste de alguno de los topes de posición del cucharón.			Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme).	Este desgaste afecta la integridad estructural del sistema ya que lo golpea de forma desigual. Presenta rajaduras.
19	Defecto instalación de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante.			Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	Este desgaste afecta la integridad estructural del sistema ya que lo golpea de forma desigual. Presenta rajaduras.
20	Desgaste irregular de alguno de los topes de cucharón y brazos de levante.			Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	Este desgaste afecta la integridad estructural del sistema ya que lo golpea de forma desigual. Presenta rajaduras.
21	Defecto de instalación de topes de Crossmember y Balancines.			Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme)	Este desgaste afecta la integridad estructural del sistema ya que lo golpea de forma desigual. Presenta rajaduras.
22	Desgaste irregular entre los topes de posición del crossmember y topes de balancín.			Inspección predictiva de desgaste (medición de altura de topes y verificación de asentamiento uniforme).	Este desgaste afecta la integridad estructural del sistema ya que lo golpea de forma desigual. Presenta rajaduras.
23	Perdida de brillo y color (tizamiento) de pintura amarilla CAT			Restaurar pintura	Limita visibilidad del sistema de implementos.
24	Desprendimiento del 25% de la superficie pintada con pintura amarilla CAT			Inspección predictiva (visual) de desprendimiento de pintura.	Posible aparición de puntos de corrosión.

25	Suciedad de estructura cubre el 25% de la superficie pintada			Inspeccionar visualmente y estimar el área desprendida.	No permite una buena inspección, encubre fallas.
26	Rotura de uña		PM: Inspección visual de uñas. Pre-PM: Medición de longitudes de uñas.	Ningún mantenimiento programado.	Fallas relacionadas a garantías. Se debe tener un procedimiento para el reclamo.
27	Desgaste de uña	Revisión diaria, acción correctiva de cambio si hay agujero.	PM: Infección visual de uñas. Pre-PM: Medición de longitudes de uñas.	Inspección predictiva (medición) del largo de las uñas.	Desgaste proyectable. Se deberían programar todos sus cambios en taller, ninguno en campo, como se hace.
28	Desgaste de uña por mala operación del equipo.	Revisión diaria, acción correctiva de cambio si hay agujero.	PM: Inspección visual de uñas. Pre-PM: Medición de longitudes de uñas.	Inspección predictiva (visual) de la forma del desgaste de las uñas.	Una buena operación alarga la vida de los componentes.
29	Caída de uña por fallo en elemento de sujeción.			Inspección predictiva (visual) del desgaste de la cabeza de los pernos-seguro.	Predecible con una buena inspección. Se pueden evitar paradas innecesarias en campo.
30	Rotura de adaptador de uña por sobrecarga.			Ningún mantenimiento programado	Generalmente por impactos, no se puede determinar cuando va a suceder.
31	Rotura de adaptador de uña por defecto fabricación.			Ningún mantenimiento programado	Fallas relacionadas a garantías. Se debe tener un procedimiento para el reclamo.
32	Caída de adaptador por fallo en elemento de sujeción.		Pre-PM: Asegurar todos los adaptadores sueltos con pernos y "C" nuevas.	Inspección predictiva del juego de los adaptadores en el labio.	Soltura constante de elementos. Requiere habituales ajustes.
33	Rotura del elemento de sujeción de entreuña.		Pre-PM: Entredientes: Asegurar o cambiar pines	Ningún mantenimiento programado.	Ocasionados por impacto o soltura de los elementos.
34	Rotura del elemento de sujeción del MAWPS de labio.			Ningún mantenimiento programado.	Son 8 de estos elementos, uno de estos caídos no impacta de forma inmediata.
35	Rotura del elemento de sujeción de las soleras.			Inspección predictiva (visual) de los pernos de sujeción de la solera.	Una vez caídas causan gran daño a la base. Un promedio de una por mes se cae.

36	Rotura del elemento de sujeción del lagarto.			Inspección predictiva (visual) de los pines de sujeción del lagarto.	Una vez caídas causan gran daño a la base. Un promedio de una por cada dos meses se cae.
37	Rotura del elemento de sujeción de las taloneras.			Inspección predictiva (visual) de los pernos de sujeción y deformaciones en la base.	Una vez caídas causan gran daño a la base. Un promedio de una por mes se cae.
38	Soltura de elementos de sujeción de adaptador de uña por presencia de pintura en las superficies del clamp C.			Rediseñar el procedimiento para retirar la pintura y suciedad de todo el Clamp C antes de la instalación.	Tarea no realizada a la fecha. El impacto puede ser importante.
39	Rotura del elemento de sujeción del adaptador de uña.			Inspección predictiva (visual) de los elementos de sujeción del adaptador.	Roturas generadas por aflojamiento previo.
40	Desgaste de cuchillas y lagartos.	Revisión diaria (sólo cuchillas), acción correctiva de cambio si hay agujero.	PM: Inspección visual de cuchillas y lagartos. Pre-PM: Inspección visual de cuchillas y lagartos.	Inspección predictiva (visual) de espesores de las cuchillas y lagartos.	Desgaste proyectable. Se deberían programar todos sus cambios en taller, ninguno en campo, como se hace.
41	Soltura de Pin Flex de entreuña			Rediseño de Pin Flex.	
42	Desgaste de soleras	Revisión diaria, acción correctiva de cambio si hay agujero.	PM: Inspección visual de soleras. Pre-PM: Medición de espesores de soleras.	Inspección predictiva (medición) de espesores de las soleras	Desgaste proyectable. Se deberían programar todos sus cambios en taller, ninguno en campo, como se hace.
43	Elemento de sujeción de adaptadores de uñas obstruido por suciedad en alojamiento.			Rediseño de los seguros de los adaptadores de uña.	
44	Desgaste de cabeza de pernos seguros.			Rediseño de elementos de sujeción de uñas.	Cuando se permite el excesivo desgaste de las uñas suele suceder.
45	Perdida o daño por impacto en perno y espaciadores de apertura del pin B.			Rediseño (remover pernos y tubos e instalar pernos cortos como tapón)	Tubos que no cumplen una función práctica y generalmente son impactados por piedras y doblados.
46	Daño de la rosca interna del perno extractor de la abrazadera del pin B.			Proteger rosca del perno extractor.	Tubos / pernos que no cumplen una función práctica y generalmente son impactados por piedras y doblados.
47	Desprendimiento de más del 25% pintura amarillo CATERPILLAR			Inspección predictiva (visual) de pintura desprendida.	

3.1.2 Clasificación de las tareas generadas en el análisis

Una vez definido las tareas, los intervalos para realizarlas y el responsable de ejecutarlas se procede a dividir por áreas la relación de tareas asignadas:

➤ Tareas a ser realizadas por mantenimiento predictivo

Referencia modo de falla	Descripción de tarea	Intervalo
1A1	O1: Inspección de fisuras de brazos de levante	276 h
1A2	O1: Inspección de fisuras de crossmember	1656 h
1A5	O1: Inspección de fisuras en masas de los alojamientos	480 h
1B1	O1: Inspección de fisuras en labio de cucharón	720 h
1B2	O1: Inspección de fisuras en estructura de cucharón	456 h
1B3	O1: Inspección de fisuras en esquineros de cucharón	456 h
3A1	O1: Inspección de espesores de planchas de cucharón	720 h

➤ Tareas a ser realizadas por operaciones

Referencia modo de falla	Descripción de tarea	Intervalo
4A1	O1: Inspección de fisuras de guardas de líneas de grasa.	Diario
4A2	O1: Inspección de fisuras de protectores de pin B.	Diario
5A1	O1: Inspección visual de rejillas de bucket	Diario
7A3	O1: Inspección visual de suciedad de estructura	Diario
8A3	O1: Inspección de desgaste anormal de uñas	Diario
9A5	O1: Inspección visual de pernos de sujeción	Diario

➤ Tareas a ser realizadas por mecánicos mantenimiento

Referencia modo de falla	Descripción de tarea	Intervalo
1A4	O1: Inspección predictiva, toma de temperaturas de pines.	6 h
2A1	O1: Inspección de puntos de izaje	333 h
6A1	O1: Inspección de desgaste de topes	876 h
6B1	O1: Inspección de desgaste de topes	132 h
6B2	O1: Inspección de desgaste de topes	132 h
6C1	O1: Inspección de desgaste de topes	132 h
6C2	O1: Inspección de desgaste de topes	132 h
7A1	S1: Restaurar pintura	2 años
7A2	S1: Inspección de desprendimiento de pintura	1 año
8A2	O1: Medición de largo de uñas	167 h
8A4	O1: Inspección del desgaste de la cabeza de los pernos seguro	Diario
8A7	O1: Inspección de juego de adaptadores de uña en labio	50 h
9A3	O1: Inspección de los elementos de sujeción de las soleras	Diario
9A4	O1: Inspección de los elementos de sujeción de los lagartos	Diario
9A7	O1: Inspección de los elementos de sujeción de los adaptadores	Diario
9A8	O1: Inspección de los espesores de los lagartos y cuchillas	Diario
9A9	O1: Inspección de los espesores de las soleras	333 h
11A1	O1: Inspección de desprendimiento de pintura	1 año

➤ Tareas recomendadas a ser rediseñadas

Referencia modo de falla	Descripción de tarea	Intervalo
1C1	Verificar con el fabricante la carga máxima de trabajo y crear procedimiento operación	Ninguno
1D1	Verificar con el fabricante la carga máxima de trabajo y crear procedimiento operación	Ninguno
2A2	Verificar con el fabricante los pesos de componentes y crear procedimiento operación	Ninguno

2A3	Verificar con el fabricante los pesos de componentes y crear procedimiento operación	Ninguno
9A6	Rediseñar procedimiento de limpieza de pintura y suciedad de clamp C a instalar.	Ninguno
9A10	Rediseño de Pin Flex .	Ninguno
10A1	Rediseñar seguros de adaptadores de uñas	Ninguno
10A2	Rediseñar seguros de uñas	Ninguno
10B1	Rediseño (remover pernos y tubos e instalar pernos cortos como tapón)	Ninguno
10B2	Rediseño de sistema de almacenamiento de pernos de extracción de bocina pin B	Ninguno

➤ Modos de fallas recomendados a no tener tareas de mantenimiento

Referencia modo de falla	Descripción de tarea	Intervalo
3A2	No hay mantenimiento programado	Ninguno
8A1	No hay mantenimiento programado	Ninguno
8A5	No hay mantenimiento programado	Ninguno
8A6	No hay mantenimiento programado	Ninguno
9A1	No hay mantenimiento programado	Ninguno
9A2	No hay mantenimiento programado	Ninguno

3.2 PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE LOS IMPLEMENTOS DEL CARGADOR

Durante la reparación por soldadura de los implementos del cargador es importante el cumplimiento de los procedimientos de reparación ya que una mala aplicación trae como consecuencia que se presente en el cucharón rajaduras o defectos tempranamente en la zona reparada.

A continuación se presenta los procedimientos de soldadura.

3.2.1 Propuesta de procedimiento de soldadura en la reparación de la estructura del cargador (frame), el procedimiento considera la reparación de una rajadura en la estructura del cargador.

- Ubicación del equipo en una bahía para su reparación
- Ubicación de la fisura en la estructura del cargador.
- Traslado de equipos y herramientas a bahía de reparación.
- Bloqueo de equipo.
- Elaboración de Análisis Seguro de Trabajo.
- Prepare el área para realizar la reparación por soldadura.
- Limpiar el área donde se efectuara la soldadura, cerciorándose que no haya sustancias combustibles (aceite, grasa, pintura y basura inflamable).
- Ubicar el cable a tierra de la soldadura lo mas cercano posible a la zona de la reparación.
- Proteja las superficies cercanas del equipo contra chispas.
- Realice una inspección visual y tintes penetrantes de la rajadura.
- Si la temperatura del metal base esta por debajo de 0°C (32°F), calentar el metal base hasta una temperatura por lo menos de 21°C (70°F). Mantenga esta temperatura durante el proceso de soldadura, evite el excesivo calor en la zona ha reparar.
- Inicie el corte de la rajadura con el proceso de Arc Air, Teniendo en cuenta mantener un ángulo de bisel entre 35° y 45°.



Gráfico 3.1 Angulo de bisel en la reparación de rajaduras

- Una vez removido el material realizar una inspección visual y tintes penetrantes del biselado verificando la eliminación de la rajadura.
- Antes del inicio de la soldadura precalentar la zona biselada (junta) a aproximadamente 107 °C (225 °F). Para el control de temperatura durante el proceso de soldadura utilizar un pirómetro láser digital.
- Proceder al soldeo del bisel con el proceso FCAW (Alambre tubular E71T1).
- Considerar el uso del aliviador de tensiones después de cada pase de soldadura.
- Al término de la soldadura esmerilar los rasantes en una sola dirección perpendicular al cordón de soldadura (en un solo sentido).
- Permita que la soldadura se refresquen a la temperatura ambiente antes de poner en operación el equipo.
- Realizar la inspección una inspección visual de la unión de soldadura. La unión de soldadura debe estar libres de grietas, porosidad, socavación y de fusión incompleta.

- Para trabajo mas detallados como cambio de partes de la estructura mediante soldadura se deben examinar con una prueba ultrasónica.

3.2.2 Propuesta de mejora en el procedimiento de soldadura en la reparación del cucharón del cargador (bucket), el procedimiento considera la reparación de una rajadura en el cucharón del cargador.

- Ubicación del equipo en una bahía para su reparación
- Ubicación de la fisura en el cucharón del cargador.
- Traslado de equipos y herramientas a bahía de reparación.
- Bloqueo de equipo.
- Elaboración de Análisis Seguro de Trabajo.
- Prepare el área para realizar la reparación por soldadura.
- Limpiar el área donde se efectuara la soldadura, cerciorándose que no haya sustancias combustibles (aceite, grasa, pintura y basura inflamable).
- Ubicar el cable a tierra de la soldadura lo mas cercano posible a la zona de la reparación.
- Proteja las superficies cercanas del equipo contra chispas.
- Realice una inspección visual y tintes penetrantes de la rajadura.
- Inicie el corte de la rajadura con el proceso de Arc Air, Teniendo en cuenta mantener un ángulo de bisel entre 35° y 45°.



Gráfico 3.2 Angulo de bisel en la reparación de rajaduras

- Una vez biselado realizar la limpieza correspondiente con escobilla circular, esmeril y escareador (turbina).
- Una vez removido el material realizar una inspección visual y tintes penetrantes del biselado verificando la eliminación de la rajadura (si es necesario biselar 2" de más por lado en la dirección de la rajadura).
- Si la rajadura es pasante: por el lado interior hacer el corte faltando $\frac{1}{2}$ " a 1" para terminar el espesor de la plancha.
- Antes del inicio de la soldadura precalentar la zona biselada (junta) aproximadamente entre 150°C y 200°C. Para el control de temperatura durante el proceso de soldadura utilizar un pirómetro láser digital.
- Proceder al soldeo del bisel con el proceso FCAW (Alambre tubular E71T1).
- En caso que sea pasante la rajadura por el lado posterior realizar el corte hasta llegar a la raíz del cordón soldado y luego realizar el soldeo mediante el procedimiento de soldadura.

- Considerar el uso del aliviador de tensiones después de cada pase de soldadura.
- Realizar la inspección una inspección visual de la unión de soldadura. La unión de soldadura debe estar libres de grietas, porosidad, socavación y de fusión incompleta.
- Para trabajo mas detallados como cambio de labio del cucharón mediante soldadura se deben examinar con una prueba ultrasónica.

3.2.3 Resultado de la aplicación del nuevo procedimiento de soldadura en la reparaciones realizadas en el labio del cucharón:

Con los nuevos procedimientos de soldadura se implemento el dossier de calidad de los trabajos de mantenimiento y reparación de los implementos del cargador frontal, además se añadió al dossier de calidad procedimientos específicos de reparación de los implementos del cargador, catálogos de las planchas utilizadas en las reparaciones, datos técnicos de los materiales de aporte, normas de soldadura para acero estructural (AWS D1.1 – 2004) y las especificaciones para soldadura para equipos de construcción y movimientos de tierra (AWS D14.3 - 2000) además de implementar formatos de inspección y reparación de los implementos del cargador frontal.

Después de un seguimiento de las reparaciones realizadas y mejora del procedimiento de soldadura en el labio del cucharón se vio una

notoria mejora en el componente según se indica en el diagrama siguiente:

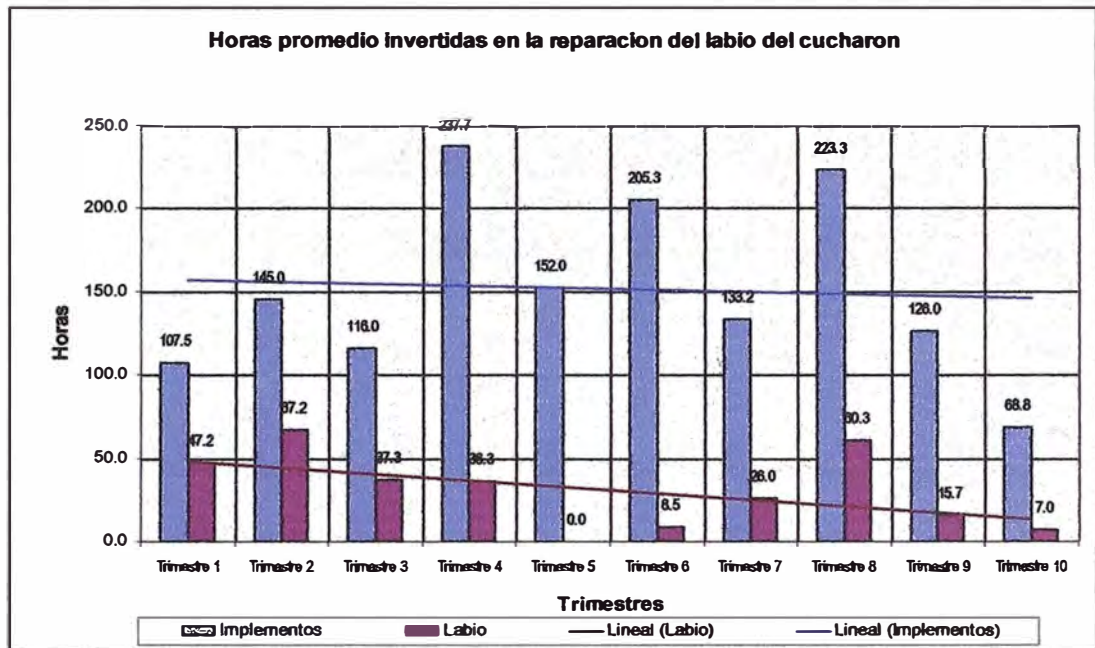


Gráfico 3.3 Tendencia de las reparaciones por soldadura en los implementos del cargador.

CAPITULO IV

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Para el análisis de costos de las reparaciones por soldadura en los implementos del cargador frontal se considerara una falla típica en la estructura del cargador y en el labio del cucharón.

4.1. CONCEPTOS DE LOS FACTORES RELACIONADOS A LOS COSTOS DE SOLDADURA

Conceptos previos para el análisis de costos en las reparaciones por soldadura de los implementos del cargador son:

4.1.1. Velocidad de consumo de electrodo de corte

Se define como el peso del electrodo de corte consumido en una unidad de tiempo, puede estar expresado en (lb/hr). Esta velocidad se

obtiene de tablas o gráficos proporcionados por los fabricantes de electrodos y alambres para la soldadura.

4.1.2. Velocidad de deposición

Se define como el peso de material de aporte en una unidad de tiempo, puede estar expresado en (lb/hr). Esta velocidad se obtiene de tablas o gráficos proporcionados por los fabricantes de electrodos y alambres para la soldadura.

4.1.3. Factor de Operación

Se define por la relación directa entre el tiempo de arco y el tiempo total:

$$F.O = \frac{\text{Tiempo Arco}}{\text{Tiempo Total}}$$

Donde:

Tiempo Arco: Es el tiempo durante el cual el arco esta encendido y por lo tanto también es el tiempo en el cual se ha realizado la deposición del material de aporte.

Tiempo Total: Es el tiempo del arco más el tiempo que el soldador usa en otras operaciones aparte de la soldadura (cambio de electrodos, reposicionamiento o parámetros de soldeo, limpieza entre pases, etc), incluyendo tiempo para propósitos personales.

El F.O siempre es menor que 1,0 y por lo tanto decimal. Por conveniencia el ratio es multiplicado por 100%.

Este factor debe de ser cuidadosamente determinado ya que tiene una considerable influencia en el cálculo de costo final.

El Factor de operación de cada proceso de soldadura es:

FCAW.....30-45%.

SMAW.....20-30%.

4.1.4. Velocidad de deposición real

Es la velocidad de deposición del material por el factor de operación; esta indica la velocidad para ejecutar un determinado trabajo de soldadura incluyendo los tiempos utilizados en actividades complementarias a la soldadura.

$$V_{\text{deposición real}} = V_{\text{deposición}} \times \text{F.O.}$$

4.1.5. Tiempo de deposición

Es la inversa de la velocidad de deposición real; indica el tiempo total utilizado por un trabajo de soldadura por unidad de peso.

$$T_{\text{deposición}} = \frac{1}{V_{\text{deposición real}}}$$

4.1.6. Costo Mano de Obra

Es el costo de la mano de obra del soldador más un ayudante esta expresado en \$/hr.

Para obtener el costo de la mano de obra en \$por unidad de peso de soldadura depositada simplemente se multiplica por el tiempo de deposición.

$$\text{Costo M.O } (\$/\text{lb}) = \text{Costo M.O } (\$/\text{hr}) \times T_{\text{deposición}}$$

4.1.7. Costos adicionales

Son los costos que se tienen por el uso de herramientas, implementos de limpieza y cualquier accesorio anexo al proceso de soldadura.

$$\text{Costos adicionales } (\$/\text{lb}) = \text{Costos adicionales } (\$/\text{hr}) \times T_{\text{deposición}}$$

4.1.8. Costos del electrodo o alambre

Es costo del material de aporte por unidad de peso (\$/lb).

4.1.9. Eficiencia del electrodo

Es el porcentaje del material del electrodo o alambre que se usa en la deposición; en el caso de los electrodos revestidos la eficiencia

es menor ya que se pierde material en forma de escoria, salpicaduras y colillas.

Las eficiencias de los electrodos son:

FCAW.....80-85%.

SMAW.....60-70%.

4.1.10. Costo del electrodo real

Es el costo del electrodo entre la eficiencia del mismo, representa la cantidad total y real del material de aporte a utilizar.

$$\text{Costo del electrodo real} (\$/\text{lb}) = \frac{\text{Costo del electrodo} (\$/\text{lb})}{\text{Eficiencia del electrodo}}$$

4.1.11. Costo de la Energía

Para calcular el costo total de la energía (\$/lb) se calcula primeramente la energía consumida por el equipo:

$$E_{\text{total}} (\text{Kw}) = \frac{F.O V_{\text{Trabajo}} \times I_{\text{Trabajo}}}{1000 \times \text{Eficiencia Equipo}} + \frac{(1 - F.O) \times V_{\text{vacío}} \times I_{\text{vacío}}}{1000}$$

El costo de la energía (\$/lb) se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Costo Energía} (\$/\text{lb}) = E_{\text{total}} (\text{Kw}) \times \text{Costo Energía} (\$/\text{Kw} - \text{h}) \times T_{\text{deposición}}$$

4.2. ESTRUCTURA DE COSTOS DE LA REPARACIÓN

En la reparación de los implementos del cargador frontal muchas veces se tiene la dificultad de cómo determinar los costos de soldadura. El análisis de costos puede ser requerido por los siguientes motivos:

- Comparar las ventajas económicas entre los diferentes procesos de soldadura en la reparación de los implementos del cargador.
- Evaluar cambios en los procedimientos de reparación por soldadura.
- Estimar la cantidad de materiales de soldadura a utilizar en una determinada reparación grande del cucharón del cargador frontal.

Los factores relacionados con el proceso de soldadura son:

Tiempo incurrido en:

- a. Posicionamiento.
- b. Soldadura.
- c. Cambio de electrodos, reposicionamiento o parámetros de soldeo.
- d. Necesidades del operario.
- e. Limpieza.
- f. Desarmado.
- g. Alivio de tensiones

El costo final incluye tres ítems:


1. Mano de Obra y Gastos Generales
2. Costos de materiales tales como electrodos, flux y gas
3. Costo de energía eléctrica.

Los costos de soldadura están directamente afectados por la cantidad de metal depositado en las reparaciones. Cuando las reparaciones se realizan en rajaduras con un ligero aumento de longitudes en el cucharón del cargador frontal también incrementan el metal depositado y por lo tanto el costo que resulta da un incremento en las dimensiones de la soldadura.

Para el análisis de costo se considera una reparación de rajaduras en posición plana (unión a tope por la posición de la rajadura), en la soldadura un ligero incremento en la sobremonta de la soldadura produce un gran incremento del metal depositado, debemos de precisar que la sobremonta no “trabaja”; del mismo modo la abertura raíz incrementa la cantidad de soldadura depositada esto se da cuando la rajadura es pasante.

A continuación se muestran los cuadros para determinar los costos de soldadura (\$/lb) para cada proceso en la reparación de rajaduras en la estructura del cargador y en el labio del cucharón; los valores que se muestran han sido extraídos de la experiencia obtenida en las reparaciones realizadas, así como de los catálogos técnicos respectivos.

Tabla 4.1 Dimensiones de rajaduras

Rajaduras a reparar	Longitud rajadura		
	pulg	mm	
Rajadura 1	6	152.4	
Rajadura 2	2	50.8	

* Las rajaduras pueden estar en la estructura o en el labio de cucharón de cargador frontal.

Tabla 4.2 Consideraciones para la reparación de las rajaduras

Longitud		Profundidad		Ancho		Observaciones
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	
5 1/2	140	2 3/8	60	2 1/4	57	<ul style="list-style-type: none"> Estos datos se tomaron después de realizada los cortes en las rajaduras. Puede estimarse las dimensiones del canal para la reparación de la rajadura encontrada pero debe realizarse previamente el ensayo no destructivo por ultrasonido.
4 1/4	108	1 3/8	35	1 1/2	38	

Tabla 4.3 Dimensiones de ranura cortada con proceso Arc - Air

Ancho de ranura		Profundidad de ranura		Diámetro de electrodo		Amperaje de corriente directa	Voltaje en electrodo positivo	Alimentación de electrodo		Velocidad de recorrido	
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm			ipm	mm/min	ipm	mm/min
3/8	9.5	1/2	12.7	5/16	7.9	540	42	5.6	142.2	27.2	690.9

* Extraído de "Welding Theory and Application"

Tabla 4.4 Cantidad de pases para llegar a eliminar la rajadura

Rajaduras a reparar	Área Total		Área ranura pase		Cantidad Pases	Longitud por pase	
	pulg ²	mm ²	pulg ²	mm ²		pulg	mm
Rajadura 1	2.67	1724	0.09	60.33	29	5.50	139.70
Rajadura 2	1.03	665	0.09	60.33	11	4.25	107.95

Tabla 4.5 Peso de material removido

Rajaduras a reparar	Volumen por pase		Peso por pase		Cantidad Pases	Peso total removido	
	pulg ³	mm ³	lb	kg		lb	kg
Rajadura 1	0.52	8427	0.1	0.07	29	4.15	1.89
Rajadura 2	0.40	6512	0.1	0.05	11	1.24	0.56

Tabla 4.6 Velocidad de eliminación

Rajaduras a reparar	Peso por pase		Longitud por pase		Velocidad de corte de material	
	lb	kg	pulg	mm	lb/hr	kg/hr
Rajadura 1	0.1	0.1	5.50	139.70	8.90	4.05
Rajadura 2	0.1	0.1	4.25	107.95	8.90	4.05

Tabla 4.7 Análisis de costo en el proceso de corte

Descripción	Proceso SMAW	
	Plana Chanfercord	Plana Arc Air
Posición de la rajadura		
Tipo electrodo	3/16" 5.0 mm	3/8" 9.5 mm
Diámetro Electrodo		
Polaridad	DC(+)	DC(+)
Amperaje	360	540
Voltaje	67	62
Presión de aire comprimido (Psi)	0	120
Velocidad degradación al 100% (lb/hr)	5.43	8.90
Factor de Operación	0.26	0.26
Velocidad degradación real (Lb/hr)	1.41	2.31
Tiempo de degradación (hr/lb)	0.71	0.43
MANO DE OBRA		
Costos Mano Obra & Indirectos (\$/hr)	8.36	8.36
Costo M.O. (\$/Lb)	5.92	3.61
Costos Adicionales (\$/Lb)	2.72	1.66
Costos total MO	8.64	5.27
DATOS DE MATERIALES		
Costo de electrodos (\$/lb)	1.10	1.90
Eficiencia Electrodo	0.73	0.74
Costo Electrodo Real (\$/Lb)	1.51	2.57
Costo total de Materiales (\$/Lb)	1.51	2.57
ENERGIA		
Amperaje en vacío	50	50
Voltaje en vacío	10	10
Eficiencia del equipo de soldar	1	1
Energía total (Kw)	6.64	9.07
Costo de la energía (\$/Kw-h)	0.07	0.07
Costo total de energía (\$/lb)	0.33	0.27
COSTO TOTAL DE CORTE (\$/lb)	10.47	8.11

Tabla 4.8 Análisis de costo en el proceso de soldadura

Descripción	Proceso SMAW	Proceso FCAW
Posición de la rajadura	Tope	Tope
Diámetro Electrodo	1/8" (3.0 mm)	5/64"(2.0mm)
Tipo electrodo	E-7018	E-71T-1
Polaridad	DC(+)	DC(-)
WFS (Pulg/min)	0	90
Amperaje	120	180
Voltaje	27	20
Velocidad deposición al 100% (lb/hr)	2.44	5.76
Factor de Operación	0.26	0.3
Velocidad deposición real (Lb/hr)	0.63	1.73
Tiempo de deposición (hr/lb)	1.58	0.58
MANO DE OBRA		
Costos Mano Obra&Indirectos (\$/hr)	8.36	8.36
Costo M.O. (\$/Lb)	13.18	4.84
Costos Adicionales (\$/Lb)	6.05	2.22
Costos total M.O.	19.23	7.06
DATOS DE MATERIALES		
Costo de electrodos (\$/lb)	0.69	1.62
Eficiencia Electrodos	0.65	0.80
Costo Electrodos Real (\$/Lb)	1.06	2.03
Costo total de Materiales (\$/Lb)	1.06	2.03
ENERGIA		
Amperaje en vacío	50	50
Voltaje en vacío	10	10
Eficiencia del equipo de soldar	1	1
Energía total (Kw)	0.37	5.21
Costo de la energía (\$/Kw-h)	0.07	0.07
Costo total de energía (\$/lb)	0.04	0.21
COSTO TOTAL GENERAL (\$/lb)	20.33	9.30

Tabla 4.9 Resumen del análisis de costos corte y soldadura

Descripción	Tipo de electrodos	
	Chanfercord	Arc Air
	E-7018	E-71T-1
Costo de corte (\$/lb)	10.47	8.11
Costo de soldadura (\$/lb)	20.33	9.30
Costo Total (\$/lb)	30.80	17.41

Los costos fijos son iguales para ambos casos pues lo que se compara son los costos variables.

Este análisis es para las reparaciones de rajaduras que pueden estar ubicadas en la en la estructura del cargador frontal o en el cucharón según se indica en las fotos.

**Gráfico 4.1** Ubicación de la estructura de levante en el cargador frontal

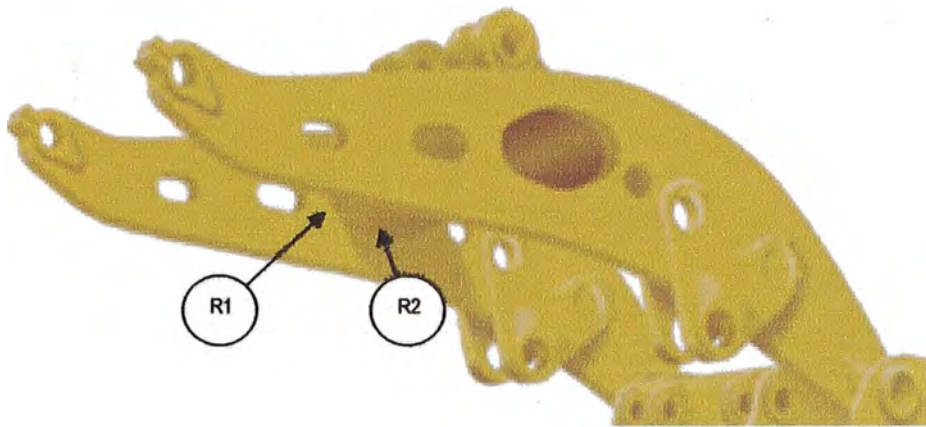


Gráfico 4.2 Ubicación de rajaduras en la estructura de levante



Gráfico 4.3 Rajadura 1 de 6" de longitud



Gráfico 4.4 Rajadura 2 de 2" de longitud



Gráfico 4.5 Ubicación de rajaduras en el cucharón del cargador frontal

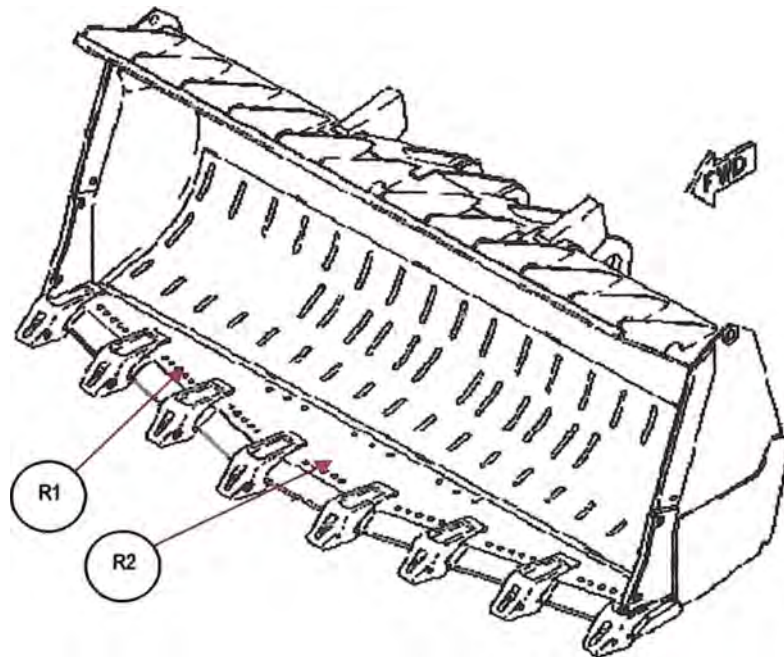


Gráfico 4.6 Ubicación de rajaduras en el labio del cucharón del cargador frontal.

CONCLUSIONES

El análisis de las funciones del cargador frontal con la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad hace que el personal involucrado (ya sea de operaciones o mantenimiento) se involucren más en la operación y mantenimiento de los implementos del equipo.

La filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad tiene que contar con el mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo.

Se observa que las tareas de recomendaciones del fabricante son menos que las tareas que obtenidas por el análisis y esto se debe que el contexto operacional actual es muy diferente a la considerada por el fabricante.

Los datos para el análisis realizado mediante el mantenimiento centrado en confiabilidad de los implementos del cargador frontal son datos actuales, no necesariamente estos datos son los indicados ya que sería recomendable continuar con el almacenamiento de datos pero mejorando los fines para determinar mejor los efectos de falla.

Para definir de una manera más óptima que componentes afectan la operación del cargador frontal se debe implementar la separación de sistemas y subsistemas que más afectan al cargador mediante el diagrama de Pareto para que el análisis sea más efectivo.

La mejora en la reparación de los implementos por soldadura es el resultado combinado del:

- Selección adecuada del proceso de corte y soldadura.
- Conocimiento del procedimiento de soldadura.
- Conocimiento de los tipos de acero que se encuentran en los implementos.

La selección adecuada de soldadura es importante en la reparación de los implementos del cargador frontal porque economiza el proceso de reparación además el tiempo invertido en la soldadura es menor (Esto se logra cuando se utiliza el proceso FCAW).

Actualmente trabajar con Procedimientos, Normas, Códigos y Especificaciones es muy importante porque son publicaciones con el debido sustento técnico, realizado en base a estudios realizados y experimentación; complementado con la experiencia de muchos Ingenieros especialistas.

El proceso FCAW es el más económico que el proceso SMAW en la reparación de rajaduras.

El proceso FCAW y corte con Arc Air es ideal para trabajos continuos ya que la operación del equipo es importante (el costo de operación del cargador frontal es de 1600 US\$/hr).

El proceso SMAW es recomendable para pequeñas reparaciones pequeñas y lugares de difícil acceso.

La facilidad de transporte del equipo de soldadura por arco eléctrico es otra de las ventajas que presenta este proceso ya que se pueden realizar reparaciones en campo (en el lugar de las operaciones del cargador frontal).

BIBLIOGRAFÍA

“Reliability-centred Maintenance”, John Moubray, 2da ed. 2004

“Welding Theory and Application”, Headquarters, ed. 1993

"ANSI / AWS D1.1-2004 Structural Welding Code-Steel ", American Welding Society, 19TH ed. 2004.

"ANSI / AWS D14.3-2000 Specifications for Welding Earthmoving and Construction Equipment", American Welding Society, ed. 2000.

“Soldadura”, James A. Pender, 3ra edicion, 1993

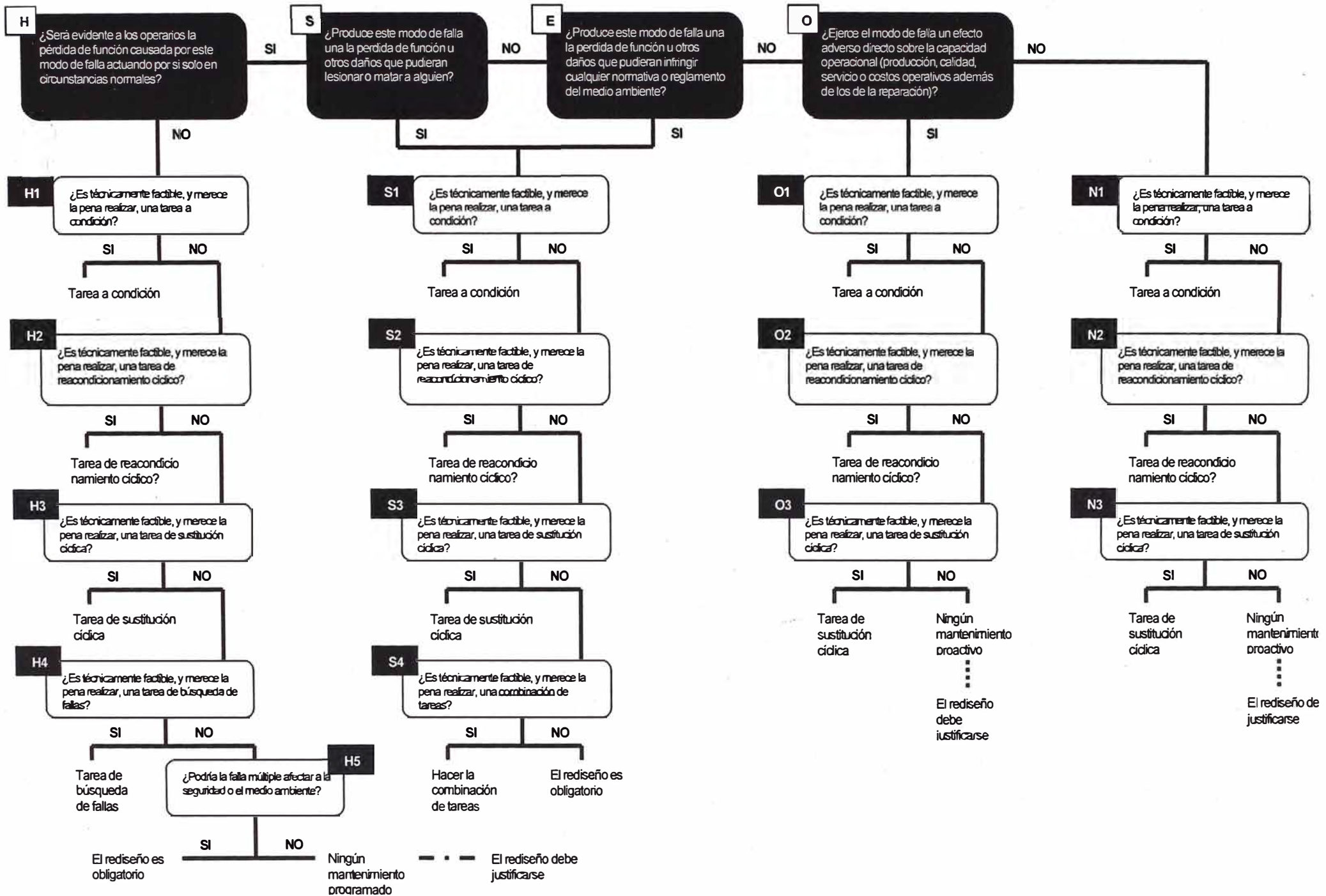
"Manual del soldador ", Germán Hernández R., 3^a ed.

"Welding Handbook ", American Welding Society.

"The procedure handbook of arc welding ", The Lincoln Electric Company, 16TH ed. 1973.

ANEXOS

ANEXO 1 - DIAGRAMA DE DECISIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD



Anexo – 2

Clasificación de Planchas Antidesgaste

Plancha Comercial	Grupo de Aleación				
	Alto contenido C y Cr	Acero Mn Austenítico	Acero Martensítico	Carburo de Cr	No Ferrosas
Aceros T1	NO	SI	NO	NO	NO
Astralloy V	NO	NO	SI	NO	NO
Super C	NO	SI	NO	SI	NO
Tri-Braze	SI	NO	SI	NO	NO
Wearalloy AR – 500	SI	SI	NO	NO	NO
Bimetálica Hoverdale P-700	SI	NO	NO	SI	NO
Bimetálica Triten T- 200X	SI	NO	NO	SI	NO
Bimetálica Arco Plate	SI	NO	NO	SI	NO

ACEROS T1

Descripción: El T1, es un acero de aleación, de bajo contenido de carbono, templado y revenido, que combina una buena soldabilidad, con excelentes propiedades de resistencia al desgaste y a la tracción (105 - 135 ksi), junto a un buen nivel de tenacidad a altas y bajas temperaturas.

Este acero se utiliza en la construcción de estanques de alta presión, en equipos de minería y de movimiento de tierra y en cualquier aplicación que demande de sus particulares características.

Composición Química:

C	Mn	Pmax	Smax	Si	Ni	Cr
0,1 - 0,2	0,6 - 1,0	0,4	0,05	0,15 - 0,35	0,7 - 1,0	0,4 - 0,8

Mo	V	Cu	B
0,4 - 0,6	0,03 - 0,1	0,15 - 0,5	0,002 - 0,006

Soldabilidad del Acero T1:

El Acero T1 puede ser soldado mediante Arco Manual, Arco Sumergido, Arco Tubular, MIG.

PLANCHA ANTIDESGASTE ASTRALLOY-V

Descripción: ASTRALLOY-V® es la marca registrada para un acero de aleación único. Debido a que el Astralloy-V® es producido solamente por autorización y su distribución es exclusiva, no es posible clasificarlo bajo las normas de AISI o SAE.

Dentro de la producción actual, la composición química es controlada minuciosamente y es ajustada para el uso de cada colada en particular. Además, constantemente se está mejorando el producto cuando se desarrollan nuevas técnicas de producción. Por ejemplo, el ASTRALLOY-V® se produce en la actualidad con un máximo de 0,10% de Azufre.

Propiedades: Las propiedades adquiridas por endurecimiento al aire son inherentes en la combinación de los elementos de aleación. Las propiedades obtenidas artificialmente por el templado y revenido con líquidos en otros aceros de resistencia al impacto o la abrasión, no son " propiedades íntegras " y desaparecen con la temperatura crítica, el labrado y el desgaste. Debido a que el ASTRALLOY-V® se endurece al aire durante la reducción de planchón a plancha o barra, necesita más capacidad de equipo para rolarse que los otros aceros. Este esfuerzo extra, combinado con los agregados para la aleación y el control de calidad, dan como resultado mayor duración y economía en procesos productivos, prolongando la vida útil de sus equipos.

Estos materiales por tratamiento térmico son templados (reduciendo su tenacidad) para aumentar su dureza, la cual se pierde al cortarlo con oxicorte o al soldarlo.

En su condición de templado al aire, el Astralloy-V® ofrece el máximo de endurecimiento por trabajo y ha llegado a durezas mayores que 550 BHN por impacto y roce. El templado o el revenido, aunque aumentan la dureza, reducen la capacidad de endurecerse con el trabajo y por supuesto a alcanzar el máximo de resistencia al desgaste. Para las aplicaciones más severas de impacto y abrasión, el Astralloy-V® debe de entrar a trabajar en su condición de endurecido al aire sin revenidos subsecuentes. Por esta misma razón, ya que el templado incrementa la resistencia a punto cedente, el material debe de

revenirse después del templado por aire cuando su aplicación es en usos estructurales o cuando es utilizado en diseños sometidos a esfuerzos.

Procedimiento de soldadura:

Muchos factores pueden afectar la soldabilidad de un acero de aleación:

- Condiciones ambientales
- Severidad de la aplicación
- Esfuerzos de la parte soldada
- Pericia del soldador
- Espesor del material
- Experiencia del taller de soldadura

PLANCHA ANTIDESGASTE SUPER C

Descripción: La placa antidesgaste SUPER C está compuesta de una base de acero de bajo carbono revestida con una aleación de acero sumamente resistente al desgaste causado por impacto y abrasión. Mediante el proceso exclusivo de la compañía Tricon, se produce una placa de superficie muy dura y resistente al desgaste. La base de acero de bajo contenido de carbono permite fijar la placa a otras estructuras existentes mediante soldadura, pernos o espárragos. El nuevo revestimiento provee una superficie, resistente al desgaste e ideal para el uso en los ambientes más hostiles. Las placas revestidas con SUPER C se utilizan con éxito en aplicaciones de abrasión severa e impactos moderados.

SUPER C obtiene sus excelentes propiedades antidesgaste a través de un cuidadoso control metalúrgico y de proceso. Mediante un proceso patentado y una exclusiva aleación es posible obtener máxima concentración y óptima orientación de los carburos, lo cual hace que SUPER C sea superior a cualquier otra placa resistente al desgaste disponible en el mercado actual.

Composición Química:

Análisis típico de los depósitos:

C	Mn	Si	Cr	Fe
4,8	1,6	0,67	26,7	Saldo

Propiedades: La microestructura del revestimiento SUPER C consiste en una mezcla de un alto volumen de carburo de cromo de forma hexagonal en una matriz de acero austenítico correoso. Mediante este patentado proceso, los carburos son orientados perpendicularmente a la superficie de la placa, lo cual hace que sean sumamente difíciles de desgastarse o desplazarse.

PLANCHA ANTIDEGASTE TRI-BRAZE

Descripción: TRI-BRAZE es una aleación de acero con muy bajo contenido de azufre (<0,003 %), que ha sido revenido y templado, así como endurecido en forma controlada, y como consecuencia adquiere resistencia a los impactos y resistencia a la abrasión. Ha sido sometido a un tratamiento especial para controlar la forma de las inclusiones sulfurosas, lo cual realiza la limpieza interna, la tenacidad de las muescas, las características de corte a soplete y formado y la soldabilidad. Una vez logrado este balance de los elementos de aleación, se obtiene el mayor grado de resistencia y ductilidad. El tratamiento térmico controlado y la escasísima cantidad de azufre fomentan la proporción ideal dureza/tenacidad.

Composición Química:

C	Mn	Fosforo	Az	Si	Cr	Ni	Mo	Ti	Boro	Alumin
0,18	0,75	0,25	0,003	0,2	1,6	0,5	0,2	0,05	0,001	0,015

Cuando un elemento de aleación es el que predomina en la composición química, los resultados definitivos dependen de ese elemento, a diferencia de los resultados de una composición química balanceada. Las propiedades máximas de la proporción dureza/ductilidad (tenacidad) que brinda **TRI-BRAZE** son el resultado de lograr un balance perfecto de los elementos de aleación.

El grado elevado de dureza de **TRI-BRAZE** se logra mediante dicha composición química balanceada y el tratamiento térmico. Se garantiza que los límites de las sustancias químicas que aparecen anteriormente se encuentran dentro de los rasgos especificados por la norma ASTM A-6 y son imprescindibles para lograr las propiedades mecánicas necesarias.

PLANCHA ANTIDESGASTE WEARALLOY AR-500

Descripción: El acero Wearalloy AR-500 pertenece al grupo de los aceros de baja aleación, logrando sus propiedades mecánicas a través de tratamientos térmicos de temple y revenido.

Características Térmicas:

- Resistencia a la Tracción : 206 ksi
- Limite de Fluencia : 182 ksi
- Alargamiento en 2" : 18%
- Dureza : 477 - 530 BHN

Composición Química Típica (%):

Elemento	C	Mn	P	S	Si	Cr	B	Al	Ti
%	0,30	1,50	0,010	0,002	0,36	0,4	0,0011	0,045	0,010

HOVERDALE P-700 (Plancha antidesgaste Bimetálica)

Descripción: La placa P-700 es una plancha de acero a la que se ha añadido por fusión una aleación combinada de ferrocromo y de carburos de cromo, con el objeto de resistir desgaste y abrasión considerables. El recubrimiento contiene alrededor de 40% de carburos de cromo.

La dureza del recubrimiento metálico, respecto de los índices Brinell, Rockwell o Shore, no se puede mostrar adecuadamente en un gráfico. Esto es porque se trata de un número muy alto de partículas altamente duras en una matriz relativamente blanda, algo similar a una rueda rectificadora de diamante. La dureza de las partículas por sí solas es equivalente a 1750 en la escala Brinell, y la de la matriz base alrededor de 450. El resultado de un ensayo de dureza quedará situado entre estos dos índices, y su valor dependerá del artefacto de impacto y del lugar del impacto.

El recubrimiento duro está en términos metalúrgicos realmente fusionado a la placa base (del mismo modo que en la soldadura), y no tenderá a separarse.

Características: Las fisuras finísimas en cada metro cuadrado del recubrimiento duro, y éstas son necesarias y convenientes. En todos los metales, cuando más duro y resistente a la abrasión, más rígido y frágil es. Por esta razón, el contenido de carburo duro en piezas de fundición debe ser mantenido bajo, de otra manera se romperían en pequeñas piezas al enfriarlas en el molde. En materiales forjados este nivel debe ser todavía más bajo para permitir la transformación del material durante la laminación.

La construcción singular de la plancha P-700 permite el empleo de carburo muy duro en alta concentración, fundiendo el recubrimiento duro con plancha base más blanda, como asiento, y permitiéndole libremente desarrollar fisuras verticales.

Las fisuras son tan numerosas (más de 2 por cada 5 cm) y el esfuerzo de contracción en la raíz de cada una es tan pequeña magnitud que no crea progresión hacia la plancha de asiento. Por lo tanto, la lámina puede ser curvada sin causarle daño alguno.

TRITEN T200X (Pancha antidesgaste Bimetálica)

Descripción: La plancha sobrepuesta en fierro T200X, ha sido creada para aplicaciones que requieren de una alta resistencia al desgaste, combinado con impactos de moderado y bajo calibre.

Desde que fue introducida en el mercado, el Triten T200X, ha cumplido con una amplia variedad de requerimientos en distintos campos de aplicación y segmentos industriales.

Propiedades: Las propiedades entregadas a continuación, se refieren específicamente al T200X, no diluido en sus materiales de base.

Tipo de aleación	: Base de Hierro
Grupo de aleación	: Alto cromo y hierro
Composición Nominal(sin diluir)	: 5,4% (c) ; 3,5% (Ms); 34% (Cr)
Rango típico de dureza	: 55-60 Rc
Quiebre	: Si
Resistencia al Desgaste	: Excelente
Resistencia al Impacto	: Moderada
Temperatura típica de servicio	: Sobre 450° C (840°F)
Desgastable o Torneable	: Solo con esmeril
Se puede cortar con fuego(oxígeno)	: No

Composición Química y dureza de una y dos capas sobrepuestas:

	Elemento	C	Mn	S	Cr	HRc
Primera capa	Wt %	4.3	2.7	0.4	28.0	54-56
Segunda capa	Wt %	4.8	3.0	0.5	30.0	55-58

ARCO PLATE (Pancha antidesgaste Bimetálica, con aporte fundido)

Descripción: ARCO PLATE se usa en industrias para prevenir desgastes, como: minería de hierro, oro, níquel, cobre, etc. El proceso de Arcoplate, el cual opera bajo controles rígidos, permite que la capa superpuesta de aleación homogénea sea suavemente unida a un apoyo de acero suave con un 100% de ligadura metalúrgica entre la aleación y el metal suave. Dentro de límites específicos esta ligadura resistirá cualquier rodamiento o presionamiento que pudiera ser requerido en la fabricación de varios moldes de camisas de desgaste.

Arcoplate resistirá el impacto experimentado en la operación de plantas y equipos sin trituración ni termofractura de la capa superpuesta de aleación.

Distinto de otras placas de desgaste, Arcoplate es manufacturado por un método de soldadura fundida que elimina los problemas y limitaciones de aleación impuestas por el antiguo método de soldadura. Con estos avances en el proceso de los últimos adelantos, Arcoplate puede asegurar una unión metalúrgica de la aleación sin surcos o fusión incompleta y para alcanzar una capa homogénea sin importar el grosor de la capa superpuesta.

Los análisis de laboratorio y de terreno han demostrado que el proceso de Arcoplate dejará atrás el desgaste de placa convencional con simples o múltiples capas de endurecimiento superficial hasta seis veces, debido a que la placa superpuesta de "welded ear" tiene un contenido de carburo mucho más bajo, no es para nada homogéneo y existe muchísima variación de dureza a través de todo el ancho y profundidad de la capa superpuesta.

Anexo 3

Materiales de aporte y corte en los procesos de soldadura

Proceso de soldadura SMAW

1. **Cellocord AP:** Es un tipo de electrodo celulósico con revestimiento de color gris claro, este tipo de electrodo esta designado según las normas:

AWS / ASME: A5.1 - 91	DIN 1913	ISO 2560
E6011	E 43 43 C 4	E 43 2 C 16

El análisis químico del metal depositado (%) es:

C	Mn	Si	P	S
0.08 - 0.15	0.40 - 0.60	0.18 - 0.25	0.01	0.01

Las características de este tipo de electrodo son:

- Es un electrodo de penetración profunda y uniforme, diseñado para uso con corriente alterna o continua.
- Su arco potente y muy estable produce depósitos de muy buena calidad.
- Es aconsejable:
 - Para a ejecución de pases de raíz en el fondo de un chaflán, en las uniones a tope.
 - Para la soldadura de unión en cualquier posición, en especial para vertical descendente, ascendente y sobre cabeza.}

Las posiciones a soldar son: Plana, Horizontal, Sobre cabeza, Vertical ascendente.

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- Soldadura recomendable para aceros no templables (aceros dulces), con un máximo de 0.25% C
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para maquinas.
- Fabricación de tanques, reservorios y tuberías.
- Construcciones navales.
- Reparaciones de componentes equipo pesado.

2. **Supercito:** Es un tipo de electrodo básico de bajo hidrógeno de extraordinarias características con revestimiento de color gris, este tipo de electrodo esta designado según las normas:

AWS / ASME: A5.1 - 91	DIN 1913	ISO 2560
E7018	E 51 55 B 10	E 51 4 B 26 (H)

El análisis químico del metal depositado (%) es:

C	Mn	Si
0.08	1.25	0.5

Las características de este tipo de electrodo son:

- Electrodo básico con bajo tenor de hidrógeno, que otorga al material depositado buenas propiedades mecánicas.
- Su contenido de hierro en polvo mejora la soldabilidad, aumentando la penetración y deposición, mejorando al mismo tiempo su comportamiento en distintas posiciones.
- Rendimiento de 98%.

Las posiciones a soldar son Plana, Horizontal, Sobre cabeza, Vertical descendente

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- Para aceros de alto contenido de carbono, alta resistencia y baja aleación.
- Para aceros de alto contenido de azufre y fácil fresado.
- Para aceros laminados al frío.
- Por sus características de resistencia a la deformación a altas temperaturas y su fácil manejo, especialmente adecuado para: Soldaduras de tuberías de vapor; Moldes de artículos de caucho con alto tenor de azufre; Calderas de alta presión; Piezas de maquinaria pesada; Aceros aleados al molibdeno; Aceros con resistencia a la tracción hasta 85,000 lb/pulg²; Instalaciones de la Industria Petrolera y Petroquímica.

3. Chamfercord: Es un tipo de electrodo para biselar y ranurar cualquier metal con revestimiento de color Beige, las características de este tipo de electrodo son:

- Electrodo diseñado para biselar y achaflanar todos los metales, usando cualquier equipo convencional de arco eléctrico de corriente continua o alterna.
- No requiere equipo de oxígeno.
- De muy fácil aplicación. Debe colocarse en posición casi paralela a la pieza o plancha que se desea biselar, como se haría con un formón sobre madera.
- Avanzar continuamente para evitar un sobrecalentamiento y obtener un canal limpio, listo para soldar.
- La profundidad del canal depende del ángulo en que se aplica el electrodo; a mayor ángulo de inclinación, mayor profundidad.

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- Para biselar, escoplear, ranurar y acanalar cualquier metal, tanto ferroso como no-ferroso.
- Para reparar secciones a soldar, eliminar depósitos viejos o defectuosos, ranurar rajaduras de motores o maquinaria pesada, sin necesidad de desmontarla.
- Con precauciones es usado para biselar piezas de fierro fundido y aceros inoxidable.
- Ideal para eliminar excesos de material soldado o remaches.
- En planchas de aceros al carbono convencionales es usado para eliminar pases de raíz defectuosos.
- Para biselar piezas o planchas de aceros aleados que no pueden ser cortadas con máquinas de oxi-corte.

Proceso de soldadura FCAW

4. **EXSATUB 74:** El producto EXSATUB 70T-4 es un alambre tubular autoprotegido, diseñado para soldar en posición plana y filete horizontal con un alto ratio de deposición horaria, Este tipo de electrodo esta designado según las normas:

AWS / ASME / SFA – 5.20
E 70 T - 4

El análisis químico del metal depositado (%) es:

C	Mn	Si	P	S	Al
0.20	0.30	0.25	0.007	0.002	1.1

Las características de este tipo de electrodo son:

- Especialmente diseñado para soldadura en posición plana y filete horizontal.
- El alambre EXSATUB 70T-4 no requiere gas de protección.
- El arco de soldadura es muy estable y su escoria es de fácil remoción.
- El metal depositado es resistente a la fisuración.
- Se puede soldar con una mayor longitud de alambre libre, que con otros productos equivalentes.
- Los cordones son lisos y con buena humectación en los bordes de la junta.
- Se puede aplicar con éxito sobre materiales bases con una ligera capa de suciedad y óxidos.
- Es fácilmente manipulable sobre bordes y superficies desniveladas.
- Adaptable a una gran variedad de condiciones de soldadura de taller y soldadura en campo libre.

Las posiciones a soldar son: Plana, Horizontal, Sobre cabeza, Vertical descendente

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- Sobre aceros de bajo y mediano contenido de carbono. En aplicaciones donde no se requiera excepcionales propiedades de resistencia al impacto a bajas temperaturas (-29° C).
- Fabricaciones estructurales de todo tipo: vigas, columnas, marcos, soportes, anclajes, etc.
- Estructuras y componentes en la construcción de maquinaria, tractores, lampones, uñas de palas, vagones de ferrocarriles, ollas de fundición, bocas de convertidor de fundición de cobre, tolvas de camiones, equipos de construcción y equipos de movimiento de tierra.

5. **EXSATUB 71:** El producto EXSATUB 71 es un alambre tubular para toda posición, diseñado para brindar óptimas propiedades mecánicas al trabajar con CO₂ o mezcla de Argón/CO₂ como gas protector. Este tipo de electrodo esta designado según las normas:

AWS / ASME / SFA – 5.20
E 71T-1/T-1M/T-9/T-9M

El análisis químico del metal depositado (%) es:

C	Mn	Si
0.06	1.47	0.6

Las características de este tipo de electrodo son:

- Especialmente diseñado para soldadura en posición plana y filete horizontal.
- El producto EXSATUB 71 produce 20% menos de humos, 50% menos de salpicaduras que alambres tubulares equivalentes. En comparación con alambres tubulares autoprotectidos, brinda buenas propiedades frente al impacto a baja temperatura y la apariencia del cordón es insuperable.
- La transferencia del metal de aporte es suave y la remoción de escoria es fácil, lo cual facilita el depósito de cordones en posición vertical ascendente.
- El contorno de la soldadura en filete es plano a ligeramente convexo con buena humectación en los bordes de la junta. Este alambre tolera cascarillas y óxidos ligeros sobre el material base.

Las posiciones a soldar: son Plana, Horizontal, Sobre cabeza, Vertical descendente

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- El alambre EXSATUB 71 está diseñado para soldaduras en toda posición, en un solo pase y/o multipase sobre aceros de bajo y de mediano carbono y aceros de baja aleación.
- Es muy empleado en la fabricación y reparación de equipos de minería, tolvas, chutes, molinos, tanques, carretas, lampones, cucharas de palas y de cargadores frontales, etc.

Proceso de corte.

6. ARCAIR: Es un electrodo de carbón para corte y biselado por el proceso arco - aire.

Las características de este tipo de electrodo son:

- Electrodo de carbón para trabajo económico de corte y biselado.
- El proceso arco - aire comprimido con electrodos de carbón es ampliamente usado y más económico que los procesos usuales de oxicorte.

Las aplicaciones de este tipo de electrodos son:

- Puede ser utilizado para preparación de juntas.
- Reparación de defectos superficiales e internos detectados por radiografía.
- Eliminación de defectos en piezas fabricadas por fundición.
- Corte de materiales que no puedan ser trabajados con los procesos convencionales de corte.
- Para el corte y biselado de aquellos metales que pudieran fundirse por acción del arco eléctrico.
- Es indicado especialmente para aceros de mediano carbono y aceros aleados, así como aluminio y aleaciones de aluminio.

10-16. AIR CARBON ARC CUTTING (AAC) (cont)

(5) The process is widely used for back gouging, preparing joints, and removing defective weld metal.

Table 10-26. Air Carbon Arc Gouging Procedure Schedule

Groove Width		Groove Depth		Electrode Dia.		Amperes Direct Current	Volts Electrode Positive	Electrode Feed		Travel Speed	
in.	mm	in.	mm	in.	mm			ipm	mm/min.	ipm	mm/min.
1/4	6.4	1/16	1.6	3/16	4.8	200	43	6.2	157.4	82.0	2028.8
9/32	7.1	1/8	3.2	3/16	4.8	200	40	6.7	170.2	38.2	970.3
5/16	7.9	3/16	4.8	3/16	4.8	190	42	6.7	170.2	27.2	690.9
5/16	7.9	1/4	6.4	3/16	4.8	(To make 1/4 in. (64 mm) deep groove, make two 1/8 in. (32 mm) deep passes.)					
5/16	7.9	3/32	2.4	1/4	6.4	270	40	4.0	101.6	54.0	1371.6
5/16	7.9	1/8	3.2	1/4	6.4	300	42	4.0	101.6	51.0	1295.4
5/16	7.9	3/16	4.8	1/4	6.4	300	40	6.7	170.2	38.2	970.3
5/16	7.9	1/4	6.4	1/4	6.4	320	42	6.2	157.4	29.5	749.3
5/16	7.9	3/8	9.5	1/4	6.4	320	46	3.6	91.4	15.0	381.0
3/8	9.5	1/8	3.2	5/16	7.9	320	40	3.0	76.2	65.5	1663.7
3/8	9.5	3/16	4.8	5/16	7.9	400	46	4.3	109.2	46.0	1168.4
3/8	9.5	1/4	6.4	5/16	7.9	420	42	3.8	96.5	31.2	792.5
3/8	9.5	1/2	12.7	5/16	7.9	540	42	5.6	142.2	27.2	690.9
7/16	11.1	1/8	3.2	3/8	9.5	560	42	4.2	106.7	82.0	2082.8
7/16	11.1	1/8	3.2	3/8	9.5	560	42	3.3	83.8	65.0	1651.0
7/16	11.1	3/16	4.8	3/8	9.5	560	42	2.6	66.0	41.0	1041.4
7/16	11.1	1/4	6.4	3/8	9.5	560	42	3.0	76.2	29.5	749.3
7/16	11.1	1/2	12.7	3/8	9.5	560	42	3.2	81.3	15.0	381.0
7/16	11.1	11/16	17.5	3/8	9.5	560	42	3.5	88.9	12.2	309.9
9/16	14.3	1/8	3.2	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	34.0	863.6
9/16	14.3	1/4	6.4	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	22.0	558.8
9/16	14.3	3/8	9.5	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	20.7	525.8
9/16	14.3	1/2	12.7	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	18.5	469.9
9/16	14.3	5/8	15.9	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	15.0	381.0
9/16	14.3	3/4	19.1	1/2	12.7	1200	45	3.0	76.2	12.5	317.5
13/16	20.6	1/8	3.2	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	44.5	1130.3
13/16	20.6	1/4	6.4	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	29.5	749.3
13/16	20.6	3/8	9.5	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	20.0	508.0
13/16	20.6	1/2	12.7	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	14.5	368.3
13/16	20.6	5/8	15.9	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	13.0	330.2
13/16	20.6	3/4	19.1	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	11.0	279.4
13/16	20.6	1	25.4	5/8	15.9	1300	42	2.5	63.5	10.0	254.0

- NOTES: 1 Air pressures 80 to 100 psi (552 to 690 kPa) is recommended for 1/2 and 5/8 in. (13 and 16 mm) electrodes.
2 Combination of settings and multiple passes may be used for grooves deeper than 3/4 in. (19 mm).

Anexo 4

**Trabajos de reparación por soldadura en los implementos del
cargador frontal**

Agosto 2005 - Diciembre 2007

Cargador Frontal 005 Año 2005				Cargador Frontal 005 Septiembre - 2005				Cargador Frontal 005 Octubre - 2005				Cargador Frontal 005 Noviembre - 2005				Cargador Frontal 005 Diciembre - 2005				Cargador Frontal 005 Enero - 2006			
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH
22-Aug	Día	Soldado de cucharón Bistado de fisuras bocha pin C	10.0	2-Sep	Noche	Cambio de soleras y baloneras	6.0	1-Oct	Día	Corte de pernos de adaptar y soldado de pernos nuevos	2.0	7-Nov	Noche	Reparar rajaduras en labio de cucharón	21.0	3-Dec	Noche	Soldado de rajaduras con nuevo procedimiento en labio de cucharón	16.0	1-Jan	Noche	Trabajos en cambio de uñas	2.5
22-Aug	Noche	Reparar rajaduras en labio de cucharón	22.0	9-Sep	Día	Soldado de rajaduras en plancha rotada de cucharón	10.5	4-Oct	Día	Reparación en labio de cucharón	13.0	7-Nov	Noche	Corte de pin en seguro de adaptar lateral	7.0	4-Dec	Día	Soldado de rajaduras con nuevo procedimiento en labio de cucharón	19.0				
23-Aug	Día	Soldado de rajaduras en cucharón, pin C lado izquierdo exterior, pin C lado derecho interior	23.0	13-Sep	Noche	Soldar perno en seguro de uñas para su extracción	2.5	4-Oct	Noche	Reparación de rajaduras en plancha rotada de cucharón	17.0	8-Nov	Día	Soldado de rajaduras en parte posterior de cucharón	22.5	4-Dec	Noche	Reparación labio de cucharón	3.0				
23-Aug	Noche	Se soldó fisuras en cartabas y tope de castillo lado izquierdo.	12.0	24-Sep	Noche	Soldado de pin C lado izquierdo de cucharón	18.0	23-Oct	Día	Cortar pernos de uñas de cucharón	2.0	8-Nov	Noche	Reparación cambio de base entre dientes	21.0	24-Dec	Día	Fabricación perilla cucharón frontal, soldado parte posterior	12.0				
								29-Oct	Día	Cambio de uñas de cucharón	2.0	9-Nov	Día	Reparación de base entre dientes	7.0	24-Dec	Noche	Soldado de rajaduras en parte posterior de cucharón (central)	2.0				
												9-Nov	Día	Instalación y cambio de soleras	8.0								
												12-Nov	Noche	Reparación de fisuras en laterales de cucharón	8.0								
												13-Nov	Noche	Reparación de rajaduras en cucharón	5.5								
												28-Nov	Día	Limpeza mecánica parte posterior de cucharón	9.5								
												29-Nov	Noche	Reparación de fisuras en labio de cucharón	8.0								

Cargador Frontal 005 Febrero - 2007			Cargador Frontal 005 Marzo - 2007			Cargador Frontal 005 Abril - 2007			Cargador Frontal 005 Mayo - 2007			Cargador Frontal 005 Junio - 2007			Cargador Frontal 005 Julio - 2007				
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH
				2-Mar	Noche	Reparación de rajadura en brazo de cucharón y en parte inferior de cucharón	8.0	1-Apr	Día	Empemado y soldo de base de taloneras	4.0	20-May	Día	Soldar fisuras en parte inferior de cucharón	13.0	3-Jun	Noche	Reparación en laterales de cucharón	10.0
				17-Mar	Noche	Apoyo para cambio de uñas	1.5	3-Apr	Noche	Reparación en parte posterior de cucharón e instalación de topes de cucharón	38.0	20-May	Noche	Se biselo y soldó rajaduras en plancha base de soletas / se biselo y soldó rajaduras en plancha rotada entre soportes de volteo de cucharón	31.5	4-Jun	Día	Soldar rajaduras en plancha inferior de cucharón	22.0
				17-Mar	Noche	Reparación de rajaduras en plancha rotada de cucharón	10.5	4-Apr	Día	Reparación y soldo de pantalla protectora de cucharón	11.0	21-May	Día	Soldar fisuras en plancha rotada de cucharón	8.5	15-Jun	Noche	Refinado de entre dientes	2.5
								16-Apr	Noche	Apoyo para cambio de uñas	1.0					16-Jun	Noche	Cambio de uña de cucharón	3.5
								23-Apr	Noche	Se soldó pemos para desmontar uñas laterales / se biselo rajadura en base de pin B	8.0					19-Jun	Noche	Soldo de fisuras en labio	18.0
								24-Apr	Noche	Se soldó rajaduras en base de pantalla protectora parte superior de cucharón / se soldó rajaduras en base de pin B lado derecho e izquierdo parte inferior externa de cucharón	15.0					30-Jun	Día	Reparación de cucharón parte posterior.	8.0
																30-Jun	Día	Reparación de alojamiento de pin central	7.0
																30-Jun	Noche	Soldo de rajaduras cucharón y soporte pin K	15.0
																30-Jun	Noche	Soldo de rajaduras en soporte pin K	12.5

Cargador Frontal 006 Febrero - 2006				Cargador Frontal 006 Marzo - 2006				Cargador Frontal 006 Abril - 2006				Cargador Frontal 006 Mayo - 2006				Cargador Frontal 006 Junio - 2006				Cargador Frontal 006 Julio - 2006				
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	
								8-Apr	Noche	Soldeo de cucharón y trabajos varios	15.0	1-May	Día	Extracción perno roto de articulación de cucharón (pin B)	1.0	3-Jun	Noche	Soldeo de adaptare	15.5	1-Jul	Día	Se cortó pernos de planchas antidesgasta y se desmontó, se esmeriló rajaduras en soportes pivot de cucharón	20.5	
													1-May	Noche	Beleto, esmeriló, calentó, rajaduras en labio de cucharón	31.5	4-Jun	Día	Soldadura de base de taloneras y taloneras	1.5	2-Jul	Día	Se cortó seguros de entredientes, se desmontó entredientes y se limpió cordones de soldadura	4.0
													2-May	Día	Reparación de fisuras en plancha antidesgaste posterior del cucharón	31.5	8-Jun	Día	Tomar medidas en cucharón para reducción de capacidad de carga	13.0	3-Jul	Día	Soldeo fisuras en tope izquierdo del cucharón	4.5
													11-May	Día	Habilitado y soldo de rejilla protectora faltante del cucharón	4.5	8-Jun	Noche	Colocación de refuerzos y tapas en cucharón del cargador	33.0	3-Jul	Día	Corta de seguros, desmontaje de adaptare y corta de planchas antidesgasta parte interna baja del cucharón	15.0
													18-May	Día	Beleto rajadura en parte posterior de cucharón debajo de planchas antidesgastes aprox. 4.0 m	8.0	9-Jun	Día	Armado de carteras izquierdo y derecho, soldo de tapa lado izquierdo	42.0	3-Jul	Noche	Soldo de rajaduras en soportes pivot de cucharón	11.0
													18-May	Noche	Reparación de rajaduras en plancha rodada del cucharón parte posterior	42.0	9-Jun	Noche	Armado de lateral de reductor lado derecho / soldo de tapa derecho	33.0	3-Jul	Noche	Soldo de pernos para extraer seguros de uña	2.0
													19-May	Día	Beleto rajadura en parte posterior de cucharón debajo de planchas antidesgastes aprox. 4.0 m	42.0	10-Jun	Día	Habilitado planchas antidesgasta y armado en ambos lados del cucharón	17.0	3-Jul	Noche	Esmerilado de bases de adaptare y manobras con puente grúa para voltear cucharón	6.0
													19-May	Noche	Reparación de base de cucharón	24.0	10-Jun	Día	Soldo de tapas o planchas en ambos lados del cucharón	35.0	4-Jul	Día	Soldo de rajaduras en soportes pivot del cucharón lados izquierdo y derecho	9.5
													26-May	Noche	Corto seguros de uñas (se utilizó equipo de oxicoña)	1.0					4-Jul	Noche	Soldo de mas rajaduras en soportes pivot izquierdo y derecho del cucharón	7.0

Anexo 5

**Trabajos de reparación por soldadura en el labio del cucharón del
cargador frontal**

Agosto 2005 - Diciembre 2007

Cargador Frontal 004 Agosto - 2005				Cargador Frontal 004 Septiembre - 2005				Cargador Frontal 004 Octubre - 2005				Cargador Frontal 004 Noviembre - 2005			
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH
								13-Oct	Día	Reparación de cucharón (preparacion para soldeo de rajaduras en labio)	1.0	20-Nov	Día	Soldeo de rajaduras en labio de cucharón	10.0
								13-Oct	Noche	Soldeo de rajaduras en labio de cucharón	31.5	20-Nov	Noche	Soldeo de rajaduras en labio de cucharón	21.0
								14-Oct	Día	Soldeo de rajaduras en labio de cucharón	37.0	21-Nov	Día	Soldeo de rajaduras en labio de cucharón	21.0

Cargador Frontal 005 Agosto - 2005				Cargador Frontal 005 Septiembre - 2005				Cargador Frontal 005 Octubre - 2005				Cargador Frontal 005 Noviembre - 2005			
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH
22-Aug	Noche	Reparar rajaduras en labio de cucharón	22.0					4-Oct	Día	Reparación en labio de cucharón	13.0	7-Nov	Noche	Reparar rajaduras en labio de cucharón	21.0
												29-Nov	Noche	Reparación de fisuras en labio de cucharón	8.0

Cargador Frontal 006 Agosto - 2005				Cargador Frontal 006 Septiembre - 2005				Cargador Frontal 006 Octubre - 2005				Cargador Frontal 006 Noviembre - 2005			
Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH	Fecha	Turno	Descripción de trabajos	HH
27-Aug	Día	Soldeo y reparación de fisuras en labio de cucharón de cargador	30.0	25-Sep	Noche	Reparación con nuevo procedimiento de rajaduras en labio de cucharón	46.0								
28-Aug	Noche	Soldeo de cucharón - reparación de labio	12.0	26-Sep	Día	Reparación con nuevo procedimiento de rajaduras en labio de cucharón	31.5								

