

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA-ELÉCTRICA Y
MECATRÓNICA



**“EVALUACION DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN LARGUEROS DE CHASISES
FLOTA CAMIONES CATERPILLAR 789”**

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

CORNEJO DEL CARPIO, DIEGO
ZEBALLOS RIVERA, LUIS MIGUEL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO – ELECTRICISTA

AREQUIPA- PERÚ

2013

DEDICATORIA

A mi Madre:

Mi madre Edith del Carpio López, por darme la vida, quererme mucho, creer en mi y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme siempre lo mejor, todo esto te lo debo a ti.

A mis amigos.

Por apoyarnos mutuamente, facilitando la realización de este trabajo y por compartir sus conocimientos y experiencia para mi formación profesional: Carlos Paredes Aragón, Johny López Ramírez, Henry Mamani Huacoto, Luis Roque Núñez, Edwin Pinto Chávez, Lucas Sánchez Condori, Wilfredo Puma Mamani, Félix Cana Ramos, Adrián Cárdenas Duran.

Diego Cornejo del Carpio

A mi Hijo

Con cariño dedico esta investigación a mi hijo, Thiago, razón fundamental de mi existencia por quien luché todos los días por un futuro mejor.

A mis Padres y Hermano

A mis padres y hermano, pilares fundamentales de mi formación, por su comprensión y apoyo constante. A Dios por haber concedido un sueño, a mi Familia por su apoyo, paciencia y perseverancia para cada día ser mejor.

Luis Miguel Zeballos Rivera

CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 ALCANCES.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO TEÓRICO	4
2.1 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO.....	4
2.2 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.....	5
2.3 MANTENIMIENTO OVERHAUL.....	6
2.4 MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL.....	7
2.5 MANTENIMIENTO TPM.....	8
2.6 MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD.....	9
2.7 ENSAYO DE MATERIALES.....	10
2.7.1 INTRODUCCION.....	10
2.7.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	11
2.7.2.1 INSPECCION VISUAL.....	11
2.7.2.2 ENSAYO LIQUIDOS PENETRANTES.....	11
2.7.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	12
2.7.3.1 ENSAYO DE DUREZA.....	12
2.7.3.2 ENSAYO DE DUREZA AL RAYADO.....	12
2.7.3.3 ENSAYO DE DUREZA A LA PENETRACION.....	12
2.7.3.4 ENSAYO DE DUREZA BRINNEL.....	12
2.7.3.5 ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL.....	13

2.7.3.6 ENSAYO DE DUREZA VICKERS.....	13
2.8 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO CAT 789.....	13
CAPÍTULO III: EVALUACION DE DAÑOS EN CHASIS.....	15
3.1. RESEÑA DE LAS UNIDADES.....	15
3.2. DESCRPCIÓN.....	16
3.3. INSPECCION VISUAL.....	18
3.4. INSPECCIÓN CON LIQUIDOS PENETRANTES.....	26
3.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
3.5.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	28
3.5.2.IDENTIFICACIÓN DE CAUSA RAIZ.....	30
3.5.2.1. FALLA POR SOBRECARGAS.....	30
3.5.2.2. FALLA POR METALURGIA DE MATERIALES.....	34
CAPITULO IV: ENSAYOS DE DUREZA ROCKWELL PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE ACERO ESTRUCTURAL DE CHASIS.....	36
4.1. ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL.....	36
4.1.1. DESCRIPCION.....	37
4.1.2. INSTRUMENTOS.....	37
4.1.3. ÁMBITO.....	38
4.1.4. ESTRATEGIA.....	38
4.2. ENSAYO ROCKWELL – PROBETA N°1 (LARGUEROS FISURADOS).....	40
4.3. ENSAYO ROCKWELL – PROBETA N°2 (ACERO ASTM A-514).....	45
4.4. COMPARACIÓN DE VALORES DE DUREZA PROBETA N°1 VS. N°2.....	48
4.5. OBSERVACIONES.....	48

CAPITULO V: ENSAYOS METALOGRAFICOS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE ACERO ESTRUCTURAL DE CHASIS.....	49
5.1. ENSAYO METALOGRAFICO.....	49
5.1.1. DESCRIPCIÓN.....	50
5.1.2. INSTRUMENTOS.....	50
5.1.3. AMBITO.....	51
5.1.4. ESTRATEGIA.....	52
5.2. MICROSCOPIA DE ENSAYOS METALOGRAFICOS.....	57
5.2.1. MICROSCOPIA PROBETA N°1 (LARGUEROS FISURADOS).....	57
5.2.2. MICROSCOPIA PROBETA N°2 (ACERO ASTM A-514).....	59
5.3. DETERMINACIÓN DE ACEROS SEGÚN PATRONES METALOGRAFICOS.....	61
5.3.1. COMPARACIÓN MICROSCOPIA PROBETA N°1.....	62
5.3.2. COMPARACIÓN MICROSCOPIA PROBETA N°2.....	63
5.4. METODOS ESTANDAR DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO.....	64
5.4.1. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN.....	65
5.4.2. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN – PROBETA N°1.....	66
5.4.3. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN – PROBETA N°2.....	67
5.4.4. PROCEDIMIENTO PLANIMÉTRICO.....	69
5.4.5. PROCEDIMIENTO PLANIMÉTRICO - PROBETA N°1.....	70
5.4.5. PROCEDIMIENTO PLANIMÉTRICO - PROBETA N°2.....	72
5.5. OBSERVACIONES.....	74
CONCLUSIONES.....	75
OBSERVACIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	77

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta la inspección y evaluación de los largueros, zonas críticas en el chasis, de la flota de camiones (Off-Road) Caterpillar, Modelo 789, debido a la recurrencia de fisuras en los largueros del bastidor, utilizamos métodos de inspección, evaluación, ensayos destructivos y ensayos no destructivos.

Realizamos ensayos de dureza y metalográficos en dos probetas, una de ellas obtenida de los largueros de una unidad fisurada previa reparación, y la segunda de una plancha de acero estructural A-514, propuesta de mejora para el reemplazo en las unidades fisuradas.

Determinamos como causa-raíz la errónea selección de la plancha de acero estructural con la cual se repararon los chasis en su primer Overhaul.

Adicionalmente se anexa una metodología práctica para implementar el mantenimiento Overhaul en camiones Caterpillar 789. Recopilamos información sobre los distintos componentes y sistemas en un camión Caterpillar, seleccionando y agrupando éstos en una metodología para el mantenimiento Overhaul, detallando el orden a seguir en el desmontaje y montaje de componentes en condiciones reales, validando nuestra propuesta implementando ésta en campo. Detallamos las especificaciones de cada componente, así como los ajustes y pruebas de servicio. De esta forma logramos que las tareas sean todas programadas con la debida anticipación previniendo retrasos y analizando los riesgos propios de las mismas.

SUMMARY

The following work presents the inspection and evaluation of the frame, spots on the chassis, of the truck fleet Caterpillar, Model 789, due to the recurrence of cracks in the frame rails, used inspection methods, assessment, destructive testing and nondestructive testing. We hardness and metallographic tests on two specimens, one obtained from the frame of a cracked unit after repair, and the second in a structural steel plate A-514, improvement proposal for replacement cracked units. Determined as the root cause erroneous selection of structural steel plate which repaired the chassis in its first overhaul. Additionally appends a practical methodology for implementing the overhaul maintenance on Caterpillar 789 trucks. We collect information on various components and systems in a Caterpillar truck, selecting and grouping them into a methodology for the maintenance overhaul, detailing the order to follow in disassembly and assembly of components in real conditions, validating our proposal to implement it in the field. Detail the specifications of each component, and the settings and service tests. This can ensure that all tasks are scheduled well in advance by preventing delays and analyzing the risks thereof.

INTRODUCCIÓN

Capítulo I:

Nos enfocamos en inspeccionar y evaluar los daños estructurales encontrados en la flota de camiones CAT-789, centrandó nuestra investigación en el estudio del chasis, debido a que un 66.6% de nuestra flota de camiones presenta fallas, fisuras, en los largueros de los bastidores, realizamos un análisis a la estructura de estos para determinar la causa raíz.

Capítulo II:

Describimos los ensayos Destructivos y No Destructivos que usaremos para nuestra investigación del bastidor entre ellos: Ensayo de Dureza y Metalográfico.

Introducimos las distintas estrategias de Mantenimiento, entre estas el Mantenimiento Clase Mundial, Mantenimiento TPM, Mantenimiento Basado en la Confiabilidad, etc.

Capítulo III:

Describimos los antecedentes de la flota CAT-789, y realizamos Ensayos de Inspección Visual y Líquidos Penetrantes a los 15 bastidores, identificando que un 66.6% de estos se encuentran fisurados en los largueros. Utilizamos la metodología del Diagrama de Ishikawa para determinar posibles categorías que originarían nuestra Causa/Raíz, tomando una como centro de nuestra investigación

Capítulo IV:

Realizamos ensayos de Dureza Rockwell para determinar si los índices de dureza de la probeta N°1, tomada de un chasis fisurado y la probeta N°2, tomada de una plancha ASTM-514, concuerda o no.

Capítulo IV:

Realizamos ensayos de Microscopia para determinar si las estructuras metalográficas de la probeta N°1, tomada de un chasis fisurado y la probeta N°2, tomada de una plancha ASTM-514, concuerdan o se trata de materiales distintos, consecuencia de una mala selección de las planchas estructurales en la primera reparación de estos chasis.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 JUSTIFICACIÓN

En el presente proyecto nos concentraremos en inspeccionar y evaluar los daños estructurales en la flota de camiones mineros CAT-789, que consta de 15 unidades, centrandó nuestra investigación en el chasis, dado que los largueros en este presentan daños, motivo por el cual se dieron de baja a 10 unidades, disminuyendo considerablemente la disponibilidad y nuestra producción.

Concentraremos nuestro estudio en el chasis como parte crítica del mantenimiento total, investigamos la posible causa-raíz de las fallas presentadas en los bastidores, concluyendo que los largueros son el área de mayor criticidad, dado que de un total de 15 unidades, 10 presentan fisuras o reparaciones en éstos.

Realizaremos el análisis entre una probeta obtenida del chasis de una unidad fisurada y una segunda probeta obtenida de una plancha de acero estructural A-514, tomada como propuesta de mejora para el reemplazo de la antigua plancha en nuestro mantenimiento.

Haciendo énfasis en lo antes descrito, anexaremos la implementación de una metodología práctica para los procesos de desmontaje, reparación, y montaje de componentes mayores durante el proceso de Mantenimiento Overhaul, para las unidades CAT 789 A-B debido a que Caterpillar no cuenta con un procedimiento a seguir para esta tarea.

Evaluaremos las tareas críticas en el proceso, estipulando un orden a seguir y así realizar el proceso en el menor tiempo posible, implementando una metodología simple y concreta que cualquier empresa pueda seguir para cumplir con el plan de mantenimiento cero horas a sus unidades en campo y con herramientas de bajo presupuesto.

La identificación y corrección de la causa raíz que ocasiona la falla en nuestros bastidores nos garantizará disminuir tiempos muertos en mantenimientos correctivos y costos excesivos por compra de nuevos chasis, tiempos de desmontaje y montaje de componentes mayores y menores al nuevo chasis.

1.2 ALCANCES

Evaluamos la estructura del bastidor de las unidades afectadas identificando las zonas críticas mediante ensayos no destructivos y destructivos

Una vez obtenidos los datos de nuestros ensayos, dureza y metalográfico, analizaremos la posible causa raíz de las recurrentes fisuras en los largueros de los chasis. Analizando los datos obtenidos y comparando los resultados de los bastidores fisurados y de una estructura nueva.

Anexaremos una metodología de trabajo para el proceso de mantenimiento Overhaul en los camiones de acarreo CAT-789, identificaremos los distintos sistemas de la unidad así como los componentes mayores que lo componen.

Recopilaremos datos proporcionados por el fabricante, datos obtenidos de las prácticas en taller y aplicaremos estos al trabajo en campo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los daños estructurales en los largueros de los chasis, flota Caterpillar 789, analizando las planchas que conforman su estructura.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la posible causa-raíz de las fracturas recurrentes en los bastidores de la flota de unidades Caterpillar 789.
- Aplicar ensayos Destructivos y No Destructivos para determinar valores de dureza con las cuales podremos comparar y evaluar las propiedades de los aceros estructurales de los bastidores.
- Aplicar ensayos Metalográficos para determinar las propiedades estructurales con los cuales podremos comparar y evaluar la similitud entre los aceros estructurales de los bastidores fisurados y aceros modelos.
- Anexar una metodología para los procesos de montaje y desmontaje de componentes mayores en la unidad CAT-789.



CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades estructuradas como parte integral y estratégica de una empresa, para lograr que los sistemas operen en las mejores condiciones posibles y permitan a otras funciones de la empresa cumplir con sus metas y objetivos; es una parte fundamental para el funcionamiento de cualquier empresa u organización, ya que con la aplicación de este se logra prolongar la vida útil de los bienes, disminuir los costos e incrementar las ganancias.

A pesar de que un sistema sea “funcionable” al comienzo de su vida operativa, todo usuario es completamente consciente de que, independientemente de la perfección del diseño de un sistema, de la tecnología de su producción o de los materiales usados en su fabricación, a lo largo de su operación se producirán ciertos cambios irreversibles.

Estos cambios son resultado de procesos tales como corrosión, abrasión, acumulación de deformaciones, distorsión, sobrecalentamientos, fatiga, difusión de un material en otro, etc.

A menudo estos procesos se superponen e interactúan los unos con los otros y causan un cambio en el sistema, con lo cual cambiarán sus características de actuación.

La desviación de esas características respecto a los valores especificados es lo que se considera como fallo del sistema. Los fallos también pueden ser causados por sobrecargas bruscas, errores de los operadores, reparaciones incorrectas, etc.

Por consiguiente, el fallo del sistema puede ser definido como un suceso cuya realización provoca, la pérdida de capacidad para satisfacer los requisitos especificados.

Independientemente de las razones de su aparición, un fallo causará la transición del sistema desde su estado satisfactorio a un nuevo estado insatisfactorio, conocido como estado de fallo.

2.2 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

Desde el principio de los tiempos, el hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las mas rudimentarias herramientas o aparatos. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad. Al principio solo se hacía mantenimiento cuando ya era imposible seguir usando el equipo.

Mantenimiento de Ruptura o Reactivo

Fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipos, acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.

Mantenimiento Preventivo

Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones claves para prevenir daños al equipo. Aun cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, el Mantenimiento Preventivo era una alternativa costosa. La razón: Muchas partes de reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podrían haber durado mas tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de labor innecesariamente.

Mantenimiento Productivo

Fue la nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Así se asignaron más altas responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad del diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de “Ingeniería de la Planta” en vez de “Mantenimiento”, las tareas a realizar incluían un mas alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.

Diez años después, tomó lugar la globalización del mercado creando nuevas y mas fuertes necesidades de excelencia en todas las actividades. Los estándares de “Clase Mundial” en términos de mantenimiento del equipo se comprendieron y un sistema más dinámico tomó lugar. TPM es un concepto de mejoramiento continuo que ha probado ser efectivo. Primero en Japón y luego de vuelta a América (donde el concepto fue inicialmente concebido, según algunos historiadores). Se trata de participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

2.3 MANTENIMIENTO OVERHAUL

El Mantenimiento Overhaul es aquel mantenimiento aplicado a un activo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, el nivel de inversión o coste de mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud (con respecto al mantenimiento operacional),

dado que la razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones del servicio del activo, bien sea desde el punto de vista de diseño o para extender su vida útil con la mínima probabilidad de fallo (confiabilidad) y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados, bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

2.4 MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL

Se refiere al análisis de procesos y resolución de problemas a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.

Se debe considerar al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos. Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas - hombres utilizadas

Considera que los inventarios de materiales sean gerenciados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales.

Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.

La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional. El objetivo es maximizar efectividad/eficacia de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida. El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación.

Se deben planificar las actividades a corto, mediano y largo plazo tratando de maximizar la productividad y confiabilidad de las instalaciones con el involucramiento de todos los actores de las diferentes organizaciones bajo procesos y procedimientos de gerencia documentados.

Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias. Esta filosofía de trabajo es parte de la cultura de todos en la organización.

2.5 MANTENIMIENTO TPM

El TPM es una filosofía de vida que se implementó originalmente en las empresas japonesas para afrontar la recesión económica que se estaba desarrollando en la década de los 70 y la competencia que se avecinaba de occidente.

En TPM se destacan seis grandes pérdidas: -Pérdida por avería en los equipos, pérdida debidas a preparaciones, pérdidas provocadas por tiempo de ciclo vacío y paradas cortas, perdidas por funcionamiento a velocidad reducida, pérdidas por defecto de calidad, recuperaciones y reprocesado, pérdidas en funcionamiento por puesta en marcha del equipo.

Por ser el TPM una metodología TOP-DOWN, esta busca integrar todas las áreas de la empresa desde el nivel más bajo hasta la gerencia o ramas administrativas, involucrando a los niveles más bajos del la cadena productiva, busca que estos se den cuenta que tan importante es el proceso y como sus esfuerzos llevan al cumplimiento de las metas asignándoles responsabilidades para lograr la obtención de las metas fijadas.

Cuando la junta directiva de la empresa o la gerencia general deciden implementar TPM en la empresa debe estar consciente que el camino es largo y no es fácil, la implementación del TPM como la mayoría de las metodologías, conllevan a seguir una serie de pasos establecidos y el éxito o fracaso de la implementación del TPM depende de la constancia y la rigurosidad con que las empresas practiquen la filosofía, cabe destacar que el TPM es un camino largo, que debe ser alimentado todos los días con disciplina y constancia este camino no es sencillo, pero si las empresas logran implementar esta metodología los resultados obtenidos serán satisfactorios y marcarán la diferencia con la competencia.

TPM se puede mirar como una filosofía sobre mantenimiento de origen japonés que se ha difundido por todo el mundo gracias a su gran éxito y a su capacidad de transformar entornos, mejorar procesos y optimizar recursos. TPM se puede mirar como una estrategia de mejora que involucra no solo a la alta dirección sino también a todos los empleados y que utiliza herramientas como el liderazgo, la perseverancia y la disciplina para lograr que este recurso humano se vea involucrado en un mejoramiento continuo.

2.6 MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD

RCM o *Reliability Centred Maintenance*, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/ Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costos derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaba la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir los costos de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- 1-Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas.

2-Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.

3-Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones de tipo preventivo que evitan fallos y que por tanto incrementan la disponibilidad de la planta son de varios tipos:

1. Tareas de mantenimiento, que agrupadas forman el Plan de Mantenimiento de una planta industrial o una instalación.
2. Procedimientos operativos, tanto de Producción como de Mantenimiento
3. Modificaciones o mejoras posibles.
4. Definición de una serie de acciones formativas realmente útiles y rentables para la empresa.
5. Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en Planta.

El mantenimiento centrado en fiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con determinadas acciones preventivas como por último aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves.

2.7 ENSAYO DE MATERIALES

2.7.1 INTRODUCCIÓN

Se denomina Ensayo de Materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades ó características mecánicas de un material, producto, conjunto, etc; que sirven para probar un juicio sobre dichas características o propiedades.

Se intentará simular las condiciones a las que estaría expuesto el material cuando ingrese a funcionamiento o servicio.

Los ensayos de materiales pueden ser de dos tipos: Ensayos destructivos y no destructivos. Éstos últimos permiten realizar la inspección sin perjudicar el

posterior empleo del producto, por lo que permiten inspeccionar la totalidad de la producción.

2.7.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

2.7.2.1 INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual es la técnica más antigua en los ensayos no destructivos, y también la más usada por su gran versatilidad y bajo costo.

En ella se emplea como instrumento principal el ojo humano, el cual es complementado frecuentemente con instrumentos de magnificación, iluminación y medición.

Ésta técnica es, y ha sido siempre un complemento para todos los demás ensayos no destructivos, ya que a menudo la evaluación final se hace por medio de una inspección visual.

2.7.2.2 ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES

Este tipo de ensayo no destructivo se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados.

Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede aplicar para materiales ferrosos, cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar.

El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo, se elimina el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de estas.

Las aplicaciones de esta técnica son amplias y van desde la inspección de piezas críticas hasta la inspección de piezas básicas. Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos, plásticos, porcelanas.

2.7.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS

2.7.3.1 ENSAYO DE DUREZA

La dureza de un material es la resistencia que opone a la penetración de un cuerpo más duro. La resistencia se determina introduciendo un cuerpo de forma esférica, cónica o piramidal, por el efecto que produce una fuerza determinada durante cierto tiempo en el cuerpo a ensayar. Como indicador de dureza se emplea la deformación permanente (plástica

2.7.3.2. ENSAYO DE DUREZA AL RAYADO

Este ensayo está sobre establecido sobre la dureza de 10 materiales, donde cada uno de ellos es rayado por el siguiente en la escala:

-Talco, Yeso, Calcita, Fluorita, Apatito, Ortosa, Cuarzo, Topacio, Corindón, Diamante

También existe el ensayo de rayado de Martens, en el cual se utiliza un cono de diamante para rayar la superficie del material que se quiere medir. La dureza del material será inversa a la anchura de la raya.

2.7.3.3. ENSAYO DE DUREZA A LA PENETRACIÓN

Se trata de medir la resistencia que ofrece un material a ser penetrado por una pieza llamada penetrador, entre los cuales podemos destacar los siguientes:

2.7.3.4. ENSAYO DE BRINELL

Este ensayo se utiliza en materiales blandos (de baja dureza) y muestras delgadas. El indentador ó penetrador usado es una bola de acero templado

de diferentes diámetros. Para los materiales mas duros se utilizan bolas de carburo de tungsteno

El ensayo típico se suele utilizar una bola de acero de 10 a 12 mm de diámetro.

2.7.3.5. ENSAYO ROCKWELL

Constituye el método más usado para medir la dureza debido a que es muy simple llevarla a cabo y no requiere de conocimientos especiales. Se puede utilizar diferentes escalas que provienen de la utilización de de distintas combinaciones de penetraciones y cargas, lo cual permite ensayar prácticamente cualquier metal. Hay dos tipos de penetradores: bolas esféricas de acero endurecido y penetrador cónico de diamante

2.7.3.6. ENSAYO VICKERS

Llamado también ensayo de dureza universal, es un método para medir la dureza de materiales y su cargas van de 05 a 125 kilopondios. Su penetrador es una pirámide de diamante con un ángulo de 136°. Se emplea para láminas delgadas hasta 0.15 mm y el resultado no se lee directamente en la máquina. Para determinar el número de dureza se aplica la siguiente fórmula:

$$HV=(1,8544.F)/d^2$$

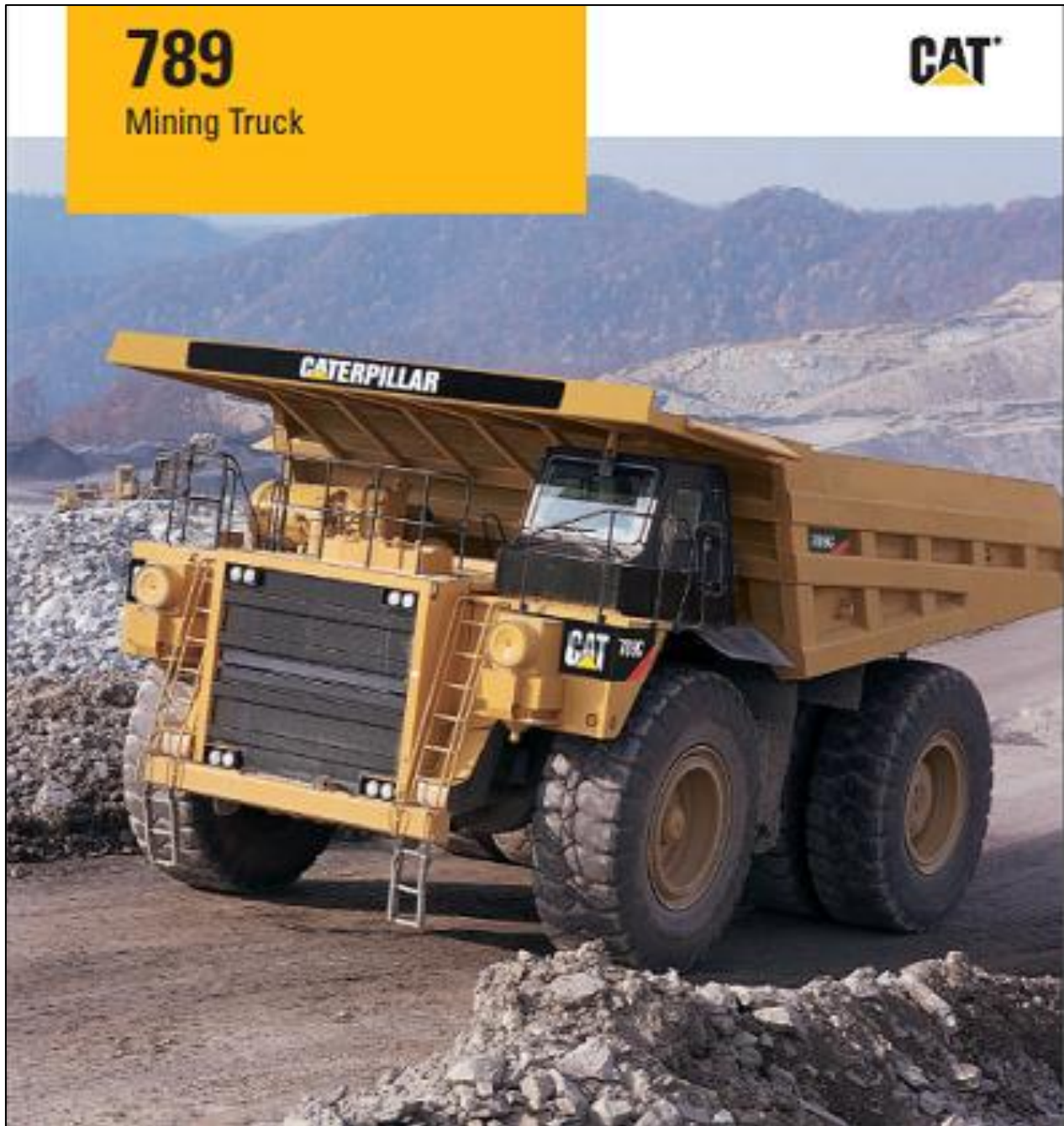
Este ensayo constituye una mejora al ensayo de dureza Brinell ya que utiliza cargas menores para presionar el indentador.

2.8. DESCRIPCION DEL EQUIPO CAT-789

En las operaciones de minería se cuenta con dos modelos de camión minero para movimiento de tierras, estos son modelos Caterpillar 793-C y 789 A- B.

A continuación describiremos las principales características de la unidad a ser investigada.

Descripción



Engine

Engine Model	Cat® 3516B EUI	
Gross Power – SAE J1995	1417 kW	1,900 hp
Net Power – SAE J1349	1320 kW	1,771 hp

Weights – Approximate

Gross Machine Operating Weight	317 515 kg	700,000 lb
--------------------------------	------------	------------

Operating Specifications

Nominal Payload Capacity	177 tonnes	195 tons
--------------------------	------------	----------

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE DAÑOS EN CHASIS

3.1 RESEÑA DE LAS UNIDADES

La flota de unidades CAT-789 está compuesta por 15 unidades, de estas solo 04 unidades se encuentran operando en mina, 10 unidades se encuentran dadas de baja y 01 unidad se encuentra en el mirador de mina como exhibición.

Estas unidades fueron adquiridas de distintas minas del Perú durante los años de 1997 al 1999, estos camiones ya acumulaban los 50,000 Horas de Trabajo lo cual representa la mitad de horas de su vida útil.

Estas unidades ingresaron a mina sin ningún tipo de mantenimiento o reparación por lo cual se optó por proceder a una reparación de chasis y cambio de componentes mayores antes de ser insertadas en los trabajos de campo.

Se repararon los bastidores de las unidades que presentaban fisuras, cambiando las planchas fracturadas por nuevas, lamentablemente no se cuenta con un historial de estas reparaciones ni del tipo de acero que se reemplazó en los chasises.

Estas unidades, luego de su reparación, trabajaron un Aprox. de 60,000 horas en mina, sumado un total de 110,000 Horas/Trabajo (Aprox) en total.

Al cumplir con su vida útil , 100,000 Hrs, estas unidades volvieron a presentar fisuras críticas en los bastidores motivo por los cuales estos camiones fueron dados de baja, debido al alto costo de una nueva reparación y dado que nuevas y modernas unidades fueron ingresando a mina, siendo depositados en un área destinada para su almacenamiento.

3.2 DESCRIPCIÓN

El chasis es un componente crítico dentro de las operaciones de la unidad ya que si éste falla, la operatividad de la unidad se vería seriamente comprometida viéndonos obligados a detener la máquina y proceder a una reparación mayor que nos demandaría un alto costo y disminución de la disponibilidad en la flota.

La reparación del chasis se convierte en parte fundamental del Mtto OverHaul.



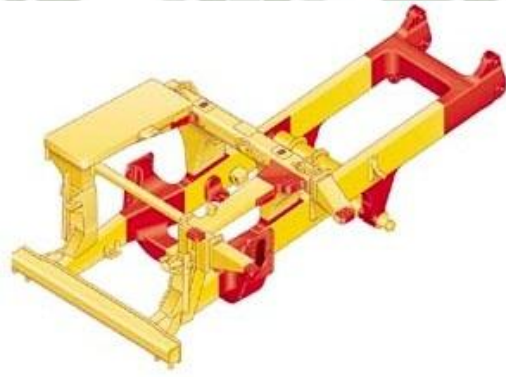
Chasis de unidad CAT.789

Fig. N° 1.

Para identificar las principales zona afectadas por las operaciones en el chasis usaremos la inspección visual en los bastidores y de ser necesario utilizaremos el ensayo de líquidos penetrantes (Ensayo metalográfico No Destructivo) para identificar las fisuras en el acero estructural, una vez identificadas las zonas más afectadas realizaremos ensayos metalográficos, Destructivos y No Destructivos.

Los bastidores Caterpillar están construidos para resistir las más altas aplicaciones de flexión e impacto en las operaciones.

Caterpillar utiliza planchas de acero estructural A-514, ya que este brinda durabilidad, flexibilidad y alta resistencia a las cargas de impacto, incluso en climas fríos, así mismo el marco incorpora dos piezas forjadas y 21 piezas fundidas en áreas de alta tensión (Resaltadas Rojo - Fig N° 2).



Conformación de chasis CAT-789 (Zonas Fundidas – Estructurales)

Fig N° 2.

Las piezas fundidas incorporadas al chasis cuentan con un gran radio de curvatura en las uniones a las estructuras de acero fundido evitando la concentración de esfuerzos y ayudando a disipar las tensiones que puedan causar fatiga y agrietamiento.

3.3. INSPECCION VISUAL

Como primer paso para identificar las fallas estructurales en el chasis realizaremos una caminata periférica por la unidad, como todos los componentes mayores y menores han sido desmontados facilitarán la identificación de fisuras y fallas en el bastidor.

Una vez culminada la inspección visual a la flota de camiones mineros se observaron una serie de fisuras críticas en los bastidores, principal motivo por los cuales estas unidades fueron dadas de baja, a continuación detallamos los resultados

INSPECCION CAT-36

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.36 (Fig. N° 3) encontrando una fisura critica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 4 y 5).



Unidad CAT-36
Fig. N°3



Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 4



Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 5

INSPECCION CAT-38

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.38 (Fig. N° 6) encontrando una fisura crítica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 7)



Unidad CAT-38
Fig. N° 6



Fisura en larguero derecho
Fig. N° 7

INSPECCION CAT-39

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.39 (Fig. N° 8) encontrando una fisura crítica en el larguero derecho del bastidor (Fig. N° 9)



Unidad CAT-39
Fig. N° 8



Fisura en larguero derecho
Fig. N° 9

INSPECCION CAT-40

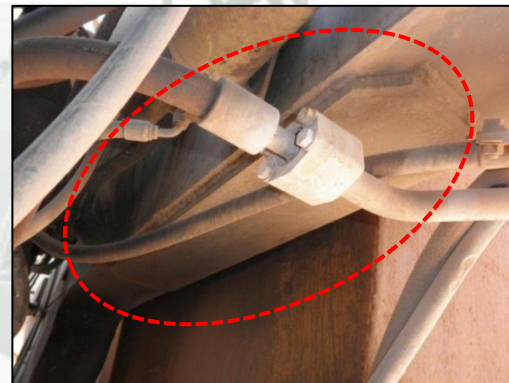
Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.40 (Fig. N° 10) encontrando una serie de reparaciones correctivas en los largueros derecho e izquierdo del bastidor (Fig. N° 11 y 12)



Unidad CAT-40
Fig. N° 10



Larguero derecho reparado
Fig. N° 11



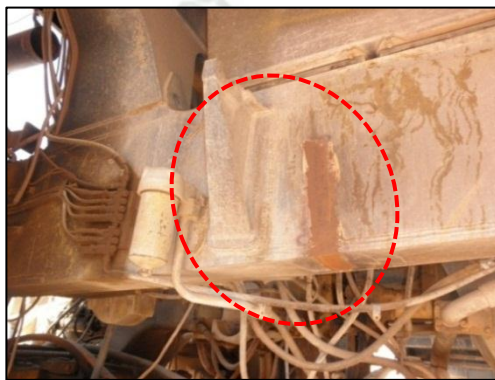
Larguero izquierdo reparado
Fig. N° 12

INSPECCION CAT-42

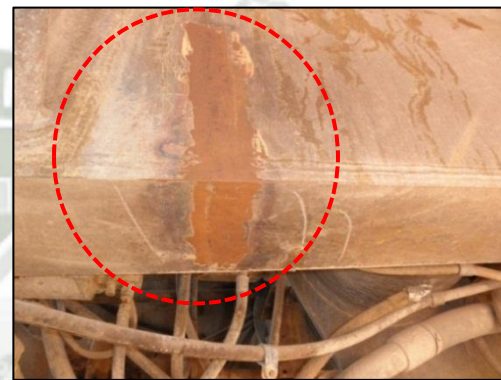
Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.42 (Fig. N° 13) encontrando una fisura critica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 14 y 15)



Unidad CAT-42
Fig. N° 13



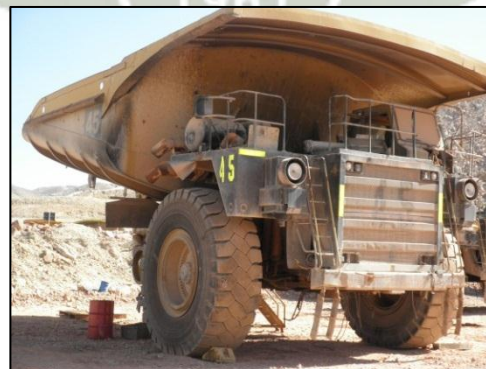
Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 14



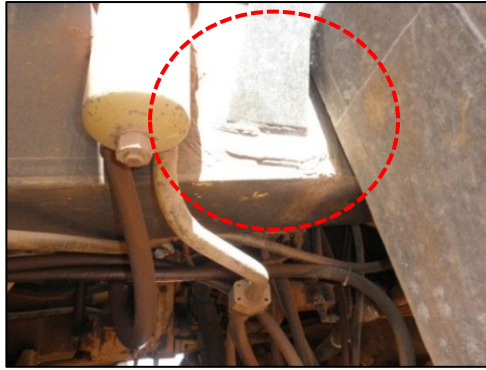
Amplificación fisura larguero
Fig. N° 15

INSPECCION CAT-45

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.45 (Fig. N° 16) encontrando una fisura crítica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 17 y 18).



Unidad CAT-45
Fig. N° 16



Reparacion en larguero izquierdo
Fig. N° 17



Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 18

INSPECCION CAT-46

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.46 (Fig. N° 19) encontrando una fisura critica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 20 y 21).



Unidad CAT-46
Fig. N° 19



Fisura larguero izquierdo
Fig. N° 20



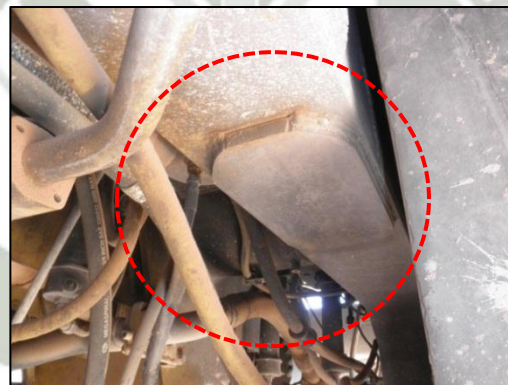
Fisura larguero izquierdo
Fig. N° 21

INSPECCION CAT-48

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.48 (Fig. N° 22) encontrando una fisura crítica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 23).



Unidad CAT-48
Fig. N° 22



Reparación de larguero izquierdo

Fig. N° 23

INSPECCION CAT-51

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.51 (Fig. N° 24) encontrando una fisura crítica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 25, 26).



Unidad CAT-51
Fig. N° 24



Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 25



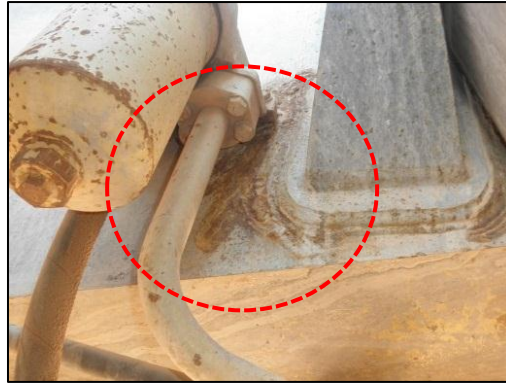
Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 26

INSPECCION CAT-52

Realizamos la inspección visual al bastidor de la unidad CAT.51 (Fig. N° 27) encontrando una fisura crítica en el larguero izquierdo del bastidor (Fig. N° 28).



Unidad CAT-52
Fig. N° 27



Fisura en larguero izquierdo
Fig. N° 28

Observamos que de un total de 15 unidades de la flota CAT-789, 10 presentan fisuras, reparaciones correctivas o parches en los largueros del chasis a simple inspección visual, las fisuras se presentan en forma transversal a los largueros ocasionando un efecto de bisagra sobre este, si la unidad sigue operando bajo estas condiciones sufre la posibilidad que esta falla vaya aumentando.

Concluyendo que los largueros son el área más afectada por daños estructurales en el chasis, siendo su reparación crítica para que la unidad siga en operación en mina.

Aplicaremos técnicas de ensayos destructivos y no destructivos para poder indagar sobre las causas de esta concurrencia, siendo esta falla crítica ya que afecta a un 66.6 % de nuestras unidades.

3.4. INSPECCIÓN CON LIQUIDOS PENETRANTES

Cuando la identificación de daños estructurales es dudosa mediante la inspección visual, se utilizará la ayuda de líquidos penetrantes, esta prueba identificará discontinuidades en la superficie del bastidor.



Paquete de Líquido penetrante

Fig. N° 29

Primero aplicaremos el penetrante (Fig. N° 30), el cual será el que penetrará en la irregularidad de la superficie.



Aplicación de penetrante

FIG. N° 30

Luego aplicaremos el revelador, el cual delimitará el contorno de las grietas.

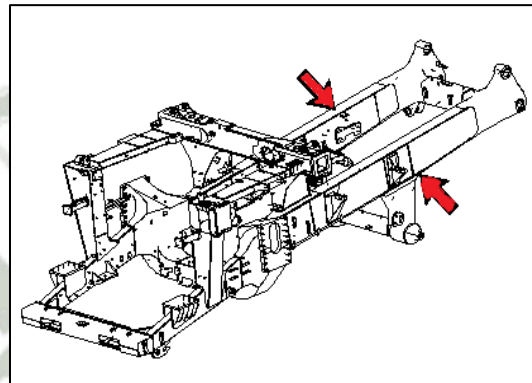


Aplicación de revelador

Fig. N° 31

3.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las fisuras críticas se encuentran ubicadas en los largueros, que son la matriz principal del chasis, donde se soportan todas las fuerzas de flexión entre los apoyos posteriores (Mandos Finales y Ruedas Delanteras) y el puente de Izaje (Anclaje de Cilindros de Izaje) así como los golpes de izaje y descenso de la tolva.



Ubicación de los largueros en chasis CAT-789
Fig. N° 32

Actualmente de la flota de unidades CAT-789 conformada por 15 camiones, 10 presentan problemas estructurales críticos en los largueros del bastidor.

Evaluación de largueros	
CAT-34	OK
CAT-35	OK
CAT-36	Fisura
CAT-37	OK
CAT-38	Fisura
CAT-39	Fisura
CAT-40	Fisura
CAT-42	Fisura
CAT-43	OK
CAT-45	Fisura
CAT-46	Fisura
CAT-48	Fisura
CAT-50	OK
CAT-51	Fisura
CAT-52	Fisura

Tabla N° 1

Las fisuras halladas por los métodos de inspección visual e inspección por ensayo de líquidos penetrantes revelan una concurrencia de rajaduras y fisuras perpendiculares a los largueros dejando el chasis inoperativo.

Usaremos los métodos de análisis de causa raíz (Diagrama de Ishikawa, este diagrama es una representación gráfica de las múltiples causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en el proceso) y evaluación de fallas para determinar la principal causa de estas fisuras en el camión minero.

Una vez identificada la principal causa mediante el diagrama de Ishikawa, realizaremos pruebas de ensayos Destructivo y No destructivos para confirmar nuestra hipótesis.

3.5.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El diagrama de Causa-Efecto nos ayudara a determinar la principal causa raíz de nuestro problema mediante una lluvia de ideas y descarte de hipótesis.

1. Identificamos nuestro motivo de la investigación y lo tomamos como centro de nuestro diagrama.
2. Escribimos nuestro efecto (Fisuras Estructurales) en el extremo de nuestro diagrama.
3. Escribimos categorías o causas por las cuales consideramos que el problema pudo surgir, como mano de obra, materiales, medio ambiente, etc.
4. Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces. Así identificaremos puntualmente ideas causantes para cada categoría de nuestro diagrama.
6. Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

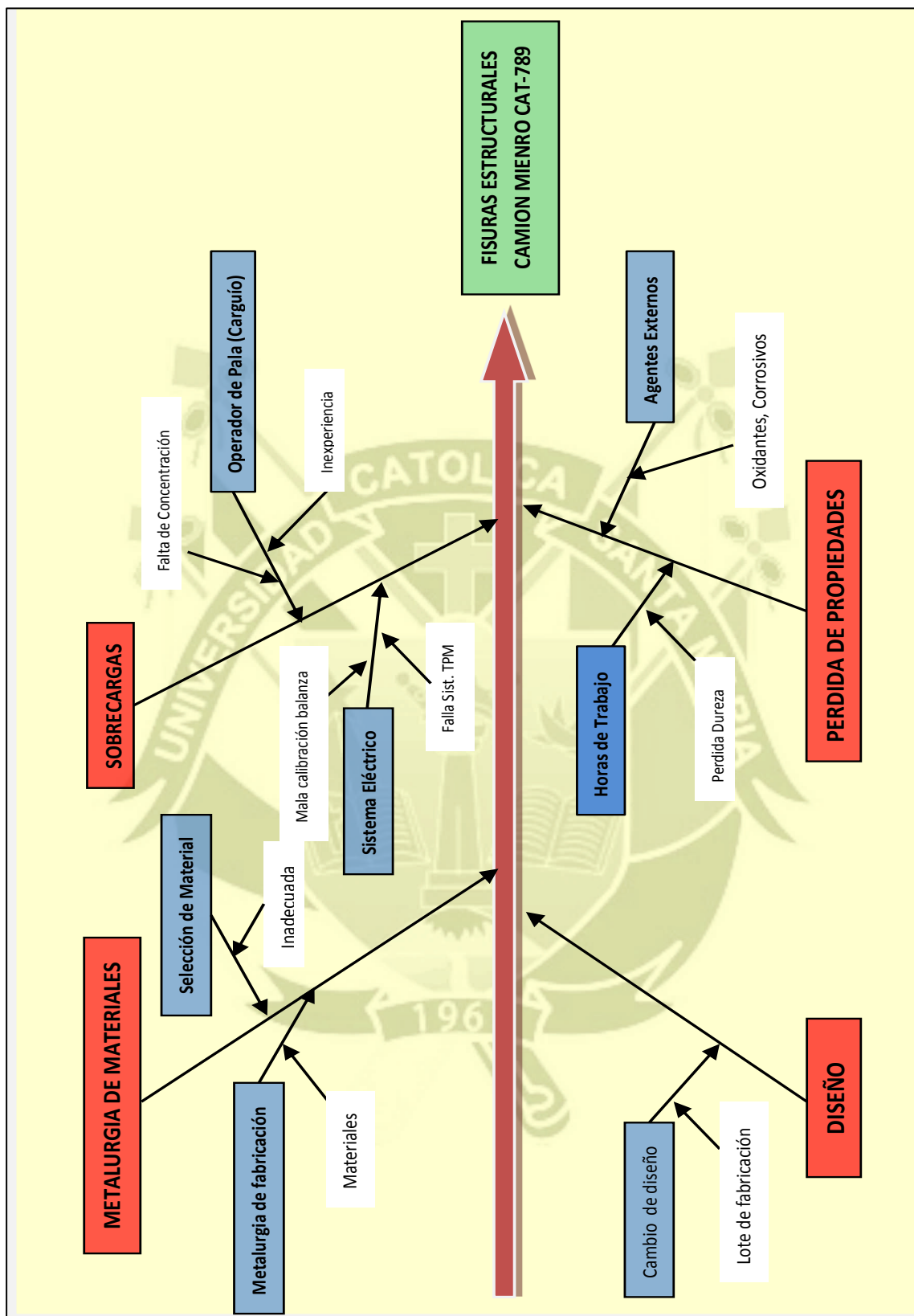


Diagrama N° 1

3.5.2 IDENTIFICACION DE CAUSA RAIZ

Luego de realizar el diagrama de Ishikawa, o espina de pescado, analizaremos las categorías para ir descartando estas y centrar nuestro análisis en solo dos.

La categoría “Perdida de Propiedades” se desestima dado que los bastidores de la flota no se encuentran sometidos a contacto directo con agentes químicos o reactivos, no pasan por ambientes contaminantes como sería concentradora o planta de lixiviación, así mismo no se encuentran sometidos bajo cargas cíclicas o golpes cíclicos.

La categoría “Diseño” también le damos de baja dado que estas anomalías en los chasis solo se reportaron en nuestras instalaciones, no teniendo antecedentes en otras operaciones de una concurrencia de fisuras en los bastidores.

Entonces tomaremos las dos restantes categorías para analizar y determinar la causa raíz de nuestra investigación.

- Sobrecargas
 - Operador de Pala, Cargador Frontal
 - Sistema Eléctrico
- Metalurgia de materiales
 - Metalurgia de Fabricación
 - Selección de Materiales

Procedemos a analizar e investigar cada categoría.

3.5.2.1 SOBRECARGAS

Las operaciones de carguío en una mina a tajo abierto comprenden las actividades de carguío de materiales, tanto estéril como mineral,

sobre camiones de extracción, por Palas eléctricas, hidráulicas o cargadores frontales desde que queda disponible el banco después de la voladura

OPERADOR PALA (CARGUIO DE MATERIAL)

Analizaremos las posibles causas de sobrecarga mediante carguío de las palas en operación mina.



Carguío de material Pala Hidráulica
Fig. N° 33

Las unidades CAT-789 son cargadas por palas eléctricas y/o hidráulicas, en este caso trabajan con palas Eléctricas P&H. 2800XPC.



Especificación de carga Pala 2800XPC
Fig. N° 34

La capacidad de carga de esta pala es de 64 TONS en su cucharón, siendo esto aproximadamente un tercio de la carga óptima del camión minero, 180 TONS.

El operador de la pala para poder llegar a la capacidad total del camión debe realizar 03 cargas completas.

Por lo tanto calcular la cantidad necesaria de carguíos para no sobrepasar la carga óptima del camión es muy simple de calcular.

OPERADOR CARGADOR FRONTAL (CARGUIO DE MATERIAL)

Analizaremos las posibles causas de sobrecarga mediante carguío de cargador frontal 994F en operación mina.



Carguío de material Cargador Frontal 994F

Fig. N° 35

En las operaciones contamos con 02 cargadores frontales CAT-994F los cuales apoyan las labores de carguío de material a los camiones mineros.

MODELO	992K		994F	
Potencia en el volante: Neta	597 kW	801 hp	1092 kW	1463 hp
Bruta	674 kW	904 hp	1176 kW	1577 hp
Carga útil nominal*	—		35 t STD	38 T
			32 t H.L.	35 T
			32 t SHL	35 T

Especificación de carga Cargador Frontal 994F

Fig. N° 36

La capacidad de carga de este cargador frontal es de 35 TONS en su cucharón, siendo esto aproximadamente un quinto de la carga óptima del camión minero, 180 TONS.

El operador del cargador para poder llegar a la capacidad total del camión debe realizar 05 cargas completas.

Por lo cual calcular la cantidad necesaria de carguíos para no sobrepasar la carga óptima del camión es muy simple.

SISTEMA ELECTRICO

La unidad CAT-789 utiliza sensores de presión en cada suspensión, delanteras y posteriores, que junto con un micro procesador (Pay-Load) ubicado en la cabina controlan la carga óptima que debe de transportar el camión.

Cat [®] 3516 Electronic Unit Injection Engine		
Gross power at 1750 RPM	1342 kW	1800 HP
Flywheel power at 1750 RPM	1272 kW	1705 HP
Body capacity (SAE 2:1)	105 m ³	137 yd ³
Max. operating weight	317 520 kg	700,000 lbs.
Size class	154-177 metric tons	170-195 tons

Carga óptima del camión CAT-789 es de 170 a 195 Toneladas.

Fig. N° 37

Así mismo, para evitar la sobre carga de las unidades por parte de los operadores de las palas y cargadores, la cabina del camión esta implementada con luces TPM.



Luces TPM en Cabina CAT-789
Fig. N° 38



Luces TPM en Plataforma CAT-789
Fig. N° 39

El modulo del chasis se encarga de juntar los datos obtenidos de los sensores de carga en las suspensiones posteriores y delanteras, determinando los datos de salida en las luces TPM.

- Luz verde, indicando que el camión aún puede ser cargado.
- Luz roja, indicando que el camión ha llegado al tope de su máxima carga.

Por todo lo expuesto notamos que la categoría “Sobrecargas” es improbable que sea la causa raíz de nuestra investigación.

3.5.2.2 METALURGIA DE MATERIALES

METALURGIA DE FABRICACION

Como describimos anteriormente los largueros son las partes que sufren la mayor concentración de fuerzas, están contruidos en un diseño de caja cuadrada y está compuesto por acero estructural.

Iniciamos investigando el acero estructural con el cual están compuestos los largueros, para esto recurriremos a los manuales del fabricante, determinando que el acero más utilizado para aplicaciones estructurales donde se requiere de altos límites de fluencia es el acero **ASTM A-514**, ver especificaciones en ANEXO N° 3.

El fabricante nos garantiza que los bastidores provenientes de fábrica están compuestos por acero estructural ASTM A-514, por lo tanto las fisuras prematuras presentadas en nuestras unidades podrían deberse a una mala metalurgia en el proceso de fabricación del acero.

Descartamos esta hipótesis debido a que las unidades no tienen series correlativas de fabricación, así como el que no existe un registro de fallas en el sistema del fabricante.

Hacemos énfasis en indicar que la flota es un parque de máquinas de segundo uso, adquirido de diferentes minas del Perú, por lo cual al momento de ser adquiridas se realizó una evaluación y reparación general tanto en chasis como componentes mayores.

SELECCIÓN DE MATERIAL

Descartando la anterior hipótesis, resulta del proceso de nuestra investigación ponernos a pensar en qué tipo de reparación se le realizó a la flota, llegando a la pregunta: Anteriormente reemplazaron las planchas de los largueros en el chasis, ¿Qué tipo de acero utilizaron?

No se tiene registro del material utilizado en la reparación que se le hizo a la flota antes de ponerlas operativas en mina.

Para poder comprobar esta hipótesis, procederemos a realizar ensayos de dureza y metalográficos comparando el acero de las estructuras fisuradas con una ideal, si la dureza del acero fisurado es menor que la ideal podremos suponer que la principal causa del problema fue la errónea selección del material en la reparación post-compra realizada antes de poner operativas nuestras unidades en mina, para asegurar esta hipótesis necesitamos comprobar que el acero fisurado es un acero estructural ASTM A-514, esto lo lograremos realizando ensayos metalográficos, comparando la estructura del grano molecular y tipo de acero.



CAPÍTULO IV

ENSAYOS DE DUREZA ROCKWELL PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DE ACERO ESTRUCTURAL DE CHASIS

4.1 ENSAYO DUREZA ROCKWELL

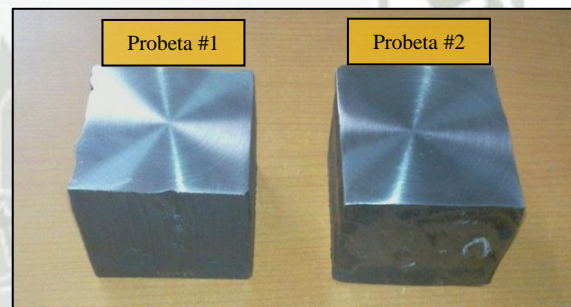
Como describimos en el anterior capítulo necesitamos corroborar si la categoría de “Selección de Materiales” es la principal causa raíz en nuestra investigación, dado que se tiene conocimiento que los bastidores de los camiones adquiridos fueron sometidos a un reemplazo de planchas como proceso de un mantenimiento mayor antes de su puesta en marcha.

4.1.1 DESCRIPCION

Como primer paso realizaremos los ensayos de dureza a los bastidores (largueros) fisurados de nuestra flota de camiones 789 en mina, obteniendo su grado de dureza en escala Rockwell C para compararlo con los valores teóricos del acero ASTM 5-14.

Para realizar estos ensayos, dispondremos de dos probetas de trabajo de $2\frac{1}{4} \times 2\frac{1}{4} \times 2$ pulgadas:

- Probeta fisurada (Probeta #1): extraída del chasis del camión CAT-789 identificado como (CAT 34), camión que presentó rajaduras en su estructura a las 100000 horas de trabajo.
- Probeta ideal (Probeta #2): material con características a comparar, debido a la propuesta del fabricante.



Probetas a ser usadas en nuestros ensayos
Figura N° 40

4.1.2 INSTRUMENTOS

Para comparar los índices de dureza de las probetas usaremos un Durómetro Digital (Fig. N° 41) con las siguientes características:

Marca : Timing Group inc

Modelo : HRS-150

Número de Serie: 112 - 2011/03



Durómetro Digital TIMING GROUP
Fig. N° 41

4.1.3 ÁMBITO

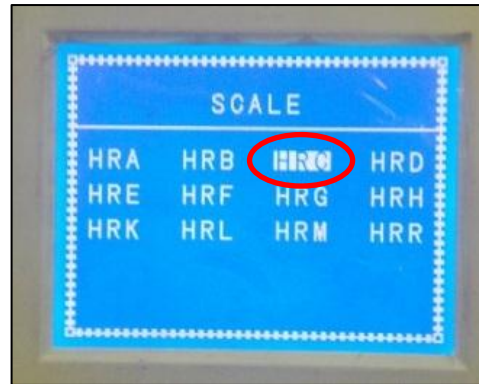
Los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales, ubicado en el CDIM (Centro de Estudiantes de Ingeniería Mecánica) de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

Contamos con el apoyo del personal a cargo del laboratorio para la supervisión de los ensayos cumpliendo con las normas del laboratorio.

4.1.4 ESTRATEGIA

La preparación de las muestras es esencial para poder proceder con ensayo, para lo cual se tuvo que desbastar progresivamente las probetas con lijar marca Abralut en el siguiente orden: #80, #100, #120, #160 hasta lograr que dos caras de nuestras probetas estén paralelas entre ellas y sin irregularidades.

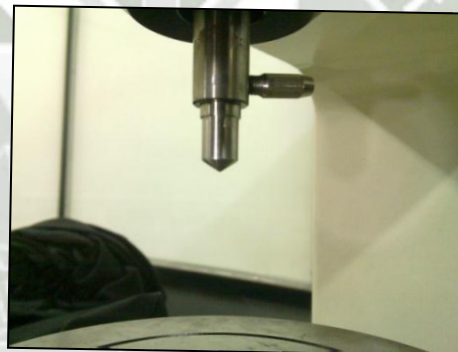
Para iniciar el ensayo seleccionamos en el durómetro digital, la escala Rockwell C, para realizar el ensayo. Elegimos esta escala ya que teniendo previo conocimiento que el acero esperado para este tipo de estructuras es el A-514 cuenta con una dureza de 25 a 29 Rockwell “C”, seleccionando la escala HRC en el monitor del durómetro según Fig. N° 42.



Selección de escala Rockwell “C” en Durómetro

Fig. N° 42

A continuación colocamos el indentador, según el procedimiento seleccionamos un indentador de punta de diamante para ensayar la dureza Rockwell C según Fig. N° 43.



Indentador punta de diamante usado en escala HRC

Fig. N° 43

Una vez seleccionada la escala de dureza necesitamos verificar la pre-carga de fuerza necesaria.

Seguidamente procederemos a calibrar el Durómetro, para el caso de la escala Rockwell C, seleccionamos una pre-carga de 150 kg-f. y para la escala Rockwell A, seleccionamos una pre-carga de 60 kg-f.

4.2. ENSAYO ROCKWELL – PROBETA N°1 (LARGUEROS FISURADOS)

Verificamos la selección de la escala de dureza Rockweel “C” en nuestra pantalla del durómetro digital (Fig. N° 44) y vemos que esta escala nos solicita configurar la fuerza de Pre-carga en 150 Kg, giramos el selector de Pre-carga a 150 Kg (Fig. N° 45)



Pantalla Durometro escala HRC
Fig. N° 44



Selector de Pre-carga 150 Kg
Fig. N° 45

La selección adecuada de la pre-carga es de vital importancia, de lo contrario los resultados obtenidos serán erróneos.

Con la máquina correctamente calibrada para poder iniciar nuestros ensayos, procedemos a ubicar la probeta #1 en la plataforma.

Realizaremos 10 indentaciones, aplicando una pre-carga de 580 kg-f, valor que se visualiza en el monitor de la pantalla progresivamente al girar la base manualmente, cuando la pre-carga este lista el equipo emitirá un sonido de confirmación, automáticamente el equipo iniciara el proceso de medición.



Aplicación de Pre-carga a probeta
Fig. N° 46

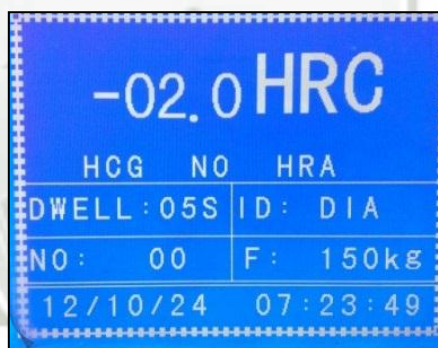
Según la selección del proceso de medición, se tardara entre 5 o 10 segundos en dar un resultado, al terminar la medición de dureza obtendremos el índice en “Rockwell C” y también su equivalencia en “Rockwell A”, según previa selección en el menú del equipo.



Medición de índice de dureza Probeta N° 1.

Fig. N° 47

Imágenes Prueba Rockwell “C” – Probeta N° 1.



Medición Prueba N° 1

Fig. N° 48



Medición Prueba N° 2

Fig. N° 49



Medición Prueba N° 3

Fig. N° 50

Obtenemos como resultado los siguientes datos:

Ensayo Dureza Rockwell C Probeta #1		
Prueba	HRC	HRA
1	-0.2	No registra
2	-5.6	No registra
3	0.1	No registra

Tabla N° 2

Realizamos 03 pruebas a la probeta con la escala “C” pero podemos observar en la tabla Nro. 2 que los datos son incoherentes, lo que nos indica que el material tiene un índice de dureza inferior al permitido por la escala Rockwell “C”, necesitamos seleccionar una escala menor Rockwell “A”.

CAMBIO DE ESCALA DE DUREZA “ROCKWELL A”

Nuestros valores dentro de la escala Rockwell “C” no fueron coherente procedemos a bajar el nivel de dureza y seleccionamos la escala Rokwell “A”, para esta escala no necesitamos cambiar el indentador pero si debemos modificar la Pre-carga al realizar nuestras mediciones.

Verificamos la selección de la escala de dureza Rockweel “A” en nuestra pantalla del durómetro digital (Fig. N° 48) y vemos que esta escala nos solicita configurar la fuerza de Pre-carga en 60 Kg, giramos el selector de Pre-carga a 60 Kg (Fig. N° 49).



Pantalla Durometro escala HRA
Fig. N° 48



Selector de Pre-carga 60 Kg
Fig. N° 49

NOTA: El valor de pre-carga impreso en la perilla debe coincidir con el que indica en el monitor del durómetro.

Con la maquina correctamente calibrada para el grado de dureza, procedemos a aplicar una pre-carga de 580 kg-f, valor que se visualiza en el monitor de la pantalla progresivamente al girar la base manualmente, cuando la pre-carga este lista el equipo emitirá un sonido de confirmación, automáticamente el equipo iniciara el proceso de medición.

Seleccionamos para que los valores aparezcan convertidos en la escala Rockwell “C” para verificar los valores.

Realizamos 10 indentaciones en distintos puntos de una cara de la probeta.

Imágenes Prueba Rockwell “A” – Probeta N° 1.



Medición Prueba N° 1
Fig. N° 51



Medición Prueba N° 2
Fig. N° 52



Medición Prueba N° 3
Fig. N° 53



Medición Prueba N° 4
Fig. N° 54

46.7 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 05	F: 60kg	
12/10/24	07:31:03	

Medición Prueba N° 5
Fig. N° 55

47.1 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 06	F: 60kg	
12/10/24	07:32:07	

Medición Prueba N° 6
Fig. N° 56

51.5 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 07	F: 60kg	
12/10/24	07:33:21	

Medición Prueba N° 7
Fig. N° 57

46.9 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 08	F: 60kg	
12/10/24	07:34:28	

Medición Prueba N° 8
Fig. N° 58

47.2 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 09	F: 60kg	
12/10/24	07:35:45	

Medición Prueba N° 9
Fig. N° 59

47.5 HRA		
HCG	NO	HRC
DWELL: 05S	ID: DIA	
NO: 10	F: 60kg	
12/10/24	07:36:50	

Medición Prueba N° 10
Fig. N° 60

Obtenemos como resultado los siguientes datos:

Ensayo Dureza Rockwell A Probeta #1		
Prueba	HRA	HRC
1	50.5	No registra
2	49.5	No registra
3	46.9	No registra
4	50.6	No registra
5	46.7	No registra
6	47.1	No registra
7	51.5	No registra
8	46.9	No registra
9	47.2	No registra
10	47.5	No registra

Tabla N° 3

De esta medición obtenemos un índice de dureza promedio de **48.44 HRA (Escala Rockwell “A”)**.

4.3. ENSAYO ROCKWELL – PROBETA N°2 (ACERO ASTM-514)

Realizamos el mismo procedimiento con la probeta N° 2 iniciando verificando la selección de la escala de dureza Rockwell “C” y seleccionando la pre-carga correcta.



Pantalla Durometro escala HRA
Fig. N° 61



Selector de Pre-carga 60 Kg
Fig. N° 62

Imágenes Prueba Rockwell “C” – Probeta N° 2.



Medición Prueba N° 1
Fig. N° 63



Medición Prueba N° 2
Fig. N° 64



Medición Prueba N° 3
Fig. N° 65



Medición Prueba N° 4
Fig. N° 66



Medición Prueba N° 5
Fig. N° 67



Medición Prueba N° 6
Fig. N° 68



Medición Prueba N° 7
Fig. N° 69



Medición Prueba N° 8
Fig. N° 70



Medición Prueba N° 9
Fig. N° 71



Medición Prueba N° 10
Fig. N° 72

Los resultados de esta probeta nos servirán de punto de comparación del índice de dureza de los chasis de la flota CAT-789.

Ensayo Dureza Rockwell C		
Probeta #2		
Prueba	HRC	HRA
1	22.8	61.9
2	22.8	61.9
3	23.1	62
4	24.1	62.4
5	24.5	62
6	22.9	61.9
7	22.2	61.6
8	22.7	61.8
9	23.1	62
10	22.8	61.9

Tabla N° 4

De esta medición obtenemos un índice de dureza promedio de **23.1 HRC** (Escala Rockwell “C”) y de **61.9 HRA** (Escala Rockwell “A”).

4.4. COMPARACION DE VALORES DUREZA PROBETA N°1 VS N°2

Comparacion Dureza Rockwell A		
Prueba	Probeta #1	Probeta #2
1	50.5	61.9
2	49.5	61.9
3	46.9	62
4	50.6	62.4
5	46.7	62
6	47.1	61.9
7	51.5	61.6
8	46.9	61.8
9	47.2	62
10	47.5	61.9
Promedio	48.44	61.94

Tabla N° 5

Los datos que nos servirán para realizar la comparación entre los grados de dureza de nuestras probetas son los obtenidos con la escala Rockwell “A”, ya que la probeta N°1 (Probeta de Bastidor Fisurado) no tuvo lectura de datos con la escala Rockwell “C”.

4.5. OBSERVACIONES

- El ensayo de dureza Rockwell nos permite concluir que los aceros ensayados se encuentran dentro del rango de los aceros nitrurados,
- La diferencia porcentual entre la Probeta #1 y la Probeta #2 es de 21.8%.
- La diferencia entre índices de dureza nos indica que el acero estructural de los bastidores fisurados (Probeta N° 1) no es el mismo que el indicado por el fabricante (Probeta N° 2).
- Para desmentir la anterior observación, tendremos que determinar la composición de los aceros con un ensayo metalográfico determinando la similitud de estructura de grano.

•

CAPÍTULO V

ENSAYOS METALOGRAFICOS PARA DETERMINAR CARACTERISRICAS DE ACERO ESTRUCTURAL DE CHASIS

5.1 ENSAYO METALOGRÁFICO

El anterior ensayo, nos dio como resultado un diferente grado de dureza entre nuestras probetas a analizar del 21%.

Es necesario determinar si esta diferencia en el índice de dureza se debe a una baja del grado de dureza del acero estructural debido a los años de servicio, o las planchas estructurales usadas en la primera reparación no fueron correctamente seleccionadas para las condiciones de trabajo a las cuales está expuesta nuestra unidad.

Utilizaremos el ensayo metalográfico para observar las características estructurales de acero de la Probeta #1, para luego compararlo con las características de una probeta #2, tomada de una plancha de acero ASTM A-514, esta será tomada como muestra maestra.

5.1.1. DESCRIPCIÓN

Aplicando el ensayo metalográfico, compararemos las características estructurales o constitutivas de las probetas para determinar la similitud o diferencia entre las mismas, así podremos determinar si la selección del material para la reparación de nuestros bastidores al momento de la compra fue inadecuada.

Observaremos el tamaño de grano, tamaño, forma y distribución de las fases que comprenden el material y de las inclusiones no metálicas, así como la presencia de segregaciones y otras irregularidades que profundamente pueden modificar las propiedades mecánicas y el comportamiento general de un metal.

Dispondremos de las mismas probetas de trabajo de $2\frac{1}{4} \times 2\frac{1}{4} \times 2$ pulgadas:

- Probeta usada (Probeta #1): extraída del chasis del camión 789 (CAT 34), camión que presentó rajaduras en su estructura a las 110 000 horas aprox.
- Probeta nueva (Probeta #2): propuesta para el inserto de la reparación en las partes rajadas del chasis del camión 789 en estudio.

5.1.2. INSTRUMENTOS

Para visualizar la microestructura de nuestras probetas usaremos un microscopio metalográfico digital (Fig. N° 73) y una pulidora metalográfica para lograr los acabados (Fig. N° 74)

MICROSCOPIO METALOGRFICO

Marca : Timing Group.

Modelo : DX-40

Número de Serie : 1125240



Microscopio Metalográfico TIMING GROUP
Fig. N° 73

PULIDORA METALOGRAFICA

Marca : Timing Group.

Modelo : Pulidora giratoria

Número de Serie: NA



Pulidora Metalográfica TIMING GROUP
Fig. N° 74

5.1.3 ÁMBITO

Los ensayos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Ensayo de Materiales, ubicado en el CDIM (Centro de Estudiantes de Ingeniería Mecánica) de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa.

5.1.4 ESTRATEGIA

DESBASTE GRUESO

Así como en el anterior ensayo, la preparación de las muestras es esencial para poder proceder con ensayo, para lo cual se tuvo que lijar progresivamente las probetas con lijar marca Abralit en el siguiente orden: #80, #100, #120, #160, #220, #240, #360, #400, #600, #800.

Tomamos la cara opuesta a la que se hicieran las indentaciones en el ensayo de dureza en ambas probetas, iniciamos desbastando de la probeta #1 con el lijar de mayor granulado (lijar #80).

Realizamos movimientos lineales, cubriendo la totalidad del área del lijar, no se debe de usar patrones circulares ya que estos nos darán un limado irregular.

Para evitar el sobre-calentamiento de la probeta durante el limado, esparciremos agua sobre la superficie de trabajo como se muestra en la Fig. N° 75.



Desbaste de Probetas usando lijar abrasivo
Fig. N° 75

Al pasar de un abrasivo a otro, aumentando el número de granos en el lijar, debe girarse la probeta 90 grados y proceder con el proceso de desbastado hasta que se borren por completo las huellas lineales del abrasivo anterior, teniendo siempre el cuidado de lavar la probeta con agua abundante al pasar al siguiente grano eliminando las partículas y virutas provenientes del desgaste de ambos cuerpos.



Desbaste lineal de probetas
Fig. N° 76

DESBASTE PULIDO

La última aproximación a una superficie plana libre de ralladuras se obtiene mediante una rueda giratoria húmeda cubierta con un paño cargado con partículas abrasivas seleccionadas en su tamaño. En éste sentido, existen muchos abrasivos, prefiriendo a gamma del óxido de aluminio para pulir metales ferrosos, (en una proporción de 15gr. de alúmina por cada 100 ml de agua).

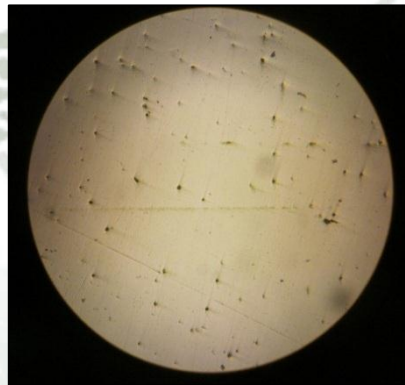


Aplicación de alúmina al proceso de pulido
Fig. N° 77

La alúmina es usada como refrigerante y lubricante durante nuestro proceso de pulido, este nos dará un acabado de espejo en la superficie a analizar.

Se debe tener una superficie lisa sin inclusiones considerables, durante el proceso de pulido observamos la formación inclusiones, investigando sobre esta anomalía descubrimos que estas son conocidas como “Colas de cometa” (Fig. N° 78) ocasionadas por el mal pulido, unidireccional.

Al igual que en el pulido manual se debe girar la probeta 90 grados cada cierto tiempo para desaparecer las huellas en un sentido.



Defecto en pulido – Colas de Cometa

Fig. N° 78

Al momento de pulir nuevamente las probetas será necesario el dinamismo en el pulido, así lograremos desaparecer las irregularidades.

Una vez desaparecidas las inclusiones estamos listos para preparar el revelador para el ataque químico de la probeta, con el cual podremos observar en el microscopio, las características estructurales.

ATAQUE QUÍMICO

Se realiza el ataque por inmersión, se suspende la probeta, con su superficie pulida hacia abajo dentro del reactivo.

El revelador es una mezcla de 95 partes de alcohol etílico o isopropílico con 5 partes de ácido nítrico.

Se procede a agitar moderadamente la probeta con la finalidad de desalojar las burbujas de aire retenidas en la superficie y para asegurarse que bajo la superficie siempre exista reactivo no gastado

Se procedió a lavar la probeta con abundante agua para eliminar cualquier resto de suciedad Fig. N° 79, grasa u otro elemento ajeno al material, para luego secarlo con un chorro de aire caliente Fig. N° 80.



Lavado de probeta con agua
Fig. N° 79



Secado de exceso de agua
Fig. N° 80

Se procedió a sumergir la cara pulida en la solución reveladora por un lapso de 15 segundos, evitaremos que la cara que está recibiendo el ataque químico se encuentre en contacto con otra superficie y se raye.



Preparación de reactivo
Fig. N° 81



Ataque químico a probeta
Fig. N° 82

Se retira la probeta del reactivo (inmediatamente después se puede observar que la superficie pulida adquiere un color mate, esto indica que el ataque químico está siendo efectivo Fig. N° 83.

El nital oscurece la perlita y revela los bordes de la ferrita. Ferrita y cementita blancos y perlita más oscura (láminas claras y oscuras semejantes a una impronta digital).

Acto seguido se le deja caer abundante agua para retirar el exceso de solución reveladora y detener la reacción del reactivo Fig. N° 84.



Inicio de reaccion al ataque
Fig. N° 83



Detenemos el ataque con agua
Fig. N° 84

Usaremos un chorro de aire caliente, así evitaremos contacto alguno con la superficie para eliminar el agua de la superficie Fig. N° 85 y 86.

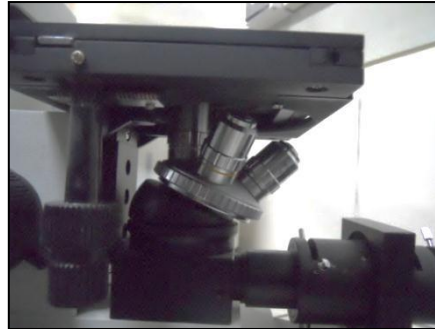


Retiramos exceso de agua
Fig. N° 85



Secado de la probeta
Fig. N° 86

Finalmente podemos observar las características del material en el microscopio digital usando las distintas medidas de lente (10X, 20X, 40X y 100X), Fig. N° 87



Lentes de Microscopio Metalográfico
Fig. N° 87

5.2. ENSAYO METALGRÁFICO

5.2.1. MICROSCOPIA PROBETA N° 1 (LARGUEROS FISURADOS)

Una vez que la probeta se encuentre limpia y sin residuos de agua ni otra partícula procedemos a inspeccionarla en el microscopio metalográfico.

Observamos la estructura y distribución de granos en la probeta #1.



Microscopia Probeta N° 1 - Zoom 10X

Fig. N° 88

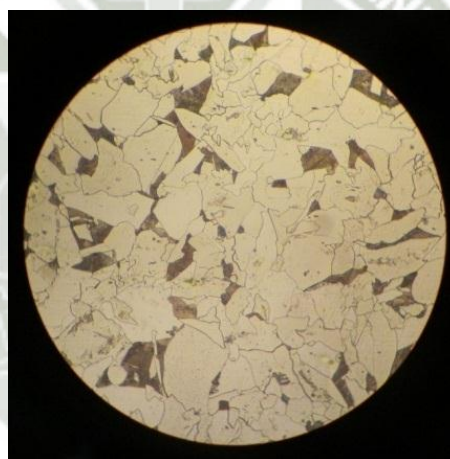
Notamos que los granos que componen este acero estructural son de tamaño moderado a simple vista con el microscopio a 10 X.



Microscopia Probeta N° 1 - Zoom 20X

Fig. N° 89

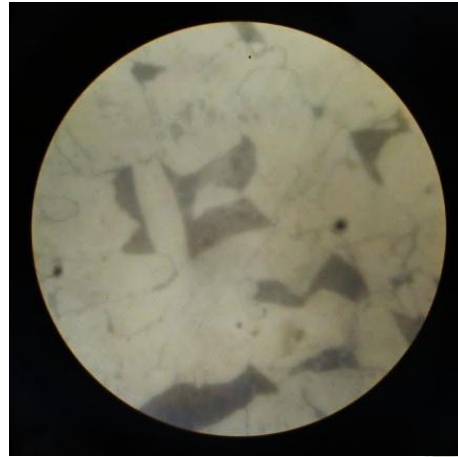
Aumentamos el zoom de la lente para poder apreciar más detalladamente la estructura molecular.



Microscopia Probeta N° 1 - Zoom 40X

Fig. N° 90

El aumento de 100X es el indicado para poder determinar el tamaño de grano de la probeta.



Microscopia Probeta N° 1 - Zoom 100X

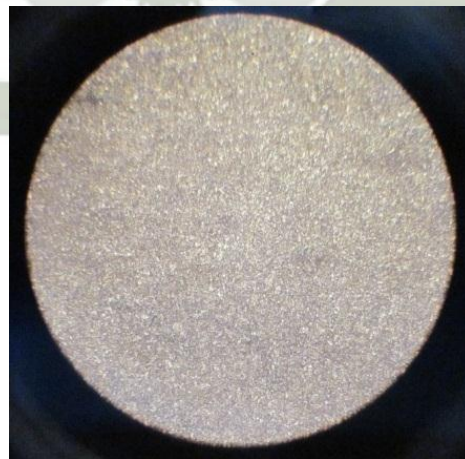
Fig. N° 91

Durante la inspección de la probeta con un Zoom de 100X, el lente de aumento entraba en contacto con la probeta, haciendo que la microscopia sea borrosa dificultando el reconocimiento del borde de los granos.

5.2.2. MICROSCOPIA PROBETA N° 2 (ACERO ASTM A-514)

Una vez que la probeta se encuentre limpia y sin residuos de agua ni otra partícula procedemos a inspeccionarla en el microscopio metalográfico.

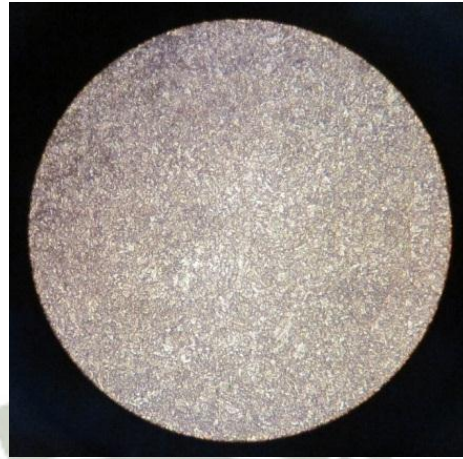
Observamos la estructura y distribución de granos en la probeta #2.



Microscopia Probeta N° 2 - Zoom 10X

Fig. N° 92

Notamos que los granos que componen este acero estructural son de tamaño pequeño a simple vista con el microscopio a 10 X.



Microscopia Probeta N° 2 - Zoom 20X

Fig. N° 93

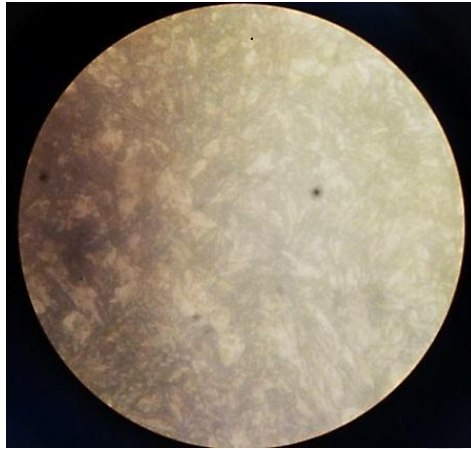
Aumentamos el zoom de la lente para poder apreciar más detalladamente la estructura molecular.



Microscopia Probeta N° 2 - Zoom 40X

Fig. N° 94

El aumento de 100X es el indicado para poder determinar el tamaño de grano de la probeta



Microscopia Probeta N° 2 - Zoom 100X

Fig. N° 95

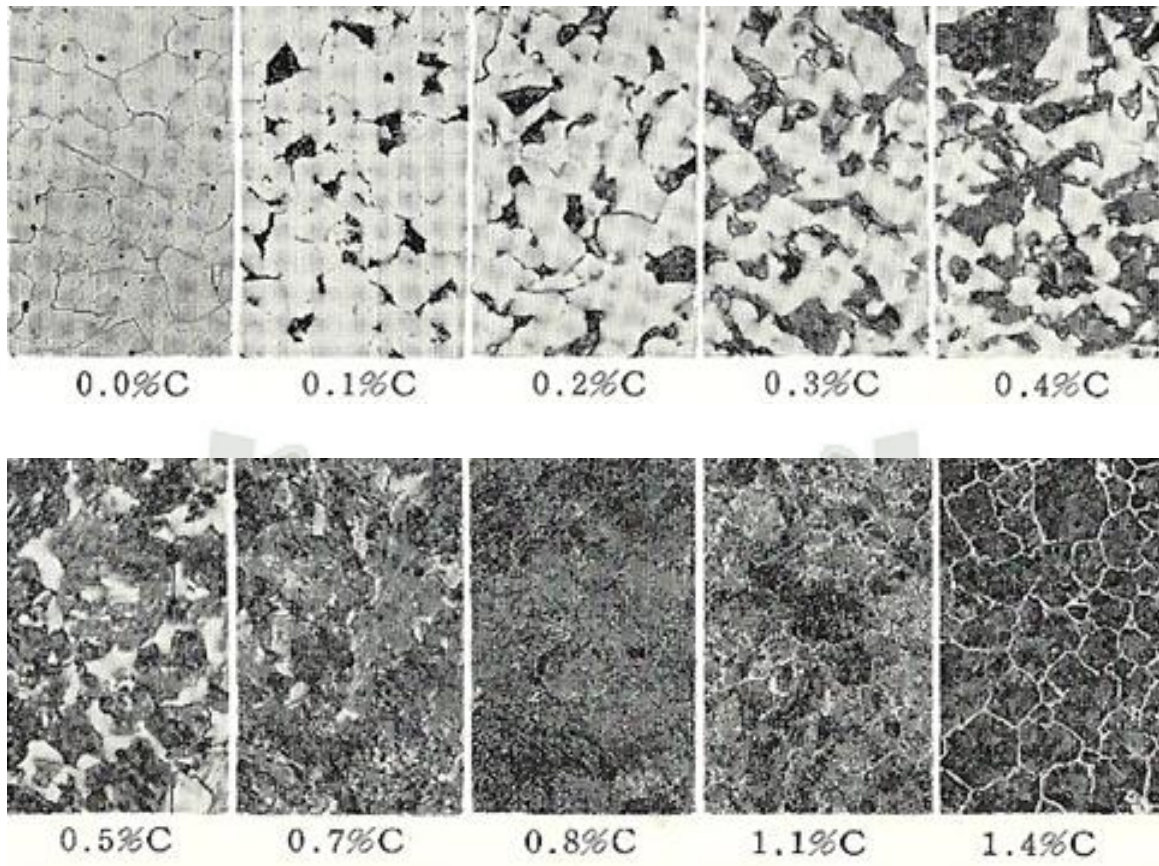
Durante la inspección de la probeta con un Zoom de 100X, el lente de aumento entraba en contacto con la probeta, haciendo que la microscopia sea borrosa dificultando el reconocimiento del borde de los granos.

5.3. DETERMINACIÓN DE ACERO SEGÚN PATRONES METALOGRAFICOS

Las fotografías de micro estructura estándar que mostramos como patrones, son fotos de muestras de pruebas estándar producidas por el laboratorio de herramientas científicas Yamamoto Co, y la ampliación y solución fijadora han sido seleccionados para su propio propósito respectivo, ver patrones en ANEXO N° 4.

Se ha certificado individualmente la micro estructura de las muestras estándar. Estas primeramente se han tomado de tierra, han sido pulidas con papel de esmeril, en el orden del n°320 al n°1200 y finalmente han sido parcialmente electro pulidas con discos de pulir. Luego la superficie o muestra acabada es grabada y cubierta con una membrana de vinil para prevenir la corrosión. Cuando se desee probar se debe sacar esa membrana (fácil de sacar usando cinta adhesiva) antes de la prueba, tener cuidado de un provocar daño en la superficie de las muestras en esta operación.

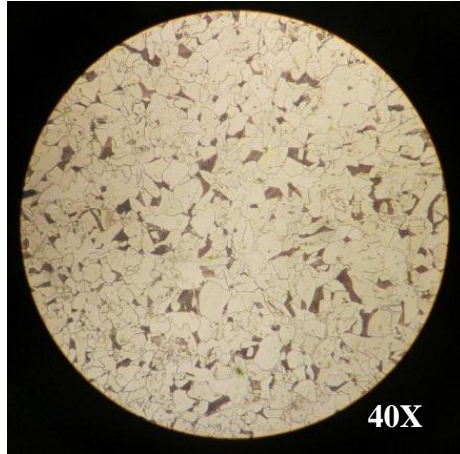
Compararemos las estructuras obtenidas de las dos probetas en el laboratorio de materiales con las imágenes de micro estructuras tomadas como patrones.



Porcentaje de Carbón – Microscopia

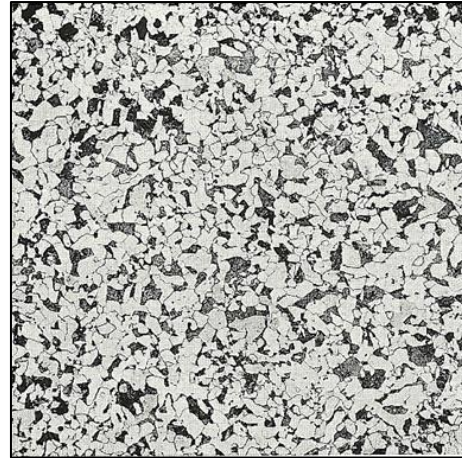
5.3.1. COMPARACION MICROSCOPIA PROBETA N° 1

Tomamos una muestra de microscopia de la probeta N° 1 y evaluaremos los distintos patrones metalográficos, seleccionando una microestructura semejante para identificar sus propiedades mecánicas y composición según teoría.



Microscopia Probeta #1 40X

Fig. N° 96



Patron Matriz Ferrita

Fig. N° 97

ESTRUCTURA: La matriz blanca es ferrita las partes negras son perlita.

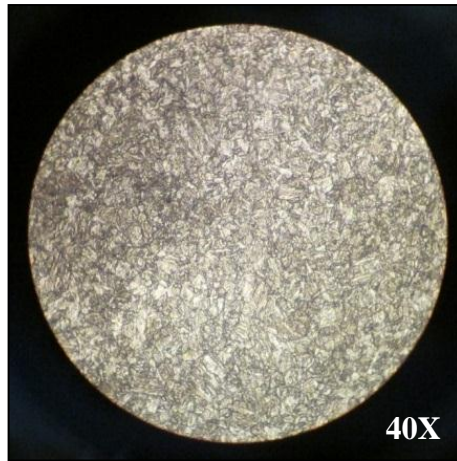
Observamos una matriz de ferrita (Inclusiones Blancas) con perlita, en nuestro caso la muestra de la probeta #1 tiene un menor porcentaje de perlita (Inclusiones Negras)

La ferrita pura tiene aproximadamente una resistencia de 28kg/ml, 35% de alargamiento y una dureza de 90 unidades Brinell, es muy dúctil y maleable.

Para poder determinar completamente las propiedades del acero necesitamos hallar el tamaño de grano.

5.3.2. COMPARACION MICROSCOPIA PROBETA N° 2

Tomamos una muestra de microscopia de la probeta N° 2 y evaluaremos los distintos patrones metalográficos, seleccionando una microestructura semejante para identificar sus propiedades mecánicas y composición según teoría.



Microscopia Probeta #2 40X

Fig. N° 98



Patron Matriz Martensita

Fig. N° 99

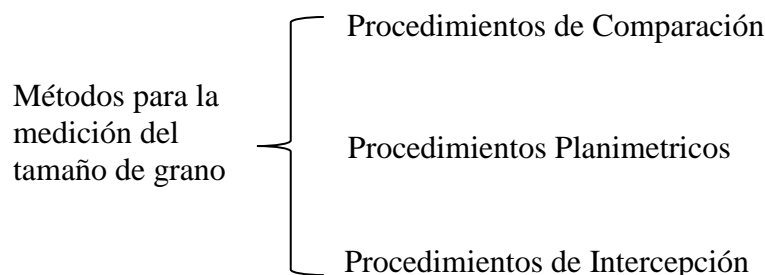
ESTRUCTURA: Observamos una matriz de martensita con alto contenido de carbono.

Este caso es evidentemente martensita, la cual tiene entre sus principales propiedades resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm² y un alargamiento del 0.5 al 2.5%.

Se puede comprender que la martensita segrega carburo a partir del templado a más de 100° – 150 °C. La cantidad de carburo segregado aumenta y se estabiliza conforme sube la temperatura de templado.

Para poder determinar completamente las propiedades del acero necesitamos hallar el tamaño de grano

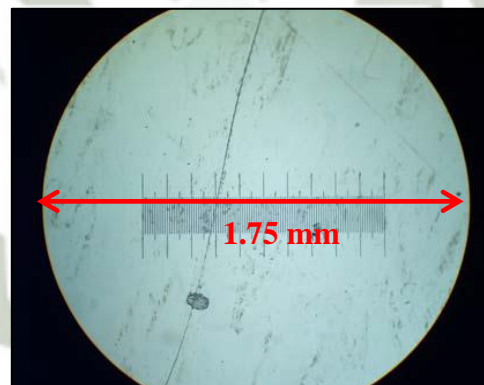
5.4. MÉTODOS ESTÁNDAR DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO



- **Procedimiento de Comparación:** involucra la comparación de la estructura de grano con una serie de imágenes graduadas.
- **Procedimiento Planimétrico:** involucra el conteo del número de granos dentro de un área determinada.
- **Procedimiento de Intersección:** involucra el conteo de los granos interceptados por una línea de ensayo o el número de intersecciones de la línea con los bordes de grano.

Para poder realizar mediciones sobre las imágenes obtenidas en el microscopio es necesario ajustar el tamaño de la imagen en el papel de manera que no se modifique la magnificación obtenida mediante el microscopio.

En la imagen de abajo se midió, mediante la observación de una reglilla en el microscopio, el tamaño real de las imágenes observadas.



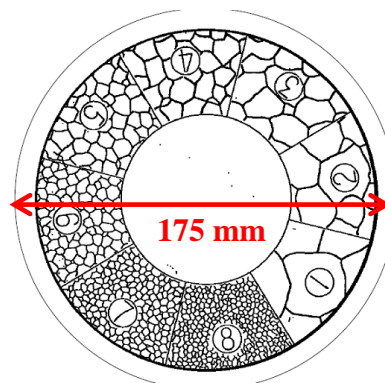
Medición circunferencia a Zoom 100x

Fig. N° 100

Para que las imágenes capturadas respeten la magnificación del microscopio, la circunferencia de las imágenes deberá tener en la hoja un diámetro de 175mm

5.4.1. PROCEDIMIENTO DE COMPARACION

En la fotografía se observan las distintas plantillas de comparación a través de un ocular especialmente diseñado para medir el tamaño de grano Fig. N° 101.



Plantilla Tamaño de grano comparativa
Fig. N° 101

El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones.

El número de cada plantilla corresponde al tamaño de grano “G” si se está observando la probeta con una magnificación de 100x. En caso de utilizar otra magnificación debe corregirse este valor mediante la suma del factor de corrección Q.

Magnificación	Factor de corrección Q (Para MB = 100X)
50X	-2
100X	0
200X	2
400X	4

Tabla N° 6

Procederemos a montar la imagen de muestra sobre la imagen impresa de nuestro ensayo metalográfico con un aumento de 100X, para poder determinar el tamaño de grano.

5.4.2. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN - PROBETA N° 1

Igualamos la circunferencia de la metalografía a 175mm para que pueda ser comparada con las plantillas granulares.

Seleccionamos unos tamaños de granos aproximados para su comparación, y sobreponemos la imagen a la metalografía, seleccionamos un tamaño de grano con su numeración correspondiente.



Comparación Probeta N° 1 - Zoom: 100X

Fig. N° 102

Como la comparación granular la realizamos con una ampliación de 100X no necesitamos un factor de corrección.

Magnificación	Factor de corrección Q (Para MB = 100X)
50X	-2
100X	0
200X	2
400X	4

Tabla N° 6

Realizamos la comparación del tamaño de grano de nuestra microscopia con la plantilla granular seleccionando el tamaño de grano N° 1.

Tamaño Comparado Plantilla = 1

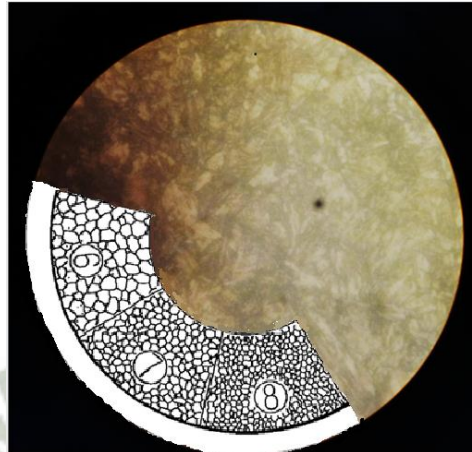
Factor de corrección (100x) = 0

Tamaño de Grano = 1 + 0 = 1.

5.4.3. PROCEDIMIENTO DE COMPARACIÓN - PROBETA N° 2

Igualamos la circunferencia de la metalografía a 175mm para que pueda ser comparada con las plantillas granulares.

Seleccionamos unos tamaños de granos aproximados para su comparación, y sobreponemos la imagen a la metalografía, seleccionamos un tamaño de grano con su numeración correspondiente.



Comparación Probeta N° 2 - Zoom: 100X
Fig. N° 103

Como la comparación granular la realizamos con una ampliación de 100X no necesitamos un factor de corrección.

Magnificación	Factor de corrección Q (Para MB = 100X)
50X	-2
100X	0
200X	2
400X	4

Tabla N° 6

Realizamos la comparación del tamaño de grano de nuestra microscopia con la plantilla granular seleccionando el tamaño de grano N° 6.

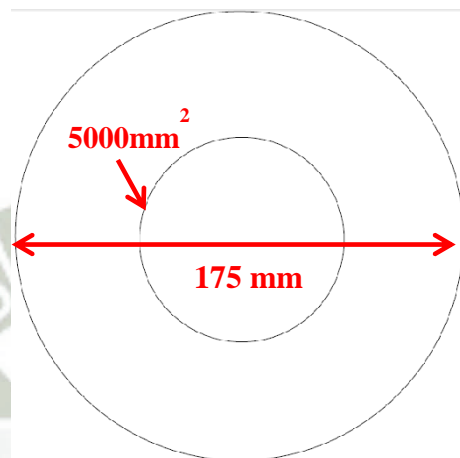
Tamaño Comparado Plantilla = 6

Factor de corrección (100x) = 0

Tamaño de Grano = 6 + 0 = 6

5.4.4. PROCEDIMIENTO PLANIMETRICO

La imagen de abajo muestra en el centro un círculo con una superficie de 5000mm^2 . El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones. El tamaño de grano “G” se calcula a partir de las tablas 4 y 5 de la Norma ASTM E112.



Plantilla Tamaño de grano planimetrica
Fig. N° 104

N_a = Granos por mm^2

N_{INTERNO} = Numero de granos dentro del círculo

$N_{\text{INTERCEPTADO}}$ = Numero de granos interceptados por el círculo

J = Múltiplo de Jeffries

$$NA = f \left(N_{\text{interno}} + \frac{N_{\text{interceptado}}}{2} \right)$$

Para un área de $5000\text{ mm}^2 = f = 0.0002 * M^2$ (M = magnificación)

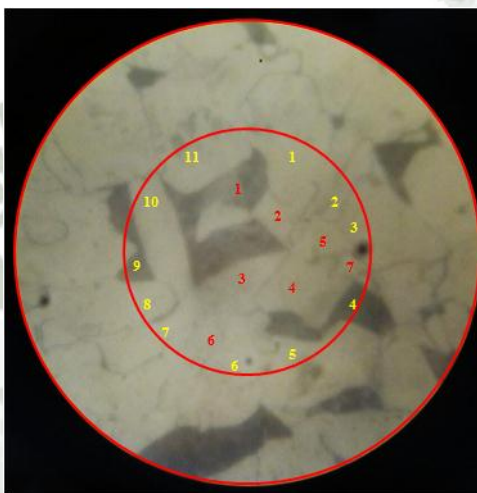
Es el más antiguo procedimiento para medir el tamaño de grano de los metales. Se cuenta el número de granos que están completamente dentro del círculo N_1 y el número de granos que interceptan el círculo N_2 para un conteo exacto los granos deben ser marcados cuando son contados lo que hace lento este método.

Procedemos a realizar la prueba en nuestras imágenes obtenidas mediante el ensayo metalográfico a las probetas #1 y #2.

5.4.5. PROCEDIMIENTO PLANIMETRICO – PROBETA N° 1

Igualmente que con el procedimiento comparativo, necesitamos igualar el círculo exterior de la metalografía a 175 mm para poder coincidir los anillos de intersección con el borde externo.

Realizamos un conteo de los granos interceptados por la circunferencia del anillo de 5000 mm², y posteriormente un conteo de los granos que se encuentran dentro de esta misma circunferencia, marcando cada grano para llevar una correcta cuenta.



Intersección Probeta N° 1 - Zoom: 100X
Fig. N° 105

N° de Granos Internos: **7 Granos**

N° de Granos Interceptados: **11 Granos**

Para un área de 5000 mm²: $f = 0,0002 * (\text{Aumento})^2$

$$f = 0,0002 * 100^2 = 2$$

N° de Granos por unidad de Área:

$$f * \left(N^{\circ} \text{ Granos Internos} + \frac{N^{\circ} \text{ Granos Interceptados}}{2} \right)$$

$$2 * \left(7 + \frac{11}{2} \right) = 25$$

Con los datos obtenidos de N° de granos por unidad, ingresamos a la tabla N° 4 de la norma ASTM E112, y mediante una interpolación obtendremos el número exacto de granos.

Con el valor de N° de granos por unidad de área, 25 granos, ingresamos a la columna $No./mm^2$ at 1X para obtener el tamaño de grano Tabla N° 7.

Tabla de relación de tamaño de grano

Grain Size No. G	\bar{N}_A Grains/Unit Area		\bar{A} Average mm ²
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	
00	0.25	3.88	0.2581
0	0.50	7.75	0.1290
0.5	0.71	10.96	0.0912
1.0	1.00	15.50	0.0645
1.5	1.41	21.92	0.0456
2.0	2.00	31.00	0.0323
2.5	2.83	43.84	0.0228
3.0	4.00	62.00	0.0161
3.5	5.66	87.68	0.0114
4.0	8.00	124.00	0.00806
4.5	11.31	175.36	0.00570
5.0	16.00	248.00	0.00403
5.5	22.63	350.73	0.00285
6.0	32.00	496.00	0.00202
6.5	45.25	701.45	0.00143

Tabla N° 7

Para obtener el valor de tamaño de granos, ingresando con 25 Granos por unidad de área necesitamos interpolar entre los valores de 21.92 N°/mm^2 y 31 N°/mm^2 .

Interpolando los valores de la tabla obtenemos el tamaño de grano de nuestra muestra #1, Tabla N° 8.

Tamaño Grano	N°/mm^2
1.5	21.92
1.67	25
2	31

Interpolación de valores N°/mm^2

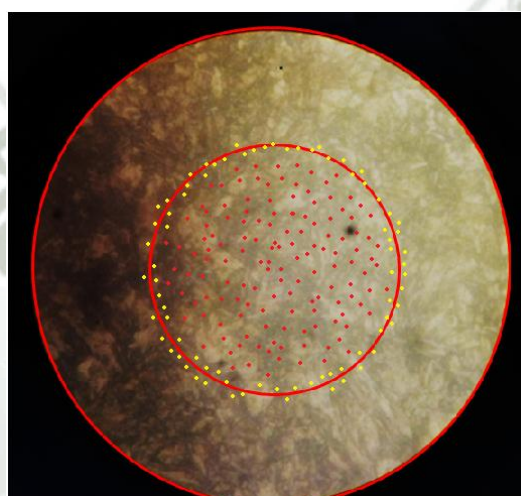
Tabla N° 8

Obtenemos que el tamaño de grano de la probeta #1, acero extraído del chasis fisurado es de 1.67.

5.4.6. PROCEDIMIENTO PLANIMETRICO – PROBETA N° 2

Igualmente que con el procedimiento comparativo, necesitamos igualar el círculo exterior de la metalografía a 175 mm para poder coincidir los anillos de intersección con el borde externo.

Realizamos un conteo de los granos interceptados por la circunferencia del anillo de 5000 mm², y posteriormente un conteo de los granos que se encuentran dentro de esta misma circunferencia, marcando cada grano para llevar una correcta cuenta.



Intersección Probeta N° 2 - Zoom: 100X
Fig. N° 106

N° de Granos Internos: 129 Granos

N° de Granos Interceptados: 79 Granos

Para un área de 5000 mm²: $(f) = 0,0002 * (\text{Aumento})^2$

$$(f) = 0,0002 * 100^2 = 2$$

N° de Granos por unidad de Área:

$$f * \left(N^{\circ} \text{ Granos Internos} + \frac{N^{\circ} \text{ Granos Interceptados}}{2} \right)$$

$$2 * \left(129 + \frac{79}{2} \right) = 337$$

Con los datos obtenidos de N° de granos por unidad, ingresamos a la tabla N° 4 de la norma ASTM E112, y mediante una interpolación obtendremos el número exacto de granos.

Con el valor de N° de granos por unidad de área, 337 granos, ingresamos a la columna $No./mm^2$ at 1X para obtener el tamaño de grano Tabla N° 9.

Tabla de relación de tamaño de grano

Grain Size No. G	\bar{N}_A Grains/Unit Area		\bar{A} Average mm^2
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	
00	0.25	3.88	0.2581
0	0.50	7.75	0.1290
0.5	0.71	10.96	0.0912
1.0	1.00	15.50	0.0645
1.5	1.41	21.92	0.0456
2.0	2.00	31.00	0.0323
2.5	2.83	43.84	0.0228
3.0	4.00	62.00	0.0161
3.5	5.66	87.68	0.0114
4.0	8.00	124.00	0.00806
4.5	11.31	175.36	0.00570
5.0	16.00	248.00	0.00403
5.5	22.63	350.73	0.00285
6.0	32.00	496.00	0.00202
6.5	45.25	701.45	0.00143

Tabla N° 9

Para obtener el valor de tamaño de granos, ingresando con 337 Granos por unidad de área necesitamos interpolar entre los valores de 248 N°/mm^2 y 350.73 N°/mm^2 .

Interpolando los valores de la tabla obtenemos el tamaño de grano de nuestra muestra #2, Tabla N° 10.

Tamaño Grano	N°/mm^2
5	248
5.43	337
5.5	350

Interpolación de valores N°/mm^2

Tabla N° 10

Obtenemos que el tamaño de grano de la probeta #2, acero estructural ASTM-514 es de 5.43.

5.5 OBSERVACIONES

- Las características del tamaño y alineación de grano molecular son totalmente distintas en las dos probetas evaluadas.
- La probeta #1 nos da como resultado una estructura de acero ferrita con inclusiones de perlita. teniendo como principal característica un nivel bajo de dureza.
- La probeta #2 nos da como resultado una estructura de acero martensita con alto contenido de carbono, teniendo como principal características un alto índice de dureza.
- Los valores obtenidos por ambos procedimientos son consecuentes en ambas probetas.

	TAMAÑO DE GRANO MICROSCOPIA	
	Probeta N° 1 (Bastidor Fisurado)	Probeta N° 2 (ASTM-514)
Pro. Comparacion	1	6
Pro. Planimetrico	1.67	5.43

- El tamaño de grano obtenido en la probeta #2 es inferior a la probeta #1.
- En metales estructurales, por lo general, es preferible un tamaño de grano pequeño que uno grande. Los metales de grano pequeño tienen mayor resistencia a la tracción, mayor dureza y se distorsionan menos durante el temple, así como también son menos susceptibles al agrietamiento
- Validamos la categoría de “Selección Inadecuada de material” al momento de realizar la reparación de los chasis, al ser comprados en 1997, se seleccionó un acero con propiedades insuficientes para las condiciones de trabajo, como nuestra principal causa efecto de la rotura de largueros.

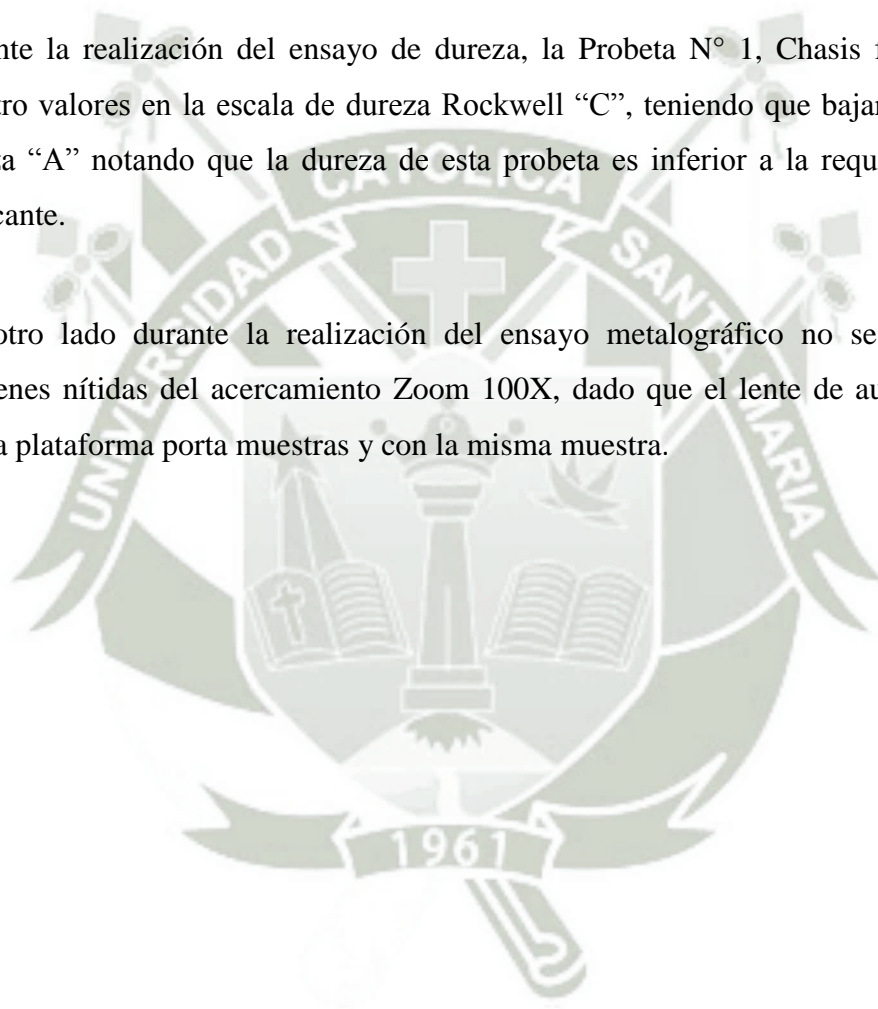
CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos generales y objetivos específicos de esta tesis, la contribución en términos de investigación se pueden reducir en:

- Determinamos que la concurrencia de fisuras en los bastidores de la flota Caterpillar-789 (66.6 %) se deben a una mala selección de materia prima (Planchas estructurales) usadas para la reparación de los largueros de los chasis durante su primer Over-Haul al momento de ser adquiridos.
- Para llegar a esta conclusión nos apoyamos de técnicas de ensayos de dureza y metalográficas, determinando que dureza de la estructura encontrada en los bastidores fisurados es de 48.44 HRA (Dureza Rockwell “A”), mientras que el índice de la estructura ideal Acero ASTM- A514 es de 61.94 HRA (Dureza Rockwell “A”), esta diferencia en el gado de dureza nos lleva a confirmar nuestra categoría de causa/raíz “Selección de material inadecuada”.
- Para confirmar esta hipótesis recurrimos a la metalurgia de los materiales, determinando mediante ensayos metalográficos que las estructuras (Probeta N°1- Chasis Fisurado) y (Probeta N°2-Acero A-514) no son compatibles, sino que el tamaño de grano de la Probeta N°1 (5.43 N° Grano) es mucho más grande que la Probeta N°2 (1.67 N° Grano), siendo esta diferencia crucial para poder determinar que la mala selección de material al momento de realizar la reparación de los largueros es la principal causa raíz de nuestra tesis.
- La correcta selección del acero estructural nos ahorraría costos significativos en reparaciones posteriores, o en el peor de los casos la compra de un chasis nuevo y la pérdida de disponibilidad por la parada de equipo, ver ANEXO N° 5.
- Por ultimo anexamos a esta investigación una metodología practica para realizar un mantenimiento Over-Haul a unidades CAT-789, cumpliendo con las normas de seguridad y medio ambiente vigentes en la normativa peruana.

OBSERVACIONES

- No se contó con el historial completo del primer mantenimiento total al cual fueron sometidas las unidades CAT-789 al momento de ser adquiridas, tuvimos que recurrir a relatos de personal que estuvieron involucradas en esta tarea para confirmar el remplazo de las planchas estructurales en los bastidores.
- Durante la realización del ensayo de dureza, la Probeta N° 1, Chasis fisurado, no registro valores en la escala de dureza Rockwell “C”, teniendo que bajar la escala a dureza “A” notando que la dureza de esta probeta es inferior a la requerida por el fabricante.
- Por otro lado durante la realización del ensayo metalográfico no se obtuvieron imágenes nítidas del acercamiento Zoom 100X, dado que el lente de aumento roza con la plataforma porta muestras y con la misma muestra.



RECOMENDACIONES

- Un monitoreo programado por parte de personal de Mantenimiento Predictivo y de personal de Soldadura a los chasis, identificando puntos críticos, disminuiría la probabilidad de registrar fisuras críticas, ocasionando dar de baja a las unidades.
- Llevar un correcto historial de nuestros trabajos es de mucha utilidad para reconocer e identificar irregularidades que se presenten posteriormente.
- Las recomendaciones y especificaciones dadas por el fabricante se deben de respetar en todo sentido para poder asegurar la totalidad de la vida útil de nuestras unidades.
- Si realizaremos un cambio o modificación a la estructura o componentes de nuestros equipos debemos de consultar primero con el Dealer autorizado, Ferreyros, para garantizar la garantía de los trabajos realizados.

BIBLIOGRAFIA

- **ENSAYOS DE METALOGRAFÍA Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS**,
José Manuel Franco, Prensas Universitarias de Zaragoza, 1999 - 164 pages.
- **METALOGRAFIA**
Francisco J. Gill Mur, Univ. Politèc. de Catalunya, Dec 10, 2005 - 107 pages.
- **ENSAYOS TEKKEN EN UN ACERO "ASTM A514 GR B"**
Quesada Hector Juan, U. N. Comahue, Fac. Ingeniería, Buenos Aires 1400.
- **EFFECTOS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN LA SOLDABILIDAD DEL ACERO ASTM A-514**
Asta Eduardo P, Universidad Tecnológica Nacional CONARDO.
- **ENSAYOS INDUSTRIALES**
Gonzales Arias, Ay Palazon, Ediciones Litenia.
- **ACERCA DEL ENSAYO DE DUREZA. NOTAS CIENTÍFICAS**
Santos E, Yenque, INDUSTRIAL DATA.
- **SISTEMAS DE MANTENIMIENTO – PLANEACION Y CONTROL**
Duffuaa Raouf y Dixon
- **MANUAL DE SERVICIO Y MANTENIMIENTO CATERPILLAR 789**
Caterpillar, Texas
- **WWW.SISWEB.COM**
- **MATERIALES-SAM.ORG.AR/SITIO/BIBLIOTECA/BARILOCHE/A02/0219.F**
- **HTTP://WWW.CAD-CAE.COM/ANALISIS04.HTML**
- **HTTP://ES.SCRIBD.COM/DOC/63151934/ENSAYO-METALOGRAFICO**



ANEXO N° 1

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE DESMONTAJE COMPONENTES CATERPILLAR EN CAMPO

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE DESMONTAJE COMPONENTES CATERPILLAR EN CAMPO

Para poder realizar un mantenimiento Overhaul de una manera segura y eficiente será necesario seguir un orden durante las labores, es por eso que dictaremos las pautas y el orden a seguir para el desmontaje de componentes mayores y menores.

1. Limpieza de la unidad

Guiaremos la unidad hacia el lavadero de equipo pesado o un área destinada al lavadero de equipos.

Izaremos la Tolva y forzaremos la caída de material acumulado en esta mediante un chorro propulsado de agua evitando la caída de rocas de manera imprevista.

2. Desmontaje de tolva

La tolva puede ser de tipo ligera o pesada, siendo el peso de una ligera entre 27 a 28 Toneladas y una pesada entre 43 a 45 Toneladas.

Necesitaremos el apoyo de una grúa telescópica con una capacidad de carguío equivalente al doble del peso a cargar (debido al Factor de Seguridad), asimismo los siguientes elementos:

- 02 estrobos de 10 metros de longitud
- 02 estrobos de 10.5 metros de longitud,
- 04 Grilletes de 1" de diámetro.
- 02 Sogas de 10 metros de longitud
- Uso de una plataforma de trabajo móvil (Genie) para los trabajos en altura

Previamente a cualquier trabajo aseguraremos los cilindros de izaje al chasis (Figura N°1), para esto necesitamos soldar una oreja al chasis para poder anclar el cilindro de izaje a ésta.

Posteriormente al anclaje de los cilindros, desmontaremos los pines de izaje (Figura N°2), retiramos el seguro de posicionamiento del pin, y usando una gata hidráulica con un actuador de pastilla de 3" de altura.

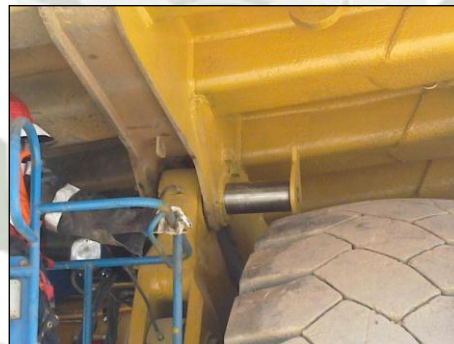


Atadura de cilindro
Figuras N° 1



Desmontaje seguro
Figura N° 2

Procederemos a retirar los Pines Pívots de tolva (derecho e izquierdo), de igual manera retiraremos los seguros de posicionamiento, para retirar los pines usaremos una herramienta bota pines, golpeando la cara lisa interior del pin repetidamente hasta retirarlo (Figura N° 3).



Retiramos Pines Pivots
Figura N° 3

Guiaremos el camión hacia el área de trabajo designada para el desmontaje de la tolva, procediendo a la demarcación del área, previa reunión de coordinación entre operador, rigger y supervisión.

Debido a la posición de los anclajes en la tolva acoplamos los estrobos de 10 metros en los anclajes delanteros y los de 10.5 metros en la parte trasera de ésta (Figuras N° 4 y N°5)



Anclaje de Eslingas
Figura N° 4



Desnivel de anclajes en tolva
Figura N° 5

Tensar los estrobos, retirar los pines de posicionamiento dejando la tolva libre del chasis, e izar la tolva hasta liberarla de los alojamientos de anclaje guiándola con las cuerdas de dirección, también llamadas vientos (Figura N° 6)



Izaje de tolva
Figura N° 6

3. Drenaje de fluidos

Para proseguir con el desmontaje de los componentes, necesitamos drenar todos los fluidos del camión: aceite hidráulico, refrigerante y combustible.

Para el almacenamiento del aceite desechado usamos contenedores (Iso-tanques) debidamente rotulados y señalizados con el rombo de la NFP señalizando su inflamabilidad, toxicidad, radiactividad y otros.

Como segundo contenedor en caso de derrames usaremos geomenbrana bajo los contenedores evitando el contacto del aceite directamente con el suelo, en caso ocurra un derrame se deberá actuar inmediatamente y controlar el derrame con paños absorbentes, mantas u otros.

Los fluidos a ser drenados son:

- 1) Aceite de Dirección.
- 2) Aceite Hidráulico de Izaje y refrigeración.
- 3) Aceite de Transmisión.
- 4) Aceite de diferencial.
- 5) Refrigerante.
- 6) Combustible.

4. Desmontaje de líneas hidráulicas y neumáticas

Una vez drenados en su totalidad los fluidos de la unidad, procedemos a retirar las líneas hidráulicas, neumáticas etc. de los distintos sistemas.

Seguiremos usando como primer contingente anti derrames la geo membrana en la zona de trabajo, ya que puede quedar aceite remanente en las líneas a desmontar.

Apilamos las mangueras desinstaladas sobre una parihuela evitando el contacto de estas con el suelo, para evitar contaminaciones.

Al tener residuos de hidrocarburos, las líneas deben de ser desechadas en desechos impregnados con hidrocarburos para su tratamiento antes de ser desechadas.

5. Desmontaje de componentes menores

Procedemos a identificar y desmontar los componentes menores de la unidad:

- Enfriador de freno delantero (Figura N° 7)
- Enfriador de transmisión (Figura N° 8)
- Válvula de control de la dirección (Figura N° 9)
- Válvula de carga de acumuladores (Figura N° 10)
- Válvula diverter de frenos (Figura N° 11)
- Válvula diverter de Izaje (Figura N° 12)
- Válvula de frenos de parqueo (Figura N° 13)
- Válvula AETA (Figura N° 14)
- Screens de Izaje (Figura N° 15)
- Bomba de dirección (Figura N° 16)

- Bomba de transmisión (Figura N° 17)
- Bomba de Izaje (Figura N° 18)
- Filtro de freno de parqueo (Figura N° 19)
- Filtro de carga de la transmisión (Figura N° 20)
- Filtro de entrada Convertidor de torque (Figura N° 21)
- Filtro de lubricación del diferencial (Figura N° 22)
- Bloque inyector de grasa (Figura N° 23)
- Secador de aire (Figura N° 24)
- Tanque de grasa (Figura N° 25)
- Condensador de aire acondicionado (Figura N° 26)
- Slack Delantero (Figura N° 27)
- Slack Posterior (Figura N° 28)
- Válvula Counter balance (Figura N° 29)
- Acumuladores de dirección (Figura N° 30)



Figura N° 7

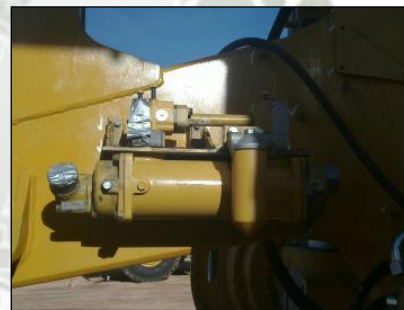


Figura N° 8



Figura N° 9



Figura N° 10



Figura N° 11



Figura N°12



Figura N° 13



Figura N°14



Figura N° 15



Figura N° 16



Figura N° 17

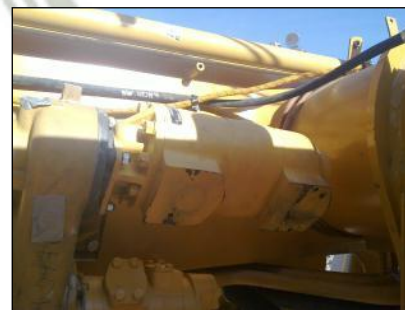


Figura N° 18



Figura N° 19



Figura N° 20



Figura N° 21



Figura N° 22



Figura N° 23



Figura N° 24

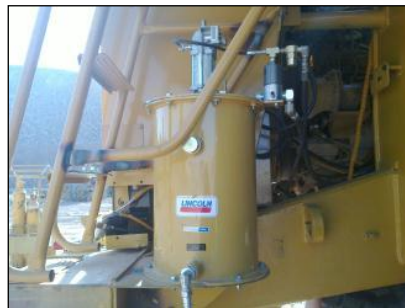


Figura N° 25



Figura N° 26



Figura N° 27



Figura N° 28



Figura N° 29

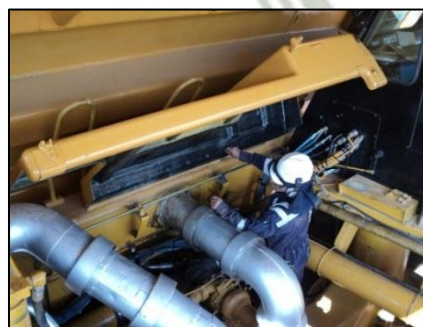


Figura N° 30

La mayoría de componentes menores serán reutilizados, previa inspección y reparación de sus sistemas, caso contrario sucede con los componentes mayores los cuales se enviarán a reparación general para evitar posibles fallas debido a las horas de trabajo.

6. Desmontaje de Guardas protectoras de Motor

Remover los anclajes, soportes de la tapa de motor y la varilla de sujeción de la tapa. Iniciaremos con el desmontaje de la guarda posterior, con una grúa procederemos a izar la tapa (Peso aprox. de 157 Kg, Figura N° 31).



Desmontaje Líneas Escape
Figura N° 31

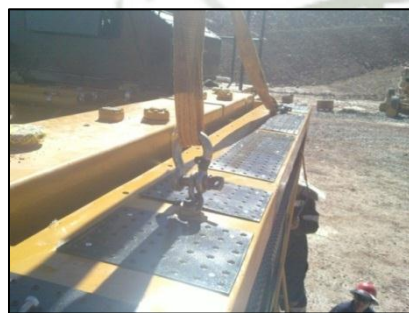
Luego retiraremos la guarda delantera, para esto necesitamos retirar los pernos de anclaje a la máscara del radiador y con una eslinga retiraremos la tapa protectora.

7. Desmontaje de Mascara protectora de radiador

Verificar que la máscara del radiador quede libre de toda atadura, Retiraremos los pernos de anclaje de la máscara a las plataformas laterales del camión.

Identificamos los puntos de Izaje de la máscara y usaremos cáncamos y una eslinga para su Izaje (Figura N° 32).

Izaremos la carga y guiaremos la máscara durante su desmontaje para evitar balanceos y golpes, usando vientos (Figura N° 33)



Instalación de Eslingas
Figuras N° 32



Izaje de Mascara Protectora
Figura N° 33

8. Desmontaje de Radiador

Una vez drenado todo el refrigerante, desmontaremos las líneas y codos de alimentación y retorno del sistema de refrigeración, también liberaremos los trozos de mangueras, retirandolas dejando libre el radiador de las líneas de refrigerante.

Retirar los pernos de anclaje de los soportes inferiores, y retirar las medias lunas de sujeción de los platos de anclaje (Figura N° 34).



Retiramos Medias lunas
Figura N° 34

Removeremos los pernos de sujeción de la guarda del ventilador (Fan) al radiador, para esto apoyamos la guarda sobre el ventilador, de esta manera el radiador estará liberado del motor.

Para anclar el cuerpo del radiador usaremos cáncamos, grilletes y una eslinga sujetos de los puntos de anclaje superiores de la carcasa.

Desmontamos el radiador usando una grúa o un montacargas, (Peso del radiador: 762 Kg; Figura N° 35).



Anclaje de Eslingas
Figura N° 35



Retiramos Anclajes Laterales
Figura N°36

Para desanclar por completo el radiador solo nos queda remover los dos pernos de anclaje laterales de sujeción del radiador al chasis (Figura N° 36), pero previo a este paso necesitamos tensar la carga y haber sujetado vientos al cuerpo del radiador.

9. Desmontaje de motor

Removeremos las tuberías de las líneas de escape, retirando los pernos de anclaje de la pipa de escape y las abrazaderas de posicionamiento al motor, desmontar una por una las piezas o en conjunto.

Remover las abrazaderas de sujeción de los codos de admisión de aire, y remover los tubos, Tener precaución de no dejar al descubierto las entradas y salidas de los turbocompresores expuestos al polvo y suciedad.

Como siguiente paso necesitamos retirar el puente de motor, para esto ajustaremos una eslinga al puente de chasis (Peso 68 Kg), remover los pernos de anclaje y con ayuda de una grúa proceder a retirarlo guiando su descenso con vientos (Figura N° 37).



Desmontaje Puente Chasis
Figura N° 37



Desmontaje Cardan PTO
Figura N° 38

Retirar las guardas protectoras del cardan de potencia y del cardan PTO, retirar los pernos de sujeción del cardan al yoke de C/T, retraer el cardan principal y asegurarlo al chasis, seguido, remover los pernos de sujeción del cardan de toma de potencia (PTO) retirándolo de su alojamiento.

Remover los pernos de anclaje de las tapas posteriores del soporte de motor y retirar las tapas. Remover los pernos de anclaje delanteros del puente de motor, retirar las gomas de montaje y espaciadores de anclaje, una vez retirados estos soportes el motor quedara libre para su Izaje.

Identificamos los puntos de Izaje del motor, y con el uso de dos estrobos y una grúa izaremos el motor (Peso: 8375 Kg – Motor y C/T, Figura N° 39) fuera del chasis.

Usaremos vientos para guiar el motor fuera del chasis sin golpear los accesorios del motor.



Izaje de Motor
Figura N° 39

10. Desmontaje de semi-ejes

Iniciaremos retirando la tapa del mando final, aseguraremos esta mediante cáncamos y una eslinga a una grúa para su Izaje, retiramos las tuercas de sujeción hasta liberarla. (Peso: 59 Kg, Figura N° 40).

Precaución: No dejar que el espaciador de bronce de la tapa, caiga y se dañe.



Desmontaje Tapa de mando
Figura N° 40



Izaje de tapa de mando
Figura N° 41

Para retirar el semi-eje (Peso: 114 Kg; Figura N° 42) de su alojamiento necesitamos asegurar este a la herramienta extractora, e ir extrayéndolo.



Desmontaje de Semi-ejes
Figura N° 42



Solar de Mando Final
Figura N° 43

Verificar que durante el desmontaje del Semi-eje del mando final, se trabe el solar de la segunda reducción, así evitaremos que se descuelgue el espaciador de bronce de los solares (Figura N° 43).

11. Desmontaje de transmisión-diferencial

Desmontaremos en conjunto la Transmisión y el Diferencial, el desacople del diferencial lo realizaremos sobre suelo y en la base de transporte de la transmisión.

Iniciaremos desacoplando el cardan de potencia (Peso: 130 Kg; Figura N° 44), para esto aflojaremos los pernos de anclaje hacia el yoke de la transmisión.



Desmontaje Cardan Potencia
Figura N° 44



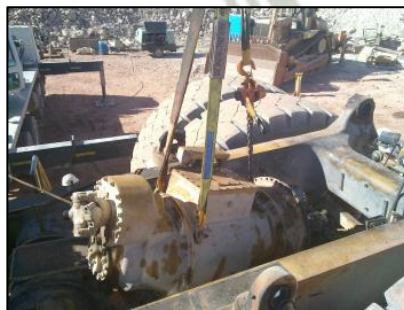
Anclaje de Transmision
Figura N° 45

Usando dos eslingas de 2 metros cada una, asegurar la transmisión de los anclajes delanteros usando grilletes. (Peso Transmisión: 1900 Kg; Peso Transmisión y Diferencial: 2741 Kg; Figura N° 45).

Para asegurar la transmisión de la parte posterior usaremos un tecele de 3 Ton, el tecele nos permitirá manipular con mayor facilidad la inclinación de la transmisión facilitando su retiro junto con el diferencial del Housing.

Retiraremos las tuercas de anclaje del diferencial al Housing, así el conjunto (Transmisión-Diferencial) queda libre.

Izaremos la carga (Figura N° 46), para retirar el diferencial de Housing sin dañar la corana de este necesitamos maniobrar el tecele contrariamente al Izaje de la carga, de esta manera lograremos inclinar el conjunto poco a poco hasta la liberación del componente.



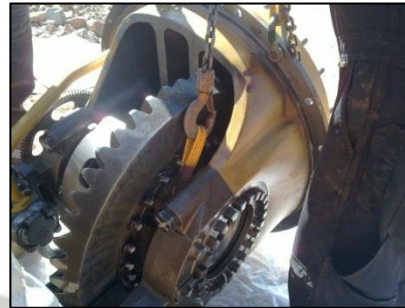
Izaje de Transmision
Figura N° 46

12. Desacople de diferencial

Una vez desmontado el conjunto de la transmisión y el diferencial, del chasis, procederemos a desacoplar el diferencial (Peso: 841 Kg.), para esto necesitamos instalar la transmisión en su base metálica (Figura N° 47).



Acople de Transmisión en base
Figura N° 47



Desmontaje Diferencial
Figura N° 48

Sujetaremos el castillo del diferencial con el apoyo de un tecele de 1.5 Ton para permitir la nivelación del componente y una eslinga con grilletes del anclaje del Housing para la parte delantera (Figura N° 48)

Tensar las eslingas hasta soportar parte del peso del diferencial e ir nivelando el componente con ayuda del tecele así alinear el piñón de ataque con el alojamiento del diferencial facilitando su desacople.

Moveremos en un movimiento de Depositar el componente en su base metálica de almacenamiento.

13. Desmontaje de tanque hidráulico

Necesitamos verificar el desmontaje de todas las mangueras hidráulicas y de retirar el cable de control de Izaje.

Así mismo comprobar el trasegado de todo el aceite hidráulico en el tanque para aliviar su peso y evitar su cambio de centro de gravedad durante su izaje.

Comenzaremos retirando el perno de anclaje inferior, mountings y las arandelas de sujeción. Posteriormente retiraremos los pernos de anclaje de las tapas superiores y las tapas. Luego procederemos a su izaje, para este paso podremos usar una grúa y eslingas o un montacargas (Figura N° 49) y asegurar el tanque por su base.



Izaje de Tanque Hidráulico
Figura N° 49

Maniobrar el tanque hasta desencajar este de los alojamientos superiores y depositarlo sobre una base estable.

14. Desmontaje de tanque de combustible

Verificar que las válvulas de combustible se encuentren cerradas evitando derrames al retirar las líneas de retorno y alimentación.

Trasegar el combustible restante del tanque, así disminuirémos su peso y estabilizaremos su centro de gravedad.

Comenzaremos retirando los pernos de anclaje inferior, retirar los mountings y las arandelas de sujeción (Figura ° 50).



Desmontaje Soportes TK HYD
Figura N° 50

Asegurar una eslinga a los puntos de anclaje superiores del tanque.

Luego removeremos los pernos de anclaje de las tapas superiores, y así mismo las tapas a anclaje de ambos lados del tanque.

Maniobrar el tanque hasta desencajar este de los alojamientos superiores y depositarlos sobre tacos de madera.

15. Desmontaje de cilindros de izaje

Para retirar el cilindro de Izaje del chasis necesitamos evitar el desplazamiento del vástago evitando la salida de aceite, para esto taponearemos los alojamientos de ingreso y salida de aceite en la base del cilindro (Figura N° 51)



Instalación de Tapones
Figura N° 51



Izaje de Cilindros Izaje
Figura N° 52

Ahorcamos una eslinga al cuerpo del cilindro de izaje (Figura N°52), con ayuda de una grúa izaremos la carga hasta poder liberar el cilindro de su asentamiento.

16. Desmontaje de cilindros y barras de dirección.

Aceite siempre permanecerá en el interior de los cilindros de dirección, para evitar derrames en el desmontaje usaremos tapas en los alojamientos del manifolds.

Retiramos las tuercas de anclaje de los ballstuds, utilizando la herramienta trabadora en los alojamientos superiores de los ballstuds, no retirar por completo las tuercas.

Para desacoplar los ballstuds de los alojamientos tanto del triángulo de dirección y de los brazos de dirección, usaremos una gata hidráulica como cuña (Figura N° 53), izando esta hasta lograr liberar el cilindro de dirección.



Izaje de chasis
Figura N° 53



Desmontaje Cilindro Dirección
Figura N° 54

Retiraremos una ballstud a la vez y usando una eslinga, equilibrando el peso del cilindro y lo izaremos este retirándolo del chasis (Peso: 120 Kg; Figura N°54).

17. Desmontaje del triángulo de dirección

Aseguraremos el triángulo con una eslinga unida a una señorita anclada en la parte superior del chasis, equilibrando el peso del triángulo (Peso: 92 Kg; Figura N° 55).



Anclaje Triángulo dirección
Figura N° 55



Pernos sujeción de Triángulo
Figura N° 56

Removemos los pernos de ajuste al pin del triángulo, quedando este libre para ser retirado. Una vez retirado el pin de sujeción, retiraremos el triángulo de dirección llevándolo a nivel de piso usando la señorita (Figura N° 56).

18. Desmontaje de brazos de dirección

Una vez desmontados los elementos del tren de dirección, cilindros, barras y triángulo de dirección, retiraremos los brazos de dirección que se encuentran acoplados a las ruedas delanteras.

Para esto usaremos una eslinga sujeto al brazo, y soltando cuidadosamente los pernos de anclaje retiraremos el componente de la rueda delantera (Figura N° 57).



Desmontaje Brazo de dirección
Figura N° 57

19. Desmontaje de plataformas y fenders

Liberamos la cabina del fender (LH), izamos el fender del anclaje de la caja de filtros (LH), tensada la carga retiramos los pernos de sujeción a la cabina (Figura N° 58).



Anclaje de fender LH
Figura N° 58



Desmontaje fender LH
Figura N° 59

Guiaremos el descenso del componente mediante vientos, depositar el fender sobre una parihuela (Figura N° 59). Luego precedemos a retirar la plataforma (RH) junto con el tanque neumático y el silenciador del banco derecho (RH).

20. Desmontaje de Cabina

Verificar la completa desconexión de los hardness y las líneas hidráulicas de dirección de la cabina. Una vez realizada esta acción, retirar los pernos de anclaje de la cabina, en sus cuatro puntos de anclaje

Asegurar la cabina a la grúa usando eslingas ancladas en los tres puntos de anclaje superiores. Las tres eslingas de izamiento deben de tener la misma longitud.

Izar la cabina retirándola de sus superficies de anclaje (Peso: 1683 Kg; Figura N° 60), usar vientos para guiar su descenso hacia el nivel del piso.



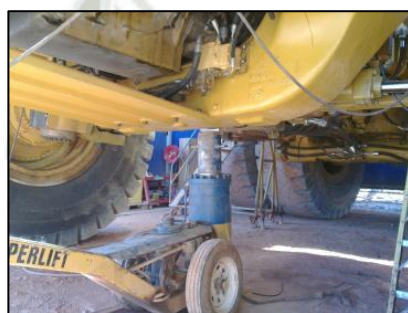
Desmontaje de Cabina
Figura N° 61

Una vez retirada la cabina del chasis, removeremos los shines, espaciadores y gomas de amortiguación viejas de los soportes delanteros y posteriores de la cabina.

Luego limpiaremos los alojamientos internos para la posterior instalación de cabina.

21. Izaje de Unidad para desmontaje de neumáticos

Comenzaremos izando la parte delantera del camión, para esto posicionamos la gata hidráulica bajo el puente de unión de las suspensiones delanteras, usamos una placa de metal como base de apoyo de la gata hidráulica para evitar la flexión del eje y neumáticos de esta (Figura N° 61).



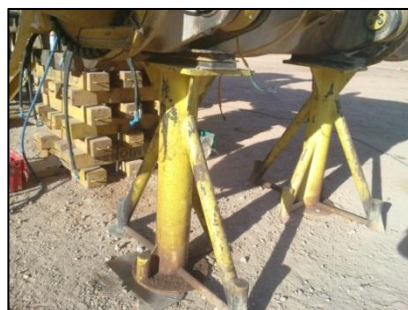
Izaje de Chasis
Figura N° 61



Instalación Soportes delanteros
Figura N° 62

Izamos la unidad cautelosamente viendo que ambos neumáticos se eleven parejamente, una vez alcanzada la altura necesaria procederemos a instalar los soportes delanteros hasta hacer coincidir los alojamiento del chasis y del soporte, instalar el pin de seguridad para evitar deslizamientos (Figura N° 62)

Posteriormente procedemos a instalar los soportes posteriores, para esto ubicaremos la gata hidráulica bajo la funda del diferencial izando la funda desde el alojamiento del pin de anclaje de tolva (Figura N° 63).



Instalación Soportes Posteriores
Figura N° 63



Desmontaje Neumáticos
Figura N° 64

Izaremos la funda cautelosamente hasta lograr la altura necesaria para instalar los soportes metálicos posteriores, previamente se aliso y limpio el piso para estabilizar los soportes.

Una vez libres los neumáticos el personal del taller de llantas se encargara de retirar las tuercas de anclaje de cada neumático y retirarlos de las ruedas y mandos finales. (Peso: 4502 Kg, Figura N° 64)

22. Desmontaje de Mandos Finales

Previamente se realizó el desmontaje de las tuberías de refrigeración y líneas hidráulicas de frenos.

Usaremos dos eslingas de 8 Ton cada una, ahorcando el mando final de las zonas lisas (Figura N° 65), así evitaremos cortes en las eslingas al momento del Izaje. (Peso MF: 7250 Kg.).



Anclaje de Mando Final
Figura N°65



Desmontaje pernos anclaje MF
Figura N° 66

Iniciaremos despojando al mando final de sus accesorios, tales como la guarda del sensor AETA y el bota piedras.

Antes de proceder a remover la totalidad de pernos de anclaje necesitamos izar la carga tensando las eslingas de izaje (Figura N° 66), recién procedemos a retirar por completo los pernos de anclaje del mando final.

Una vez retirados la totalidad de pernos necesitamos desacoplar suavemente la carga de la funda del diferencial, así evitaremos golpes en el mando o en la funda.

Retirar el mando final hasta una base de transporte y asegurarlo a esta (Figura N° 67).



Desmontaje de Mando Final
Figura N° 67

23. Desmontaje de suspensiones delanteras

NOTA:

Bajo ningún motivo se debe retirar las válvulas de carga o sensores sin antes haber liberado la presión del nitrógeno a sido liberada.

Retirar los pernos de anclaje en ambos lados de la suspensión hasta dejarla anclada solo por los dos pernos superiores y los dos inferiores.

Usaremos una eslinga de 8 Ton ahorcada a la parte superior de la suspensión (Figura N° 68) y con ayuda de una grúa tensaremos la carga (Peso Conjunto:4747 Kg.)



Desmontaje pernos anclaje Susp. Delantera
Figura N° 68

Una vez tensada la carga, procederemos a retirar por completo los pernos de anclaje de la suspensión al chasis.

Izamos la carga hasta desprender el componente de su anclaje, y usando un viento guiaremos la suspensión lejos del chasis (Figura N° 69)

Posicionar la suspensión al nivel del piso, apoyada sobre tacos de madera o su soporte de transporte, posteriormente realizaremos el desacople de la rueda delantera.



Desmontaje de Susp. Delanteras
Figura N° 69

24. Desacople de Ruedas

Para desacoplar la rueda del vástago de la suspensión delantera será necesario mantener el peso de la rueda suspendido, usaremos cáncamos anclados a la rueda para izar la carga mientras realizamos el desacople de esta (Figura N° 70).



Anclaje de Rueda Delantera
Figura N° 70



Desmontaje pernos anclaje
Figura N° 71

Romperemos el torque de los pernos de unión del plato reten al spindell de la rueda, retiraremos los pernos en forma circular y cruzada para evitar su agarrotamiento (Figura N° 71).

Para poder retirar el plato reten, debemos dejarlo caer suavemente pivoteándolo sobre uno de los pernos de unión de este al vástago de la suspensión.

Una vez libre el spindell desmontaremos la rueda instalando la herramienta desacopladora al vástago de la suspensión.

Esta herramienta nos permitirá ejercer presión sobre la parte inferior del vástago extrayendo equitativamente el spindell de la rueda delantera (Figura N° 72).



Instalación plato extractor
Figura N° 72

Para asegurar que el spindell sea retirado sin agarrotarse aplicaremos igual ajuste a los pernos de extracción en cruz y en círculo.

En todo momento se debe de tener la rueda fija a la grúa, soportando su peso (Figura N° 73).

Aplicar torque a los pernos de anclaje hasta lograr que la rueda se desacople del vástago de la suspensión, evitar estar debajo de la carga en todo momento.



Descople de Rueda delantera
Figura N° 73



Instalación rueda en base
Figura N° 74

Depositar la rueda sobre su superficie de transporte (figura N° 74), y asegurar el componente a esta para evitar su caída durante el transporte.

25. Desmontaje de Suspensiones Posteriores

Una vez libre la funda del diferencial del sistema de tren de potencia (Transmisión, Diferencial y Mandos Finales) procederemos al desmontaje de las Suspensiones posteriores (Figura N° 75)



Suspensiones Posteriores
Figura N° 75

NOTA:

Bajo ninguna circunstancia se deben retirar las válvulas de carga de las suspensiones sin antes descargar el nitrógeno y retraer completamente el vástago.

Descargamos las Suspensiones instalando los Chuck de carga/descarga en las válvulas y aperturamos la llave para drenar el aceite hasta que el vástago se encuentre retraído

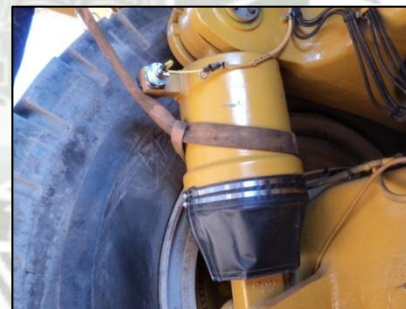
NOTA:

Cuando los cilindros se encuentren totalmente retraídos la distancia entre centros de pines será de 41.85 Pul.

Retiramos las tapas de sujeción de los pines superiores e inferiores de ambas suspensiones (Figura N° 76).



Desmontaje Pines de Susp Posterior
Figura N° 76



Izaje de Susp Posterior
Figura N° 77

Aseguramos la Suspensión posterior por medio de una eslinga (Figura N° 77), tensamos la carga para proceder a retirar el pin de sujeción superior.

Con ayuda de una barrerilla retiramos el acople superior de la suspensión del chasis.

Descenderemos la carga hasta alinear los alojamientos, así evitaremos el balanceo al momento de retirar la suspensión totalmente, retiramos el pin inferior.

26. Desmontaje de Barra Estabilizadora de Diferencial.

Retiraremos las tapas de sujeción de los pines de la barra estabilizadora (Figura N° 78), de ser necesario izar el chasis con una gata hidráulica de botella para que la barra quede libre para su desmontaje.



Retiramos tapas
Figura N° 78



Desmontaje de Barra estabilizadora
Figura N° 79

Retiramos el pin superior de la barra, con ayuda de una barrerilla retiraremos el alojamiento superior del chasis, posteriormente retiramos el pin inferior.

Una vez libre del chasis usando una eslinga unida a la barra procedemos a retirarla izando la carga (Figura N° 79).

27. Desmontaje de Pin-Central

Para poder desacoplar el A-Frame del chasis necesitamos retirar el conjunto de unión Pin-Central. Iniciaremos removiendo la tapa de sujeción del Pin-Central (Figura N° 80).



Retiramos Plato
Figura N° 80



Desmontaje pernos anclaje
Figura N° 81

Desacoplamos las chumaceras de unión del Pin al chasis, removiendo los pernos de anclaje, verificar la estabilidad de los soportes posteriores así evitaremos que el A-Frame se deslice hacia atrás (Figura N° 81)

28. Desmontaje de A-Frame

Una vez desmontaje la unión del Pin-Central, el A-Frame quedara libre para poder ser desmontado, usando un montacargas izamos la carga hasta lograr retirar los soportes posteriores (Figura N° 82)



Izaje de A-Frame
Figura N° 82



Desmontaje de A-Frame
Figura N° 83

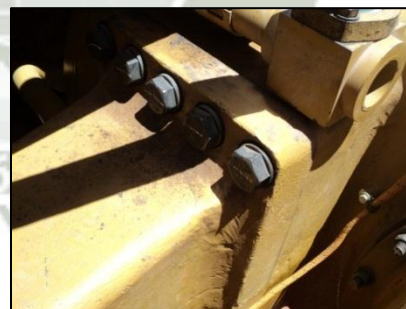
Cuidadosamente retiraremos el A-Frame del alojamiento en el chasis, una vez retirado posicionarlo al nivel de piso para desacoplar la Funda del diferencial (Figura N° 83).

29. Desacople de Funda de Diferencial – A-Frame

Como último paso del desmontaje de componentes, desacoplaremos el A-Frame de la Funda del diferencial (Figura N° 84).



Desacople de Funda Diferencial
Figura N° 84



Desacople penos anclaje
Figura N° 85

Retiramos los pernos de anclaje del A-Frame, en algunos casos encontraremos que el A-Frame se encuentra anclado por medio de espárragos y una tuerca de sujeción.



ANEXO N° 2

**OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE
MONTAJE COMPONENTES
CATERPILLAR EN CAMPO**

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE MONTAJE COMPONENTES CATERPILLAR EN CAMPO

De la misma manera como seguimos un procedimiento para el desmontaje de componentes mayores y menores seguiremos un orden predeterminado para el montaje.

1. Acople de A-Frame a funda de diferencial

Listado de repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	20	Spacer 12 mm	5T-1352
2	20	Bolt 1-1/4 X 5 IN	2H-1618

Iniciaremos nuestro armado del camión acondicionando los agujeros roscados en la Funda del Diferencial, tanto para el anclaje del A-Frame como para el anclaje de los Mandos Finales.



Acondicionamiento Funda de Diferencial
Figura N° 1

Rectificamos los hilos roscados (Figura N° 1), buscando anomalías o discontinuidades en estos, ya que posteriormente podría ocasionar perdidas en el torque aplicado al ajuste de los pernos.

Eliminamos anomalías en todo el contorno del alojamiento de mandos finales, así evitaremos roturas de sellos hidráulicos.

Posteriormente acoplaremos el A-Frame a la Funda del Diferencial, uniremos el Frame a la funda con pernos, y sus espaciadores (Figura N° 2), aplicándoles un torque de 1340 ± 130 lb ft Lbs/pie.



Instalación Pernos acople Funda Diff.
Figura N° 2

Una vez acoplada la Funda del diferencial, procederemos a izar y posicionarla esta sobre los soportes posteriores montándolo en el chasis (Figura N° 3) para proceder a la instalación de Pin-central que será la articulación central del camión.



Izaje A-Frame
Figuras N° 3



Acople de A-Frame a chasis
Figura y N° 4

Posicionaremos el A-Frame hasta hacer alinear los alojamientos de sujeción de la Barra estabilizadora del diferencial (Figura N° 4) e instalaremos el conjunto de Pin Central.

2. Instalación de A-Frame (Pin-Central)

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1.00	PIN	8X-5022
2	6.00	BOLT (7/8-9X2.75 IN)	1D-4626
3	6.00	WASHER (24X41.5X4MM)	5P-8249
4	1.00	RING	8W-9827
5	1.00	PLATE	8X-0585
6	1.00	SHIM PACK	8X-0570
7	1.00	PLATE	101-3945
8	1.00	PLATE	101-3944
9	12.00	BOLT	7L-8304
11	1.00	WASHER THRUST (127.5X152.4.3MM)	8X-0572
12	1.00	BEARING SPHERICAL	6V-0444
13	8.00	BOLT (1 1/4-7X8 IN)	3F-9025
14	8.00	WASHER (34X55X6MM)	4K-0684
15	9.00	WASHER (34X55X6MM)	4K-0685

Iniciaremos la instalación de la articulación central acoplando el conjunto de sujeción, Pin-Central (Figura N° 5)

De acuerdo al historial del equipo, determinaremos si el alojamiento del A-Frame ha sido reparado anteriormente, de ser así el caso instalaremos el Sleeve de ajuste según medidas de ajuste dadas por fábrica.



Acople de A-Frame
Figura N° 5

NOTA:

Para realizar el proceso de instalación de Bearing de la articulación, usaremos nitrógeno criogénico para lo cual necesitamos tener conocimiento de la hoja MSDS y los riesgos asociados a este elemento.

Introduciremos el sleeve y Bearing dentro del depósito para el enfriamiento de componentes criogénicamente. El tiempo de enfriamiento promedio para las piezas es de 20 minutos, luego de ese tiempo las piezas estarán listas para ser instaladas en el alojamiento del A-Frame.

Introduciendo el sleeve, y el Bearing totalmente en el alojamiento del A-Frame.

Introducimos el Pin central en el Bearing y procedemos a anclar el pin al A-Frame acoplando los plates mediante los pernos de anclaje (Figura N° 6) y aplicaremos un torque de 200 ± 18 lb ft.

Introducimos el washer espaciador el anillo de posicionamiento en cada extremo del pin central (Figura N° 7)



Instalación pernos anclaje
Figuras N° 6



Instalación Washer espaciador
Figura N° 7

Instalamos los CAP's (Chumaceras) del pin central en cada extremo del pin aplicando Anti-Size, introduciendo las chavetas de ajuste del pin (Figura N° 8), estas chavetas nos darán el juego necesario para que el pin no se agarrote.



Instalación chavetas en chumaceras
Figura N° 8

Acoplamos el conjunto del Pin central al chasis uniendo las chumaceras a este, instalamos los pernos y washers de anclaje central (Figura N° 9) aplicando un torque de 820 ± 75 lb ft hasta apegar los caps. al chasis.

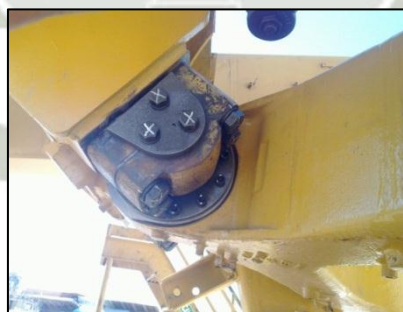


Torqueo pernos de anclaje
Figura N° 9

(Aplicar solo el torque indicado para realizar la Pre-carga)

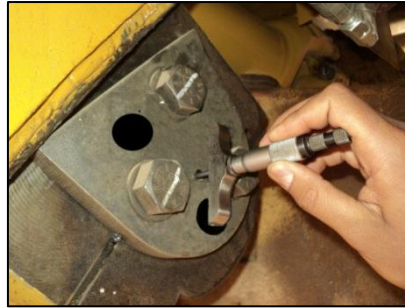
Iniciaremos el proceso de Pre-carga al pin central, para esto instalamos el plate (Item-8) y usando tres pernos y washers (Item-9), (Item-10) espaciados 120° entre ellos acoplamos el plate al pin sin shines de ajuste (Figura N° 10).

Aplicar un torque de pre-carga a los pernos (Item-9) de 150 ± 18 lb ft.



Pre-carga Pin Central
Figura N° 10

Usando un medidor de profundidades mediremos la diferencia entre el plato y la cara interior del pin. Anotamos la medida obtenida (Medida #1, Figura N° 11).



Medición de profundidad Pin Central
Figura N° 11

Luego mediremos la altura del plato, tomaremos el promedio de 3 mediciones en tres distintos puntos del plato. Anotamos la medida obtenida: “Medida #2” (Figura N° 12).

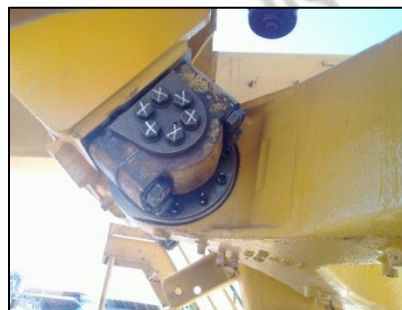


Medición de profundidad Plato Pin Central
Figura N° 12

Para obtener la altura de shines necesaria procedemos a restar la “Medida #1” con la “Medida #2”, a este resultado le sumaremos una constante de: 0.25mm o 0.01 pulg que será nuestra “Medida #3”.

Retiramos el plato de sujeción, e instalamos la cantidad de shines obtenida en la medición final. (Medida #3).

Instalamos el plate y los seis pernos se anclaje y washers (Figura N° 13)



Instalacion pernos de Pin Central
Figura N° 13

Aplicamos un torque de 550 ± 65 lb ft a los seis pernos de anclaje del pin(Figura N° 14).
El torque se debe de realizar en cruz para evitar que el ajuste se trabe.



Torqueo pernos Pin central
Figura N° 14

Culminamos la instalación del conjunto Pin-Central aplicando el torque final a los pernos de acople de los cap's (Chumaceras).

El torque final para los pernos de acople es de 350 ± 37 lb ft, luego aplicaremos un giro de $60^\circ \pm 5^\circ$.

3. Instalación de bearings pivots de tolva

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	Bearing-Sleeve (150MM)	6G-9698

Aprovecharemos el uso del contenedor, para la refrigeración de componentes con nitrógeno criogénico, para instalar los bearings pivots en el chasis.

NOTA:

Para realizar el proceso de instalación de Bearing de la articulación, usaremos nitrógeno criogénico para lo cual necesitamos tener conocimiento de la hoja MSDS y los riesgos asociados a este elemento.

Los Bearings necesitaran estar en el contenedor de enfriamiento por el lapso de 20 minutos, posteriormente procederemos a instalarlos en los alojamientos pivots de tolva en el chasis.

Tener precaución de instalar los alojamiento de para la lubricación de los Bearings alineados con el alojamiento de alimentación de grasa del chasis.

4. Instalación de suspensiones posteriores.

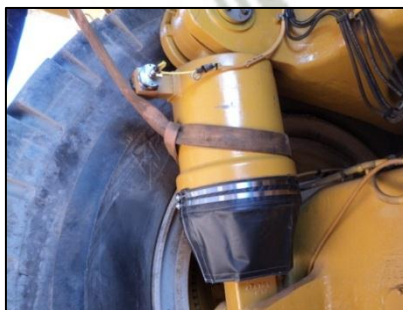
Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	8	Bearing-Sleeve (150MM)	8X-8654
2	4	PIN	150-6307
3	4	PLATE	150-3981
4	4	PLATE	150-3982
5	24	BOLT-12 POINT (3/4-10X2 3/4 IN)	6V-6869
6	24	WASHER HARD (20X33.5X5 MM)	5H-1504
7	2	COVER-SUSPENSION	115-9310
8	4	CLAMP-HOSE	115-9311
9	12	BOLT (3/4-10X2 IN)	0L-1178
10	12	WASHER HARD (20X36.5X5 MM)	5P-8248

Los alojamientos de anclaje de las suspensiones posteriores deben ser inspeccionados y de encontrarse deformados se rellenaran y rectificaran.

Instalaremos los ocho sleeve en los alojamientos del chasis, estos servirán de asentamiento a los pines de las suspensiones.

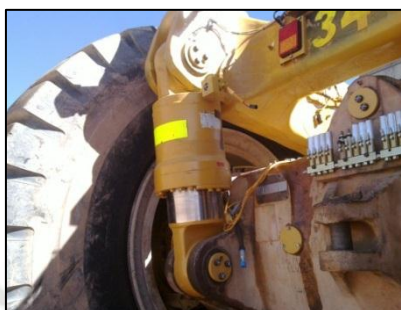
Sujetaremos la suspensión posterior con una eslinga del cuerpo de esta, balanceando su peso equilibradamente, izaremos la carga hasta poder encajar el anclaje inferior de la suspensión en el alojamiento de funda del diferencia e instalar el pin de sujeción (Figura N° 15).



Instalación de Susp. Posteriores
Figura N° 15

Instalaremos el pin de anclaje, así la suspensión se encontrara sujeta y podremos pivotearla para poder anclar el alojamiento superior.

Una vez sujeta la suspensión posterior por los pines, procedemos a instalar las tapas de sujeción sujetas con sus respectivos pernos y washers de anclaje, para las tapas exteriores y los para las tapas interiores (Figura N° 16).



Instalación pines Susp posterior y tapas
Figura N° 16

Aplicamos un torque de 350 ± 37 lb ft. A los pernos de anclaje. Instalamos la cubierta protectora de polvo al vástago de la suspensión posterior.

6. Acople de Ruedas delanteras a Suspensiones Delanteras.

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	2	Shim Pack (20 Shines)	5T-6616
2	15	BOLT (1-8X5.5 IN)	1D-4643
3	15	WASHER (28X49X5 MM)	5P-8250

Usaremos brackets y dos eslingas para poder anclar la rueda delantera (Peso: 2440 Kg) a nuestra suspensión delantera, de esta manera podremos izar la carga y manipularla (Figura N° 17).

Aplicamos Anti-Sise a toda la superficie de acople del vástago de la suspensión delantera (Figura N° 18).



Izaje Rueda delantera
Figuras N° 17



Acondicionamiento Susp. Delantera
Figura N°18

Guiaremos la rueda y la insertaremos e el vástago de la suspensión delantera.

Al momento de acoplar la rueda a la suspensión delantera, trataremos que el spindell sea introducido la mayor cantidad posible en el vástago.

Insertaremos tacos en la parte inferior de la rueda, evitando su balanceo durante el proceso de armado. (Figura N° 19).



Acople de Rueda delantera
Figuras N° 19

Para realizar la pre-carga a la rueda delantera necesitamos instalar el plato reten (Peso 65 Kg) en la parte inferior del vástago de la suspensión.

Sujetamos el plato reten con tres pernos al vástago de la suspensión espaciados 120° entre ellos, y aplicamos un torque de 150 ± 20 lb ft a estos (Figura N° 20).



Pre carga de rueda delantera
Figura N° 20

Usando un medidor de profundidades mediremos la diferencia entre el plato reten y la cara interior del vástago. Anotamos la medida obtenida “Medida #1” (Figura N° 21)



Medición de profundidad
Figura N° 21

Luego mediremos la altura del plato reten, de preferencia tomaremos el promedio de 3 mediciones en tres distintos puntos del plato. Anotamos la medida obtenida: “Medida #2”.

Para obtener la altura de shines necesaria procedemos a restar la “Medida #1” con la “Medida #2”, a este resultado le restaremos una constante de 10.00 ± 0.03 mm o $0.394 \pm .001$ pulg que será nuestra: “Medida #3”.

Retiramos el plato reten, e instalamos la cantidad de shines obtenida en la medición final: “Medida #3” (Figura N° 22).



Medición de Shines
Figura N° 22

Una vez acoplados los shines espaciadores, procedemos a instalar por completo los pernos y washers de anclaje.

Aplicamos un torque final de 830 ± 37 lb ft a los pernos. Posteriormente cuando la unidad se encuentra operativa y luego de unas horas de uso se necesitara verificar el torque de estos pernos y de ser necesario re-torquearlos.

6. Instalación de Suspensiones Delanteras

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	BOLT (1-8X4 IN)	1D-4639
2	4	Washer HARD (28X49X5 MM)	5P-8250
3	2	Shim Plate	117-4935
4	12	BOLT (1 1/4-12X7 IN)	5P-5769
5	12	SPACER (12 MM)	5T-1352
6	12	NUT FULL (1-1/4-12)	7H-7359
7	12	WASHER HARD (34X55X6 MM)	4K-0684
8	4	BOLT (1 1/2-12X8 IN)	2D-7687
9	4	NUT FULL (1 1/2-12)	8H-3390
10	4	SPACER (12 MM)	5T-4896
11	4	WASHER-HARD (40.5X67X6 MM)	3S-6162

Acondicionamos las superficies de acople de la suspensión al A-Frame, aplicamos Anti-Size al A-Frame y limpiamos los alojamientos de anclaje de la suspensión de residuos de pintura.

Previo al izaje del conjunto anclaremos la rueda delantera en dos puntos a la suspensión, evitando su rotación durante el movimiento de izaje.

Verificar la correcta instalación del Key (Chaveta) de la suspensión (Figura N° 23)



Acondicionamiento de superficie
Figura N° 23

Instalamos vientos de izaje a la rueda para poder maniobrarla (Figura N° 24)

Usando una eslinga ahorcada al cuerpo de la suspensión izamos el conjunto equilibradamente, (Peso de Conjunto: 4747 Kg)



Instalación Susp. Delantera

Figura N° 24



Instalación pernos anclaje

Figura N° 25

Usando vientos atados al conjunto maniobramos la suspensión hasta hacer coincidir los alojamientos de anclaje e instalamos los pernos superiores con sus espaciadores, washers y nuts y de igual forma con los pernos de anclaje inferiores (Figura N° 25)

Liberamos la eslinga del cuerpo de la suspensión, e instalamos la chumacera pivotante superior del vástago de la suspensión, con sus pernos de anclaje.

De ser necesario instalaremos shims espaciadores hasta que la chumacera apegue por completo al chasis (Figura N° 26).



Instalación de chumacera

Figura N° 26

Aplicamos torque final a las tuercas de anclaje superiores: 1360 ± 130 lb ft y a las tuercas inferiores: 2000 ± 185 lb ft.

7. Instalación de Triangulo de Dirección.

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	2	BEARING - SLEEVE	8X-6729
2	1	PLUG-PIPE	9F-2247
3	2	BOLT (3/4-10X4.5 IN)	0S-1627
4	1	LOCK	135-5260
5	3	SHIM (1.0 MM)	8W-5396
6	1	PIN	8X-1834

Previo a la instalación del triángulo es necesario verificar la condición de los alojamientos de anclaje del castillo de dirección, para esto personal de maestranza se encargara de realizar las mediciones necesarias y rectificas los alojamiento de ser necesario.

Cambiamos los bearings de anclaje del pin del triángulo (Figura N° 28) usando una gata hidráulica para retirarlos de los alojamientos.

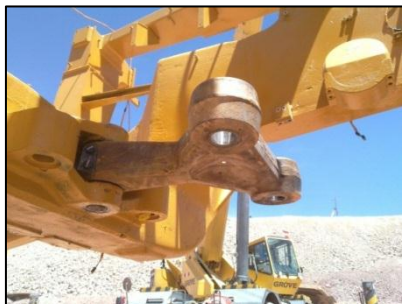


Instalación de Bearings Triangulo dirección
Figura N° 28

De igual manera como se inspeccionan los alojamientos del pin central, inspeccionaremos los alojamientos de anclaje de los ball-studs de las barras de dirección. Es de vital importancia que los ball-Studs acoplen en su totalidad en los alojamientos. Sujetaremos el triángulo de dirección con una eslinga e izaremos la carga con apoyo de una grúa hasta su alojamiento.

Una vez insertado el triángulo en su alojamiento instalamos el pin de anclaje, junto con los shines espaciadores para evitar juegos axiales en este (Figura N° 29).

El pin del triángulo debe ser lubricado previa instalación con Anti-Size.



Instalación Pin Triangulo dirección
Figura N° 29

Alineamos la ranura chavetera en el pin con la cerradura del triángulo hasta poder insertar el Key (Chaveta) trabando estos. Instalamos los pernos de sujeción aplicando un torque final de 350 ± 25 lb ft (Figura N° 30)



Instalación pernos anclaje Triangulo dirección
(Figura N° 30)

Para finalizar instalamos el plug inferior del pin, para evitar la salida del grasa por lubricación. Verificamos que no exista juego axial así como que el triángulo gire libremente.

8. Instalación de Brazos de dirección (Spindell)

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	8	BOLT (1 1/4-7X4.5 IN)	3R-2300
2	8	WASHER (6 MM)	4K-0684

Previo al montaje de cilindros y barras de dirección necesitamos acoplar el brazo de dirección al spindell de la rueda delantera.

Acondicionaremos las superficies de contacto tanto del brazo como del spindell aplicando Anti-Size a ambos y verificamos la condición del hilo roscado de anclaje en el spindell.

Izaremos el brazo ahorcándolo con una eslinga e instalamos los pernos de anclaje y sus washers (Figura N° 31)



Instalación Brazos de dirección
Figura N° 31

Aplicamos un toque final a los pernos: 1204 ± 37 lb ft.

9. Instalación de Cilindros de Dirección y Barras de Dirección.

Los cilindros de dirección deben de ser reparados previa instalación, cambiado los racers, ball-studs. Y en las barra de dirección cambiando los Sockets (LH – RH).

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	8	LOCKNUT	3J-6899

Primero montamos los cilindros de dirección (parte interna del tren de dirección) acoplando los ball-studs en los alojamientos del brazo de dirección y del chasis (Figura N° 32).



Instalación cilindros de dirección
Figura N° 32

Instalamos los nuts de anclaje en los Ball-Studs de los brazos y chasis (Figura N°33).



Torqueo tuercas de dirección
Figura N° 33

Instalamos las barras de dirección (parte externa del tren de dirección) izando la carga equilibradamente hasta acoplar los ball-studs en los alojamientos del brazo y del triángulo.

Para poder instalar la segunda barra de dirección será necesario girar la rueda junto con el brazo de dirección hasta poder alcanzar el espacio requerido para su instalación (Figura N° 34).



Instalación Barras de dirección
Figura N° 34

Aplicamos un torque final a los nuts de anclaje de 1880 ± 74 lb ft.

10. Instalación de mandos finales

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	SEAL-ORING	5P-9519
2	38	BOLT (1 1/4-12X4.75 IN)	7B-8791
3	40	WASHER (34X55X6 MM)	4K-0684
4	3	BOLT (1 1/4-12X5.5 IN)	2J-2555
5	3	WASHER (34X57X8 MM)	5D-0764
6	2	BOLT (1 1/4-12X6.5IN)	4H-6511
7	2	BOSS	6S-9943

Iniciamos las labores limpiando interiormente la funda del diferencial.

Verificamos que la superficie de contacto del mando con la funda se encuentre sin daños para el correcto sellado del componente, de encontrarse anomalías procederemos a rectificar la superficie.

Al final de los trabajos de limpieza, usaremos un paño blanco para verificar esta y proceder a instalar los mandos.

Instalamos el sello reten en la circunferencia de contacto del mando evitando giros en la trayectoria del sello.

El mando final a ser instalado será montado en una base metálica, especialmente acondicionada para poder usar el montacargas como herramienta para el izaje.

Izamos la base de montaje y mando (Peso: 5571 Kg) maniobrando el castillo del montacargas hasta lograr alinear la superficies de contacto tanto vertical horizontalmente (Figura N° 35)



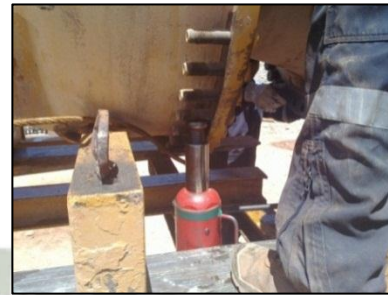
Acople de Mandos Finales
Figura N° 35

Una vez alineado el mando, instalamos los pernos y washers de anclaje para juntar el mando final a la funda del diferencial (Figura 36).

De ser necesario usaremos una gata hidráulica apoyada en la base de montaje para poder girar el mando y alinear los alojamientos del mando final y los de anclaje de la funda del diferencial (Figura N° 37).



Instalación de pernos anclaje



Giro de Mandos Finales

Figura N° 36 Figura N° 37

Instalamos los pernos de anclaje del mando final a la funda del diferencial (Figura N° 38), dejando libre los alojamientos de anclaje de los accesorios.



Torqueo pernos de anclaje

Figura N° 38

Instalamos la guarda protectora del sensor de la AETA con sus pernos de anclaje.



Guarda protectora de Sensor AETA

Figura N° 39

11. Acople de Diferencial a Transmisión

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	SEAL-O-RING(843.0 MM)	5D-6428
2	24	WASHER HARD (3.5 MM)	5P-8248
3	24	NUT FULL (3/4-10)	2J-3506

Retiramos el diferencial de su funda, anclamos dos brackets a los extremos de este y con ayuda de una eslinga izamos la carga.



Izaje de Diferencial
Figura N° 40

Depositamos el diferencial en una base para poder izar el diferencial horizontalmente. Retiramos los brackets y los anclamos en el carrier del diferencial.

Evitar que partículas extrañas y polvo se inserten en la corona del diferencial y carrier. Para nivelar el diferencial sujetaremos el castillo del diferencial con el apoyo de un tecele de 1.5 Ton para permitir la nivelación del componente y una eslinga con grilletes del anclaje del Housing para la parte delantera (Figura N° 41).



Instalación de eslingas en Diferencial
Figura N° 41

Maniobrar el tecele hasta nivelar el diferencial. Instalamos el sello en la circunferencia de acople a la Transmisión. Evitar giros en la trayectoria del sello.

Maniobramos el diferencial hasta posicionarlo frente al piñón de acople de la transmisión, elevar o bajar el tecele hasta poder acoplar el diferencial a la transmisión.

De ser necesario girar el diferencial hasta que los alojamiento de anclaje en la transmisión coincidan con los espárragos del diferencial (Figura N° 42)



Acople de Diferencial a Transmisión
Figura N° 42

Verificar el estado del sello previo acople.

Para terminar el acople del diferencial instalamos las tuercas y washers de anclaje en los espárragos, Aplicamos un torque final de 350 ± 37 lb ft a las tuercas de anclaje.

12. Instalación de Transmisión – Diferencial

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	26	STUD (3/4 X 3 IN)	4D-6578
2	1	SEAL-O-RING(843.0 MM)	5P-9519
3	26	WASHER HARD (3.5 MM)	5P-8248
4	26	NUT FULL (3/4-10)	2J-3506

Remplazaremos los 26 espárragos de anclaje del diferencial en la funda, rectificando el hilo de cada alojamiento aplicando un torque de 110 ± 15 lb ft.

Usando dos eslingas de 2 metros cada una, asegurar la transmisión de los anclajes delanteros usando grilletes (Figura N° 43) para esto y aseguraremos la transmisión de la parte posterior con un tecele de 3 Ton, el tecele nos permitirá manipular con mayor

facilidad la inclinación de la transmisión facilitando su instalación junto con el diferencial del housing. (Peso: 2741 Kg.)



Izaje de Transmisión
Figura N° 43

Instalar el sello en la circunferencia de la superficie de contacto del diferencial. Verificar la limpieza de la funda de diferencial previa instalación. Maniobrar el conjunto usando vientos, hasta posicionarlo sobre el A-Frame. Para poder instalar la corona del diferencia en la funda sin dañarla necesitamos maniobrar el tecele instalado en el anclaje posterior de la transmisión, el tecele será manipulado contrariamente al descenso de la carga, mientras bajamos la carga, izamos el tecele posicionando horizontalmente la carga (Figura N° 44)



Instalación de Transmisión
Figura N° 44

Girar el conjunto de la transmisión y diferencial hasta hacer coincidir los alojamientos del carrier y los espárragos de la funda. Tener sumo cuidado de no romper el sello en la maniobra de acople.

Una vez acoplado el conjunto (Transmisión-Diferencial) instalamos las tuercas y washers de anclaje en forma circular para evitar que el carrier se cruce.

Aplicamos un torque final de 350 ± 37 lb ft a las tuercas de anclaje.

Montamos el cardan de potencia, izándolo con una eslinga y guiándolo a través del alojamiento central en el puente de unión de chasis, acoplar el yoke posterior a la transmisión.

Anclamos el cardan al yoke de la transmisión con los pernos de anclaje (Figura N° 45)



Acople de Cardan de Potencia
Figura N° 45

13. Instalación de componentes menores y hardness

Una vez instalados los componentes de las suspensiones y el tren de potencia, procedemos a instalar el componente menores tales como:

- Válvulas hidráulicas
- Enfriadores hidráulicos
- Housings de filtros
- Bloques y Manifolds
- Actuadores hidráulicos

Tendemos los hardness de los distintos sistemas de la unidad ya que una vez instaladas las líneas hidráulicas el trabajo se dificultara.

Tendremos precaución de tapar todos los alojamientos de los componentes menores que instalaremos, evitando la entrada de polvo u otros componentes extraños.

14. Instalación de Tuberías Hidráulicas de Refrigeración.

Instalamos las tuberías de refrigeración de frenos de los mandos finales, estas tuberías deben de ser instaladas previa instalación de los neumáticos (Figura N° 46)

Las tuberías deben de ser inspeccionadas y lavadas interiormente para desechar cualquier impureza u objeto extraño, luego de su lavada deben de ser empaquetadas y los agujeros de entrada y salida sellados.



Instalación tuberías de refrigeración
Figura N° 46

15. Instalación de cilindros de izaje

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	BEARING	6G-8209
2	1	RETAINER	6G-8221
3	3	BOLT (3/4-10X1.5 IN)	1D-4615
4	3	WASHER-HARD (3.5 MM)	5P-8248

Para izar el cilindro de Izaje de su base evitaremos el desplazamiento del vástago, para esto taponearemos los alojamientos de ingreso y salida de aceite en la base del cilindro. Ahorcamos una eslinga al cuerpo del cilindro equilibrando la carga guiando el alojamiento inferior del componente hasta el soporte en el puente de izaje del chasis (Figura N° 47).



Instalación de Cilindros de izaje
Figura N° 47

Instalamos el plato reten en la parte interior del apoyo y posteriormente uniremos el bearing al apoyo del puente de izaje.

Guiamos el componente hasta acoplar el alojamiento inferior del vástago e el bearing, deslizándolo suavemente hasta instalarlo por completo.

Instalamos la tapa protectora del cilindro anclando este mediante los pernos de anclaje al plato retén.

16. Instalación de Tanque Hidráulico

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	BOLT (3/4 x 2.5 IN)	8T-8924
2	4	WASHER - HARD	7X-0619
3	1	BOLT (3/4 X 5 IN)	1D-4614
4	1	WASHER	6P-8269
5	1	NUT	1K-6870
6	2	MOUNTING	5D-5654
7	1	WASHER	8X-8414

El tanque hidráulico previamente ha sido reparado, cambiando válvulas de accionamiento y relief.

Limpiaremos y removeremos residuos de pintura de las superficies de montaje tanto en los ojales del tanque como en los del chasis.

Elevamos el tanque (Peso: 546 Kg, Figura N° 48) con ayuda de un montacargas, izándolo de su base guiándolo hasta acoplar los anclajes superiores con los alojamientos del chasis.



Izaje de Tanque Hidráulico
Figura N° 48

Lentamente depositar el tanque en los anclaje del chasis, verificar que el tanque este simétricamente posicionado.

Instalamos las tapas superiores de anclaje con sus pernos y washers, dejando las tapas sobrepuestas (Figura N° 49), sin aplicar torque de esta manera cuando instalemos los mountings inferiores, podremos pivotear el tanque para esto.



Torque pernos de anclaje
Figura N° 49

Pivoteamos el tanque hidráulico e instalamos los accesorios del anclaje inferior, los mountings, los washers y el perno de anclaje.

Una vez instalado el soporte inferior aplicamos un torque a los pernos de las tapas a 350 ± 37 lb ft y al perno de anclaje inferior.

17. Instalación de Tanque de Combustible

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	BOLT LOCKING (3/4 x 2.5 IN)	5P-6712
2	4	WASHER - HARD	5P-8248
3	4	SHIM PACK	8X-2232
4	6	MOUNTING	5D-5654
5	6	WASHER MOUNTING	9D-9438
6	3	BOLT (3/4 X 5 IN)	1D-4614
7	3	NUT	1K-6870
8	6	WASHER HARD	2G-8742

El tanque combustible previamente ha sido reparado, inspeccionado en busca de fisuras o rajaduras en las planchas exteriores o en los deflectores interiores.

Limpiaremos y removeremos residuos de pintura de las superficies de montaje tanto en los ojales del tanque como en los del chasis.

Elevamos el tanque (Peso: 896 Kg) con ayuda de un montacargas (Figura N° 50), izándolo de su base guiándolo hasta acoplar los anclajes superiores con los alojamientos del chasis.



Izaje Tanque de Combustible
Figura N°50

Lentamente depositar el tanque en los anclaje del chasis, verificar que el tanque este simétricamente posicionado.

Instalamos las tapas superiores de anclaje con sus pernos y washers (Figura N° 51), dejando las tapas sobrepuestas, sin aplicar torque de esta manera cuando instalemos los mountings inferiores, podremos pivotear el tanque para esto.



Torqueo pernos de anclaje
Figura N° 51

Pivoteamos el tanque de combustible e instalamos los accesorios del anclaje inferior, los mountings, las washers y el perno de anclaje



Instalación Soportes de anclaje
Figura N° 52

Una vez instalado el soporte inferior instalamos los shines (Figura N° 52) cubriendo el espacio en las tapas superiores, aplicando un torque a los pernos de las tapas a 350 ± 37 lb ft y al perno de anclaje inferior.

18. Instalación de mando de bombas y bombas hidráulicas

18.1 Mando de Bombas

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	BOLT (5/8 X 1.75 IN)	7X-0345
2	4	WASHER HARD	8T-4122

Previo instalación de las bombas hidráulicas necesitamos montar el mando de bombas en el chasis.

Instalamos un bracket al anclaje superior del mando, izando la carga por encima del chasis guiando el componente hasta su base de montaje.

Maniobramos el mando e instalamos los pernos y washers de anclaje.

Aplicamos un torque 160 ± 30 lb ft a los pernos de anclaje de mando.

18.2 Instalación de bomba de dirección

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	SEAL O-RING	5F-3399
2	2	BOLT (5/8 X 1.75 IN)	0S-1589
3	2	WASHER HARD	5P-8247

Continuamos con la instalación de la bomba de dirección, limpiamos y acondicionamos el alojamiento de anclaje de la bomba en el mando, instalamos el sello o-ring en la circunferencia de contacto de la bomba.

Usando una eslinga ahorcada a la bomba izamos la carga guiándola hasta posicionarla en el alojamiento del mando.

Necesitaremos girar un poco la bomba para que el piñón dentado de la bomba se acople al mando.

Aplicamos un torque de 160 ± 30 lb ft a los pernos de anclaje de la bomba.

18.3 Instalación de bomba de transmisión

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	SEAL O-RING	1S-2174
2	2	BOLT (1/2X 1.75 IN)	0S-1587
3	2	WASHER HARD	5P-8245

Instalación de la bomba de transmisión, limpiamos y acondicionamos el alojamiento de anclaje de la bomba en el mando, instalamos el sello o-ring en la circunferencia de contacto de la bomba.

Usando una eslinga ahorcada a la bomba izamos la carga guiándola hasta posicionarla en el alojamiento del mando.

Aplicamos un torque de 75 ± 25 lb ft a los pernos de anclaje de la bomba.

18.4 Instalación de bomba de izaje

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	SEAL O-RING	5F-3999
2	4	STUD TAPER LOCK	3D-0490
3	4	NUT	6V-8188
4	4	WASHER HARD	5P-8245

Instalación de la bomba de izaje, limpiamos y acondicionamos el alojamiento de anclaje de la bomba en el mando, instalamos el sello o-ring en la circunferencia de contacto de la bomba.

Instalamos los espárragos (Studs Taper Lock) en los alojamientos del mando.

Usando una eslinga ahorcada a la bomba izamos la carga guiándola hasta posicionarla en el alojamiento del mando.

Necesitaremos girar un poco la bomba para que el piñón dentado de la bomba se acople al mando.



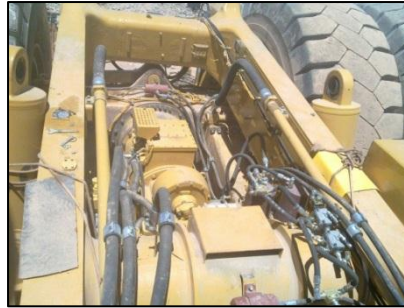
Bomba de Izaje
Figura N° 53

Aplicamos un torque a los espárragos de anclaje de 50 ± 15 lb ft, y a las tuercas de anclaje 90 ± 25 lb ft.

18.5 Instalación de Líneas Hidráulicas

Una vez instalados la mayoría de componentes mayores y los tanques hidráulicos y de combustible iniciaremos el montaje de las líneas hidráulicas, neumáticas.

Previa instalación de líneas verificaremos la limpieza de estas interiormente, y su almacenamiento en cajas cerradas y los extremos de las líneas debidamente taponeadas.



Instalación Líneas Hidráulicas
Figura N° 54 y 55

No dejaremos líneas expuestas a la intemperie, siempre tapas los alojamientos tanto de las líneas como de los componentes.

19. Instalación de Neumáticos.

Coordinaremos con el área de neumáticos para la instalación de las llantas en la unidad,

Limpiaremos el área de trabajo para que el montaje de los neumáticos sea de una manera segura y fácil, ya que se usa un cargador frontal 992 para manipular los neumáticos hasta los mandos finales y ruedas.

Retiramos los ponchos protectores en los espárragos de los mandos y ruedas.

Iniciamos instalando los neumáticos internos posteriores en los mandos finales.



Limpieza de espárragos
Figura N° 56

Y su culminara con los neumáticos externos posteriores.



Instalación de Neumáticos
Figura N° 57 y 58

Finalizaremos con la instalación de los neumáticos delanteros en las ruedas.
Instalamos las tuercas y washers de anclaje, aplicando un torque de 660 ± 75 lb ft
Verificamos el montaje de la toma de llenado de aire y sus protectores.

20. Acople de Convertidor de Torque a Motor

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	RING	7T-2055
2	1	SEAL O-RING	5D-7523
3	16	WASHER	5P-8245
4	16	BOLT (1/2 X 1-5/8)	032-3180

Limpiamos e instalamos la campana de acople del C/T al extremo posterior del motor.



Limpeza de alojamiento de C/T
Figura N° 59

Instalamos un bracket en la funda con dos eslingas para poder izar la carga.



Izaje de Convertidor de torque
Figura N° 60

Guiamos el componente hasta el adaptador en el motor, instalamos el ring y el sello en los alojamientos y en la circunferencia de contacto de C/T.

Aplicamos Gasket-Maker a toda la circunferencia de acople del C/T para ayudar a sellar el montaje del componente.



Acople de Convertidor de torque
Figura N° 61

Acoplamos el volante al engrane del convertido de torque, teniendo cuidado de no romper o morder el sello Instalamos los pernos y washers de anclaje (Item-3), (Item-4), e aplicamos un toque final de 75 ± 25 lb ft



Torqueo pernos de anclaje
Figura N° 62

21. Instalación de Motor

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	2	NUT FULL	3K-9770
2	2	WASHER	8K-4303
3	4	MOUNT AS	7W-3497
4	8	BOLT (5/8 X 8 IN)	1B-7709
5	16	WASHER HARD	5P-8247
6	8	NUT FULL	4K-0307
7	2	BOLT (1 1/8 X 10.5 IN)	6B-0388
8	2	WASHER	4K-0684
9	2	SLEEVE	7W-3495

Identificamos los puntos de izaje en el motor, y usando dos estrobo enganchados a las orejas tensamos la carga. (Peso Motor: 7334 Kg), (Peso Motor y C/T: 8375 Kg)



Izaje de Motor
Figura N° 63

Inspeccionamos los puntos de soporte del motor, tanto el puente delantero limpiando los alojamientos de montaje. Luego evaluamos los apoyos posteriores, de ser necesario procedemos a cambiarlos aplicando el torque respectivo a ellos.

Izamos la carga maniobrándola con un viento instalado en ella, guiamos el motor insertándolo en la caja del chasis, tener precaución de no golpear el motor durante su ingreso.



Acople de Motor en chasis
Figura N° 64

Guiamos los anclajes posteriores hasta que se acoplen en los soportes del chasis, descendemos lentamente la carga verificando que no roce ni golpee nada en su manipulación.

Asentamos los soportes del puente delantero, previamente instalamos un mounting como base e introducimos el sleeve en el alojamiento del puente.

Lubricar el sleeve (Item-9) con anti-size antes de su instalación.



Instalación Sleeves de montaje
Figura N° 65

Instalamos el mounting superior junto con el espaciador y alineamos los mountings del puente hasta hacer coincidir los alojamientos e instalar los pernos de anclaje y washers a cada extremo del puente.

Instalamos la tuerca de anclaje en cada extremo del puente, y aplicamos un torque de 1320 ± 150 lb ft.

Finalizamos la instalación del motor colocando las tapas de los soportes posteriores a cada extremo con sus pernos y washers aplicando torque final a las tuercas de 200 ± 18 lb ft.

Acoplamos el extremo delantero del cardan de potencia al yoke de convertidor de torque, aplicamos un torque de 410 ± 15 lb ft.



Acople de Cardan de potencia
Figura N° 66

22. Instalación de Radiador

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	4	BOLT (5/8 X 2 IN)	1A-1135
2	8	WASHER HARD	2S-7593
3	4	NUT FULL	4K-0367
4	4	BOLT (1/2 X 3.25 IN)	8T-8920
5	4	WASHER	8T-4223
6	1	GASKET	9H-5829
7	1	GASKET	8M-2888
8	2	GASKET	8N-3248
9	2	MOUNT	8N-7257

Una vez instalado el motor, procedemos al montaje del ventilador del FAN y de su guarda protectora.

Izamos la carga usando dos grilletes en los anclajes del radiador, usando vientos maniobramos el componente hasta posicionarlo frente al motor de la unidad.



Izaje de Radiador
Figura N° 67

El radiador ha sido previamente reparado, evaluado fugas de refrigerante por sus celdas.

Guiamos el componente hasta hacer coincidir los alojamientos laterales del radiador con los soportes del chasis, e instalamos los pernos, washers y tuercas de anclaje.

Aplicamos un torque de 140 ± 25 lb ft a las tuercas de anclaje.



Instalación de pernos de anclaje
Figura N° 68 y 69

Para los soportes inferiores, remplazaremos los mountings (Item-9) por unos nuevos, y acoplaremos las medias lunas de sujeción, instalamos los pernos y washers de anclaje.

Instalamos los codos de retorno refrigerante, con sus respectivos gaskets .



Instalación tuberías de refrigerante
Figura N° 70

Asimismo instalamos los codos de succión en la parte inferior del radiador con sus gaskets.



Instalación tuberías de refrigerante
Figura N° 71

Acoplamos las tuberías de refrigeración al radiador mediante los trozos de mangueras y los clamps de sujeción.

23. Instalación de Cabina

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	8	BOLT (1 ¼ X 6.5 IN)	6H-1628
2	8	SLEEVE	5T-5804
3	6	BOLT (1 ¼ X 10 IN)	1D-4649
4	6	SLEEVE	5T-5806
5	6	BOLT (1 ¼ X 9 IN)	1K-9418
6	6	SLEEVE	5T-5805
7	40	MOUNT	5T-5803
8	20	RETAINER	5T-5807
9	1	SHIM	5T-9894
10	4	SHIM	5T-9893

Iniciamos inspeccionando las superficies de montaje de la cabina en el chasis, retiraremos los mountings y sleeve antiguos.

Instalamos los mountings y sleeves nuevos.



Acondicionamiento de superficie anclaje cabina
Figura N° 72 y 73

Usamos tres eslingas de la misma longitud enganchados en los puntos de anclaje de la cabina para izar la carga. Usando vientos elevamos la carga de su base de transporte. (Peso: 1683 Kg)



Izaje de cabina
Figura N° 74

Guiamos la cabina hasta posicionarla sobre las bases de montaje. Tendremos especial precaución de no golpear no doblar las cañerías de alimentación de dirección (Metering) durante el montaje de la cabina. Descendemos la cabina sobre las bases, inspeccionamos el nivel de holgura entre la cabina y las bases del chasis.



Instalación de Shines
Figura N° 75

Guiamos la cabina hasta que los alojamientos de esta coincidan con los alojamientos en los soportes del chasis, verificar que los shines se hayan instalado correctamente y los mountings también.



Instalación de pernos de anclaje
Figura N° 76

Instalamos los pernos de anclaje delantero y posterior cada perno con su retainer. Finalizamos el montaje de cabina aplicando el torque final a los pernos de anclaje de 1400 ± 50 lb ft.



Torqueo pernos de anclaje
Figura N° 77

24. Instalación de Plataformas

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	6	BOLT (5/8 X 2.25 IN)	8S-9092
2	6	WASHER HARD	2S-7593
3	8	BOLT (3/4 X 2.5 IN)	1A-8063
4	8	WASHER HARD	5P-8248

Verificamos el estado de la plataforma central, soporte de tanque de dirección, si la plataforma se envió a reparar, cuadraremos la plataforma usando un nivel y con el apoyo de un soldador anclaremos la plataforma al chasis.



Izaje de plataforma RH
Figura N° 78 y 79

Limpiamos las superficies de montaje de la plataforma derecha, removemos la pintura o señales de óxido.

Usamos dos eslingas para anclar la plataforma de la baranda delantera y para la parte posterior anclaremos al tanque neumático por medio de un tecele para poder controlar el grado de inclinación de la plataforma.

Izamos la carga con ayuda de una grúa, guiando la plataforma usando vientos hasta nivelarla y posicionarla en sus superficies de montaje.



Izaje de plataforma RH
Figura N° 80

Una vez nivelada la plataforma con los alojamientos instalamos los pernos de anclaje en las superficies de contacto, en la superficie delantera instalamos los pernos y washers y para la superficie posterior los pernos y washers.



Acople de plataforma RH a chasis
Figura N° 81 y 82

Aplicamos un torque de 350 ± 37 lb ft a los pernos delanteros, y un torque de 140 ± 25 lb ft a los pernos posteriores

Seguimos montando el fender (LH), izamos la carga del anclaje ubicado en la caja de filtros.

Guiamos la carga hasta posicionarla en los alojamientos de la base de la cabina.

Instalamos los pernos de anclaje (Perno $\frac{1}{2} \times 1$ IN) aplicando un torque de 75 ± 15 lb ft.

25. Instalación de Guarda protectora de Radiador

Una vez instalados las plataformas de la unidad y el radiador en la unidad procedemos a instalar la máscara del radiador.

Instalamos dos brackets en los puntos de anclaje de la guarda y unidos a una eslinga izamos la carga.



Izaje de Mascara protectora de radiador
Figura N° 83

Izamos la carga guiándola hasta hacerla coincidir en las ranuras laterales del radiador.

Instalamos los pernos laterales de anclaje de la guarda protectora del radiador.

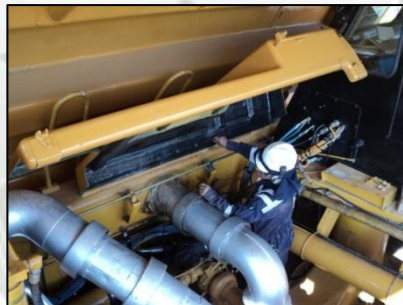
26. Instalación de Guardas protectoras de Motor

Izamos las guardas protectoras de motor (Peso Aprox de 157 Kg), iniciamos montando el protector delantero, hacemos coincidir los alojamientos de anclaje e instalamos los pernos de sujeción.



Instalación pernos de acople de mascara
Figura N° 84

De igual manera usaremos una eslinga izaremos la tapa protectora posterior usando vientos para su guiado. Instalamos los pernos de anclaje de la guarda posterior.



Instalación de Guardas de motor
Figura N° 85

Como último paso acoplamos el soporte de la tapa de motor así como la varilla de sujeción de la tapa.



Instalación de tapa de motor
Figura N° 86

26. Instalación de Líneas de Admisión Aire, Escape de Gases.

Listado de Repuestos Admisión de Aire

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	2	ELBOW	5T-6459
2	2	HOSE - HUMP	7N-5008
3	2	ELBOW	7C-2985
4	2	ELBOW	4P-5104
5	4	HOSE - HUMP	4P-5212
6	1	HOSE - HUMP	1W-6903
7	2	CLAMP AS	119-6298
8	6	CLAMP AS	133-5940
9	4	CLAMP AS	141-7148
10	6	CLAMP AS	137-8292
11	8	CLAMP AS	141-7152

Inspeccionamos y limpiamos interiormente las tuberías de admisión de aire, ensamblando el conjunto con sus respectivos codos y mangueras de unión.

Sujetamos cada tubo con su codo de admisión mediante abrazaderas, Clamps.



Instalación tuberías de admisión aire
Figura N° 87

Inmediatamente instaladas las líneas de admisión procedemos a instalar los filtros neumáticos en las cajas de filtros para evitar ingreso de polvo y/o partículas extrañas al sistema de ingreso de aire.

Listado de Repuestos Escape de Gases

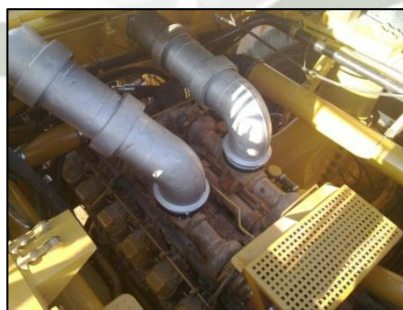
ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	ELBOW	7C-3339
2	2	PIPE	2W-9078
3	1	PIPE	7C-3336
4	1	ELBOW	7C-3337
5	1	ELBOW	7C-3338
6	4	SEAL	2W-8851
7	3	CLAMP	1W-4161

Instalamos los dos silenciadores de los gases de escape con ayuda de una grúa.



Instalación de Silenciadores
Figura N° 88

Instalamos las tuberías de escape, uniéndolas mediante los anillo sello, y acoplamos los codos de escape al Manifolds de escape mediante los clamps.



Instalación líneas de escape
Figura N° 89

27. Instalación Filtros Hidráulicos

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	FILTER ELEMENT	4T-3131
2	2	FILTER ELEMENT	1R-0741
3	3	FILTER ELEMENT	1R-0719

Instalamos los filtros hidráulicos en los Housing de cada filtro:

- **Item-1:** 4T-3131 Salida de Convertidor de Torque.
- **Item-2:** 1R-0741 Entrada de Convertidor de Torque.
- **Item-3:** 1R-0719 Filtros carga de transmisión, barrido transmisión, liberación frenos parqueo



Instalación de filtros hidráulicos
Figura N° 90

Coordinamos con el personal de lubricación para proceder al llenado de aceites hidráulicos.

- **Sistema Dirección:** Aceite SAE 10-W
- **Sistema Diferencial:** Aceite SAE-60
- **Sistema Izaje:** Aceite SAE 10-W
- **Sistema Transmisión:** Aceite SAE-30
- **Motor:** Aceite SAE 15-W-40
- **Ruedas:** Aceite SAE-60

28. Carga Suspensiones Posteriores

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	CHUCK CHARGING	7S-5106
2	2	OIL REFILL PUMP	9U-5617
3	3	FILTER ELEMENT	1R-0719

Removemos las tapas de las válvulas de carga, e instalamos los chucks de carga en posición cerrada para evitar la salida de nitrógeno durante su instalación.

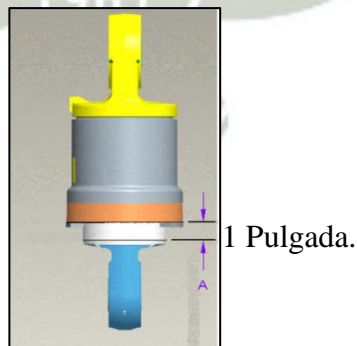
Aperturamos los chucks de carga para permitir que el nitrógeno y el aceite remanente en las suspensiones salga y se descarguen totalmente.

Dejamos el Chuck abierto durante 5 minutos hasta que la presión del cilindro sea la misma que la atmosférica.

Una vez que las suspensiones han tocado fondo, procedemos a marcar nuestras líneas de referencia, estas líneas de referencia deben de estar paralelas al borde inferior del cromado

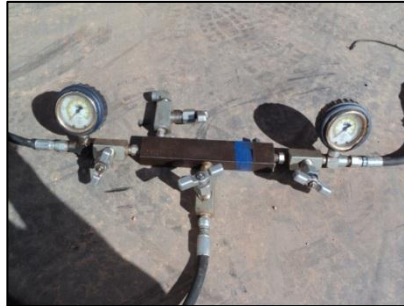
Instalamos los chuck de carga con las mangueras de carga, los chucks de carga deben de estar cerradas. La presión de aire al ingreso de la bomba de carga de aceite no debe de exceder los 125 psi.

Aperturamos los chucks de carga y dejamos ingresar aceite (SAE 10W) hasta lograr una altura de vástago 1 Pulg.



Una vez alcanzada esta altura en ambas suspensiones cerramos los chuck, retiramos las mangueras de carga y retiramos el aceite retenido en estas.

Conectamos las líneas de carga al Manifolds de carga de suspensiones, y este a nuestros balones de nitrógeno.

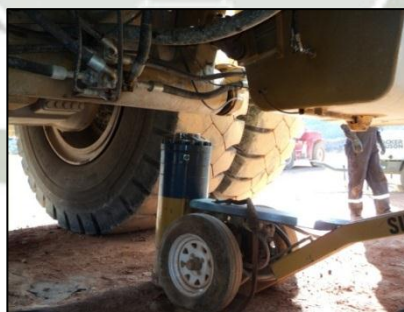


Manifold de carga de Suspensiones
Figura N° 91

Aperturamos las válvulas de carga del manifold (Ítem-A) y añadimos 150 PSI de nitrógeno a los cilindros de la suspensión.

Agregar nitrógeno a la suspensión nos prevendrá que se genere vacío en el interior al momento de izar el chasis para liberar las suspensiones.

Instalamos dos gatas hidráulicas bajo el Hoist Tube (Puente de Izaje) e izamos el chasis hasta extender por completo las suspensiones posteriores y los neumáticos posteriores se encuentren elevados del suelo.



Izaje de Chasis para carga de Suspensiones
Figura N° 92

Instalamos el Manifold de carga a los balones de nitrógeno, y las mangueras de carga a los chuck de las suspensiones, aperturamos la válvula de los balones de nitrógeno y posteriormente las válvulas de lo chucks de carga.

Dejamos ingresar el nitrógeno en los cilindros de suspensión hasta alcanzar la presión de carga en cada una.

La presión de carga para las suspensiones posteriores es de 350 PSI.

Cerramos las valvulas de lo chucks y posteriormente la valvula manifold de los balones de nitrógeno.

Retraer el vastago de las gatas hidraulicas hasta que el equipo quede asentado sobre sus llantas.

29. Carga Suspensiones Delanteras

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	CHUCK CHARGING	7S-5106
2	-	OIL REFILL PUMP	9U-5617

Removemos la tapa de la válvula de carga, e instalamos el chucks de carga en posición cerrada para evitar la salida de nitrógeno durante su instalación.

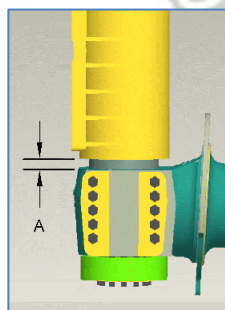
Aperturamos los chucks de carga para permitir que el nitrógeno y el aceite remanente en las suspensiones salga y se descarguen totalmente.

Dejamos el Chuck abierto durante 5 minutos hasta que la presión del cilindro sea la misma que la atmosférica.

Conectamos la manguera de carga al Chuck , aun instalado en la válvula de carga en la suspensión.

Aperturamos los chucks de carga y dejamos ingresar aceite (SAE 10W) hasta lograr una altura de vástago 1 Pulg.

1 Pulgada.



Una vez alcanzada la altura de vástago indicada cerramos el Chuck de carga deteniendo la carga de aceite. Retiramos el aceite retenido en estas. Conectamos las líneas de carga al Manifolds de carga de suspensiones, y este a nuestros balones de nitrógeno.



Manifold de carga de Suspensiones
Figura N° 93

Aperturamos las válvulas de carga del Manifolds y añadimos 175 PSI de nitrógeno a los cilindros de la suspensión delantera.

Instalamos una gata hidráulica bajo el cross member (Tubo unión delantero) e izamos la unidad hasta que las dos suspensiones delanteras se encuentren totalmente extendidas y los neumáticos delanteros libres en el aire.

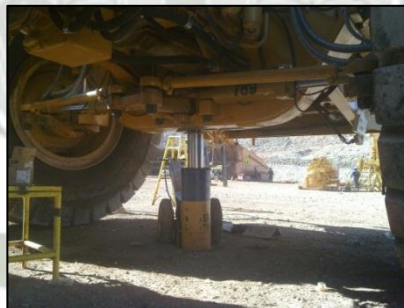


Figura N° 94

Aperturamos la válvula de aguja del manifold de carga, y posteriormente Aperturamos el Chuck de carga dejando ingresar nitrógeno en la suspensión delantera hasta alcanzar la presión de carga.

La presión de carga para las suspensiones delanteras es de 260 PSI.

Cerramos las valvulas de lo chucks y posteriormente la valvula manifold de los balones de nitrogeno.

30. Carga de Acumuladores

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	1	CHUCK CHARGING	1S-8938
2	-	OIL REFILL PUMP	9U-5617

Retiramos las tapas protectoras de la válvula de carga de acumuladores, exterior.

Removemos el nitrógeno bajo presión en el interior del acumulador, para lograr esto instalamos el Chuck (Item-1) en la válvula de carga y descarga del acumulador y abrimos el Chuck dejando escapar el nitrógeno.



Instalación de Chuck para carga de Acumuladores
Figura N° 95

Para proceder a la recarga de acumuladores instalamos los chucks (Item-1) en las válvulas de carga, asegurarnos que los chucks estén completamente cerrados al instalarlos.



Instalación de mangueras de carga de acumuladores
Figura N° 96

Conectamos las mangueras de carga desde la válvula reguladora de presión y giramos el mando de la válvula de la botella de nitrógeno hacia la derecha con el fin de abrir la válvula.

El manómetro de presión en el regulador de presión (Ítem-C) mostrará la presión en el cilindro de nitrógeno, pero el manómetro principal (Ítem-D) se mantendrá en cero.



Manómetro regulador de Nitrógeno
Figura N° 97

Gire la manija en “T” del chuck hacia la derecha hasta que sienta resistencia con el fin de derrocar el núcleo de la válvula en el acumulador. No fuerce el Chuck.

Giramos la manija del regulador de presión de la válvula), hasta que el indicador de presión (Ítem-D) se mueva de cero, Aperturamos la línea de carga hasta llenar lentamente el acumulador, expandiendo el blader dentro del cilindro, una vez que las presiones en ambos manómetros se igualen cerramos las válvulas.

Ajustamos la presión de carga regulando la manija hasta que la presión del manómetro (Ítem-D) llegue hasta la presión deseada de carga del acumulador según tabla adjunta.

	PRESION DE CARGA
789 "A"	1200 ± 70 PSI
789 "B"	798 ± 50 PSI

Una vez alcanzada la presión de carga en el acumulador esperaremos por unos 10 minutos a que la temperatura en el interior del acumulador se estabilice.

Si se presenta un bajón en la presión del manómetro aperturamos la válvula esto permitirá que más nitrógeno ingrese al acumulador.

Una vez obtenida en los manómetros la presión deseada de carga en el acumulador cerramos el regulador de presión del cilindro de nitrógeno.

Cerramos el chuck de carga y retiramos todo el equipo de carga.

31. Arranque de Unidad Shut-Down.

Inspeccionamos los niveles de aceite en todos los fluidos de la unidad, el arranque en Shut-Down implica lubricar por primera vez todos los sistemas, llenado las líneas hidráulicas y componentes del lubricante respectivo.

Purgamos el sistema de combustible, liberando las líneas y cañerías de alimentación de aire remanente.

Para poder tomar las presiones de lubricación del motor necesitamos instalar una toma de presión en la galería de aceite)



Figura N° 98 y 99

Realizamos una inspección visual de las líneas y componentes en busca de fugas.

Delegaremos funciones para vigilar el estado de la unidad mientras realizamos el primer arranque en modo Shut-Down.

Una persona estará encargada de accionar el mecanismo de Shut-Down durante el arranque neumático.

Delegaremos otra persona encargada de vigilar los niveles de aceite hidráulico y de transmisión, los niveles no deben de descender más allá de su nivel mínimo.



Nivelación de aceites hidráulicos

Figura N° 100

La nivelación de aceites será necesaria durante el primer arranque de la unidad.
Instalamos un manómetro en la toma de presión de las galerías de aceite, una vez finalizado la secuencia de arranque el tap de presión debe ser retirado de la galería e instalar un plug en su lugar. (Presión Aceite: 35 -75 PSI)



Toma de presiones de motor
Figura N° 101

Accionamos el mecanismo Shut-Down y procedemos a dar arranque 03 veces a la unidad mediante la llave de contacto, esto activara el arranque neumático de la unidad permitiendo el giro del motor accionando el giro de las bombas hidráulicas, succionando los aceites dentro de las líneas en cada sistema.

Verificamos los niveles dando aviso cuando un nivel caiga debajo de lo permisible.
Nivelamos los aceites en los tanques hidráulicos y de dirección. Una vez nivelados los aceites arrancamos la unidad libre del accionamiento Shut-Down.

32. Purgado de Frenos – Dirección

Iniciando el purgado del sistema de frenos (Parqueo – Servicio) necesitamos cargar las líneas hidráulicas, para esto usaremos una línea externa de alimentación.

Instalamos un manómetro en el slack delantero y otro manómetro en el slack posterior, procedemos a accionar el pedal de servicio y la palanca de retardador, medimos la presión en lo manómetros, la presión deseada es de 650 PSI.



Toma de presiones del Sistema de frenos
Figura N° 102 y 103

Realizar esta acción repetidamente hasta estabilizar al presión a la deseada.

De igual manera instalamos los manómetros en los bloques distribuidores de freno de parqueo, líneas posteriores.

Activamos y desactivamos el switch de freno de parqueo en la unidad, medimos la presión en el manómetro, la presión deseada es de 550 PSI.

Posteriormente procedemos a purgar el sistema de frenos de servicio, tanto en los mandos dinales (LH – RH) y ruedas delanteras (LH – RH), para esto accionamos el pedal de freno de servicio y aperturamos las válvulas de purga dejando salir todo el aire en el sistema.



Purgado de Sistema de Frenos
Figura N° 104 y 105

Una vez purgado el sistema de aire, ajustamos firmemente las válvula impidiendo la fuga de aceite, ya que de lo contrario el sistema de frenos no actuaría correctamente.

33. Montaje de Tolva

Listado de Repuestos

ITEM	QTY	Descripción	N° Parte
1	2	PIN AS PIVOT	8W-8679
2	2	PIN AS IZAJE	6G-9692
3	4	SPACER PIN IZAJE	6G-9696
4	2	WASHER 10mm	6G-9697
5	2	WASHER 6mm	8W-2896
6	10	PAD AS	6G-9547
7	4	PLATE	5T-3750
8	24	SHIM	6G-9711
9	2	PLATE	8W-8677
10	24	BOLT 1/2 X 2.5	9S-1366
11	24	NUT FULL	1F-7958
12	24	WASHER	7D-1649

Finalizamos nuestro montaje de componentes mayores instalando la tolva a la unidad, para este paso necesitamos haber recargado las suspensión, purgar los sistemas de frenos y dirección, así como revisar los sistemas eléctrico.

La tolva puede ser de tipo ligera o pesada, siendo el peso de una ligera entre 27 a 28 Toneladas y una pesada entre 43 a 45 Toneladas.

Verificaremos que los cilindros de izaje se encuentran debidamente sujetos al chasis, así evitaremos que durante el traslado de la unidad hacia la zona de montaje estos caigan.

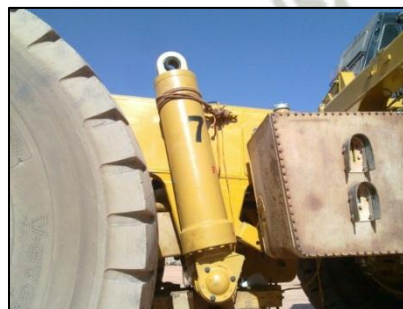


Figura N° 106

Realizaremos una inspección pre-operacional de los elementos de izaje verificando su estado desechando los elementos con irregularidades.

- 02 estrobos de 10 metros de longitud
- 02 estrobos de 10.5 metros de longitud,
- 04 Grilletes de 1" de diámetro.
- 02 Sogas de 10 metros de longitud
- Uso de una plataforma de trabajo móvil (Genie) para los trabajos en altura.

Guiaremos el camión hacia el área de trabajo designada para el desmontaje de la tolva, procediendo a la demarcación del área de trabajo, previa reunión de coordinación entre operador de la grúa, rigger y supervisión se decidirá el mejor procedimiento para retirar la tolva y maniobrarla libremente.



Anclaje de tolva
Figura N° 107

Anclar los estrobos en la pasteca de la grúa, debido a la posición de los anclajes en la tolva y la necesidad de montar la tolva en forma paralela al equipo es que se requiere que los estrobos de 10 Metros sean instalados en los anclajes delanteros de la tolva y los de 10.5 Metros en la parte trasera de esta.

Verificamos la correcta posición de los estrobos, que no estén mordidos con los grilletes previo izaje del componente.

Los vientos para el guiado de la carga se ataran en la parte posterior de la carga, durante el izaje necesitaremos girar la tolva para poder posicionarla en forma correcta sobre la unidad.

Izamos la carga, el rigger autorizado es la única persona autorizada para guiar las maniobras de la grúa.



Acople de tolva a unidad
Figura N° 108 y 109

Guiamos el componente hasta posicionarlo sobre el camión, la unidad debe de estar parqueada sobre un suelo plano.

Haremos coincidir los alojamientos posteriores de los pines pivot de la tolva con los alojamientos del Frame, para esto maniobramos la tolva con los vientos.

Una vez que los alojamientos del Frame coincidan con los de la tolva haremos descender la tolva hasta que los agujeros de introducción del pin se alineen.

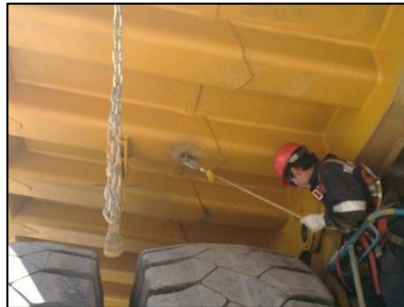
Estaremos siempre pendientes que la tolva no este golpeando o apoyándose sobre los cilindros de izaje.

Guiamos el manipulador GENIE hasta la parte posterior de la unidad, en la plataforma de trabajo de la GENIE izaremos los pines pívot de la tolva y los espaciadores.



Uso de plataformas de trabajo GENIE
Figura N° 110

Previo inicio de las labores de inserción de los pines Pivots de la tolva, ubicaremos el punto de anclaje en la tolva y nos enganchamos usando una línea de posicionamiento.



Uso de línea de posicionamiento
Figura N° 111

El peso de los pines Pivots de la tolva es de 41 Kg.

Posicionamos el pin pivot (Ítem-1) y coordinando con el rigger maniobramos la tolva hasta que el pin pueda ser insertado en los alojamientos.



Instalación de Pines Pivots
Figura N° 112 y 113.

Verificamos la holgura de los alojamientos de la tolva, insertando espaciadores según sea el juego de la tolva en el punto de anclaje del chasis.

Realizamos este procedimiento para ambos lados de los anclajes pivot de la tolva.

Una vez anclada la tolva por los puntos pivotantes al chasis de la unidad, descenderemos por completo la tolva hasta apoyarla en los largueros del chasis.

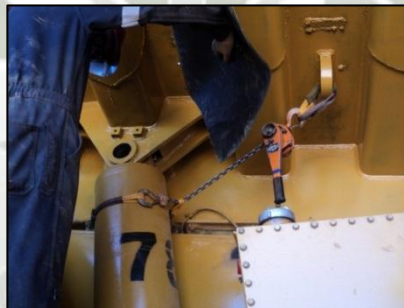
Verificamos durante el descenso que los alojamientos de los pines de Izaje no golpeen con los cilindros de izaje.

Liberamos los estrobos y grilletes de la tolva haciendo uso del manipulador GENIE, los grilletes que liberemos los guardaremos en la plataforma de trabajo de la GENIE.



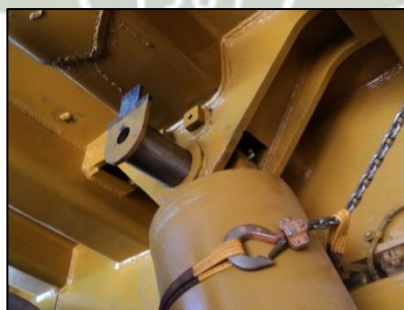
Desmontaje de eslingas
Figura N° 114

Una vez liberada la tolva de los estrobos de la grúa guiamos la unidad hasta la zona de trabajo para proceder con el acople de los cilindros de izaje a la tolva
Para hacer acoplar el cilindro a la tolva, usaremos un tecele de 1.5 TON para jalar el cilindro hasta hacerlo insertar en el los alojamientos de la tolva.



Acople de Cilindros de izaje a tolva
Figura N° 115

Hacemos coincidir los alojamientos de izaje tanto del cilindro como los de la tolva e insertamos el pin de izaje con los espaciadores a cada extremo de este.



Instalación de Pin Izaje
Figura N° 116

Insertar el pin e instalar sus seguros de posicionamiento.

34 Calibración PAD's de Tolva

Finalizada el acople de la tolva seguidamente calibraremos los PAD's de esta, para evitar golpes durante el descenso de la tolva.

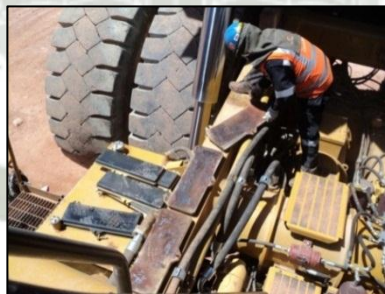
Izamos la tolva y procedemos a instalar un taco de medidas especiales para poder soportar la tolva durante el proceso de calibración.



Instalación de tacos de seguridad para calibración de tolva
Figura N° 117 y 118

Descendemos la tolva hasta hacer que esta se asenté en los tacos por completo soportando el peso de la tolva, esta altura será la indicada para poder trabajar bajo el componente.

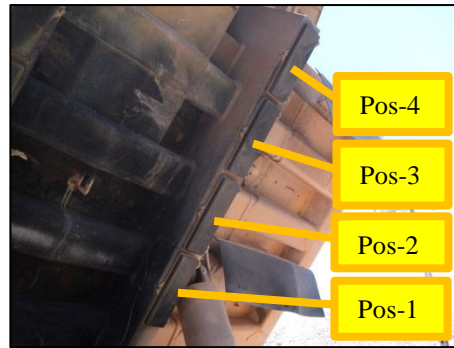
Retiraremos todos los pads's antiguos de la tolva y los posicionaremos los pad's nuevos en línea sobre los largueros del chasis.



Calibración de tolvas y shines
Figura N° 119

La medida que tomaremos de shines (Item-8) para iniciar la calibración es de:

- Posicion-1: 1 Shim
- Posicion-2: 2 Shines
- Posicion-3: 3 Shines
- Poscion-4: 4 Shines



Posiciones de Pads de tolva

Figura N° 120

Seguido izaremos y descenderemos la tolva consecutivamente verificando el estado actual del descenso, para aliviar el golpe al descender la tolva iremos aumentando y disminuyendo shines.

Cuando logremos una medida de shines que disminuye el golpe de la tolva al descender verificaremos que el Pad basculante quede libre, de lo contrario será necesario seguir aumentando shines hasta liberar el pad basculante.

Finalizando con el proceso de calibración instalamos los pad's con la medida de shines necesaria en cada uno a la tolva usando los pernos, washers y nuts de anclaje.



Instalación de Pad's de tolva

Figura N° 121

Instalamos las líneas de engrase a los Bearings y pin de izaje del cilindro de izaje.

35. Calibración de divergencia.

Para realizar la calibración de la divergencia en los neumáticos delanteros izaremos la parte delantera del chasis, instalando una gata hidráulica en el tubo de unión de las suspensiones hasta que los neumáticos delanteros queden en el aire.



Izaje de Chasis
Figura N° 122



Instalación de tranca-llantas
Figura N° 123

Previa liberación de los frenos de parqueo, debemos evitar que la unidad se mueva, para esto usaremos tranca llantas en los neumáticos posteriores, tanto adelante como atrás de la llanta.

Marcaremos un punto guía en la parte delantera de los neumáticos delanteros, a la misma altura en ambos neumáticos y con ayuda de una wincha mediremos la distancia entre los neumáticos y la anotamos (Medida #1)



Medición de Divergencia
Figura N° 124

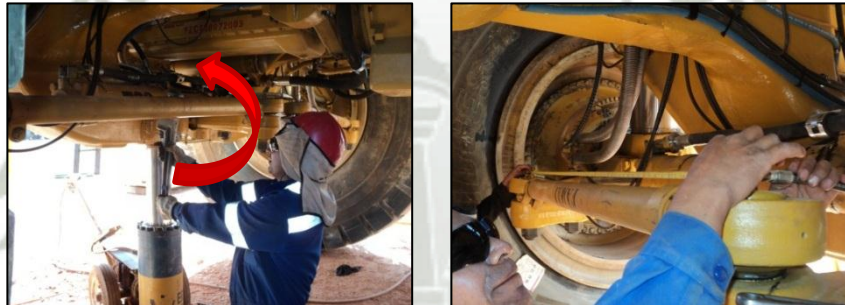
Anotamos la medida obtenida entre neumáticos y giraremos ambas llantas hasta que nuestro punto centro se encuentre en la parte posterior del neumático, a la misma altura que teníamos en la parte delantera.



Giro de Neumático delantero
Figura N° 125

Medimos la distancia obtenida una vez girados los neumáticos y la anotamos (Medida #2).

La diferencia de medida delantera con la posterior deseada entre centros es de 5.54 cm para poder lograr esta medida necesitamos cerrar o abrir la divergencia de los neumáticos girando las barras de dirección para poder acercar o alejar los sockets de sujeción.



Giro de barras de dirección para calibrar divergencia
Figura N° 126 y 127.

Medimos la distancia entre centros de los ballstuds conforme abrimos o cerramos los brazos de dirección, la medida obtenida en un brazo de dirección será la misma medida que debemos obtener en la otra barra.

Cuando finalizamos la divergencia en las barras de dirección ajustamos las abrazaderas en cada extremo de estas, la distancia de las abrazaderas al borde de las barras debe de ser de 1mm.

ANEXO N° 3

**TABLA DE PROPIEDADES ACERO
ESTRUCTURAL ASTM A-514**

Especificaciones Acero ASTM A-514



Aceros Estructurales de alta resistencia mecánica

Los aceros estructurales de alta resistencia mecánica se caracterizan por su fácil soldabilidad y conformabilidad. Dentro de ellos destacan los aceros utilizados para aplicaciones estructurales donde se requiere de altos límites de fluencia, como los aceros ASTM A-514, de tal forma de utilizar materiales de menores espesores lo que se traduce en estructuras o componentes más livianos. Los aceros de alto creep, o bien alta resistencia a la deformación plástica a altas temperaturas, como el acero 15Mo3, son usualmente utilizados para fabricar componentes que están bajo temperaturas mayores a las del ambiente. Su uso permite garantizar una vida útil sin que se presenten deformaciones importantes en la estructura a pesar de su exposición a las altas temperaturas.

Composición química (máximo %)

Acero	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V+Nb	B	Otros
ASTM A-514	0,18	0,50	1,60	1,50	0,60	1,50	1,0	0,004	-
15 Mo 3	0,16	0,40	0,60	-	0,30	-	-	-	max.Cu=0.3

Propiedades mecánicas mínimas en condiciones de temperatura ambiente:

Acero	Límite de Fluencia (N/mm ²)	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Alargamiento (%)	Energía de Impacto Charpy (J) -60°C
ASTM A-514	690	940	15	30/27
15 Mo 3	295	570	23	50

Variación del límite de fluencia en función de la temperatura del material 15Mo3:

100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	800°C
264	245	225	205	180	170	160	155	150	-	-

Espesores de stock: de 10 a 100 mm. Dimensiones estándares, 2000 x 6000 mm. Para otras dimensiones, contactamos para importaciones directas.

Aplicaciones tradicionales

Para el material ASTM A-514, se recomienda preferentemente para estructuras de alta exigencia mecánica y soldabilidad, tales como puentes grúas, brazos telescópicos, puentes, brazos de levante, etc.

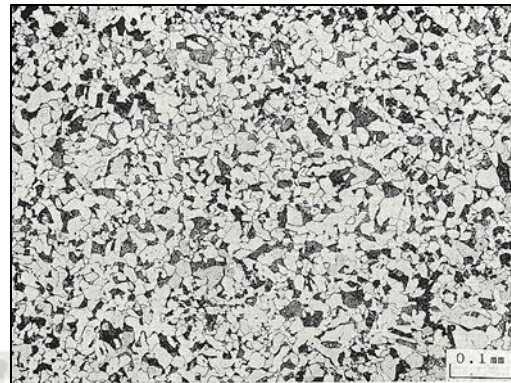
Para el material 15Mo3, se recomienda su uso en la fabricación de componentes a presión, boilers, ductos expuestos a altas temperaturas, convertidores de fundición, etc.



ANEXO N° 4

PATRONES METALOGRAFICOS

PATRON FERRITA



ESTRUCTURA	: La matriz blanca es ferrita las partes negras son perlita.
AMPLIACION	: X 200
AGENTE REACTIVO	: 3% de nital (mantenerlo por 7 – 8 segundos).
COMPOSICION	: C= 0.22%, Si= 0.30%, Mn= 0.72%, P= 0.051%, S= 0.013%
TRATAMIENTO TERMICO	: Conservar el acero fundido a 900°C por 1 hora, enfriando por aire
DUREZA	: H _B 120
RESISTENCIA A LA TENSION	: 50 Kg/mm ²
ELONGACION	: 20%

NOTA

El hierro fundido maleable de núcleo blanco es producido por la decarburización del hierro blanco en lingotes (2.8 – 3.2%, Si 0.6 – 0.8%) empaquetado en caja de acero con el óxido férrico en polvo de 850 – 900°C por 3 a 5 días y enfriado a temperatura interior durante 2 días.

El óxido férrico, magnetita, del tamaño del grano de arroz se usa a escala industrial, y la hematita es frecuentemente usada con granos de cal a fin de suavizar su poder de oxidación. En la caja el oxígeno producido reacciona con el carbón del hierro en lingotes produciendo CO o CO₂ el cual sale de la superficie del carbón del hierro en lingotes se difunde a la superficie y esta reacción de oxidación va al interior de la pieza es rica en perlita y resulta mala para ser forjada. La fotografía muestra la parte rica en ferrita cercana a la superficie y las fotografías 24.1 y 24.2 muestran la micro estructura de la capa superficial y la micro estructura que contiene estructuras de ferrita y perlita en el interior de la pieza.

PATRON MARTENCITA



ESTRUCTURA	: Los glóbulos blancos de cementita están distribuidos en la matriz de martensita.
AMPLIACION	: X 400
AGENTE REACTIVO	: 3% de nital (conservando de 13 – 14 segundos).
COMPOSICION	: C= 1.13%, Si= 0.17%, Mn= 0.45%, P= 0.022%, S= 0.009%
TRATAMIENTO TERMICO	: La muestra de perlita globular es calentada sobre 800°C y se apaga en agua a 100°C de temperatura.
DUREZA	: H _{RC} 65 – 66

NOTA

La fotografía muestra la dispersión de la cementita globular blanca (Fe_3C) en matriz fina la martensita templada. Se puede escoger la temperatura de apagado en el punto A_1 y la línea A_{cm} después de la esfericidad de la cementita libre, en el caso del acero hiper-eutectoico.

Lo mas importante es la temperatura de calentamiento y el periodo de mantenimiento, en el cual toda la cementita primeria no se disuelve en austenita si no que algunas cementitas globulares se dispersan en la matriz. Esta operación está acompañada con el templado aproximadamente 120 °C en la última etapa, a través de la cual se precipitan carburos no visibles. Hay muchas cementitas globulares sin disolver el austenita a baja temperatura de apagado. Por otro las cementitas se disuelven en austenita y los gramos de austenita se disuelven gruesos a alta temperatura de apagado.

Es necesario evitar el sobrecalentamiento para conservar la resistencia al duro trabajo de la herramienta, cuchillo y matriz.

ANEXO N° 5

**ESQUEMA COSTO DE COMPRA CHASIS
NUEVO**

Sesión B - [24 x 80]

Archivo Edición Vista Comunicación Acciones Ventana Ayuda

Sistema principal: FESA400 Puerto: 23 ID de estación de trabajo: ARSE3489

R0860 PARTS INV GTL PARTS AVAILABILITY PC309356C
Order Cust Part Prce Cost End B0 Srch Prce
Qty Part Number T SOS No Cls Cntr Use Store Pgm
1 5T-5628 N 000 USD 10 Y
Make: Model: FT Ind: Y
Make: Model: USD 10 Dsc: .00
USD CUSTOMER

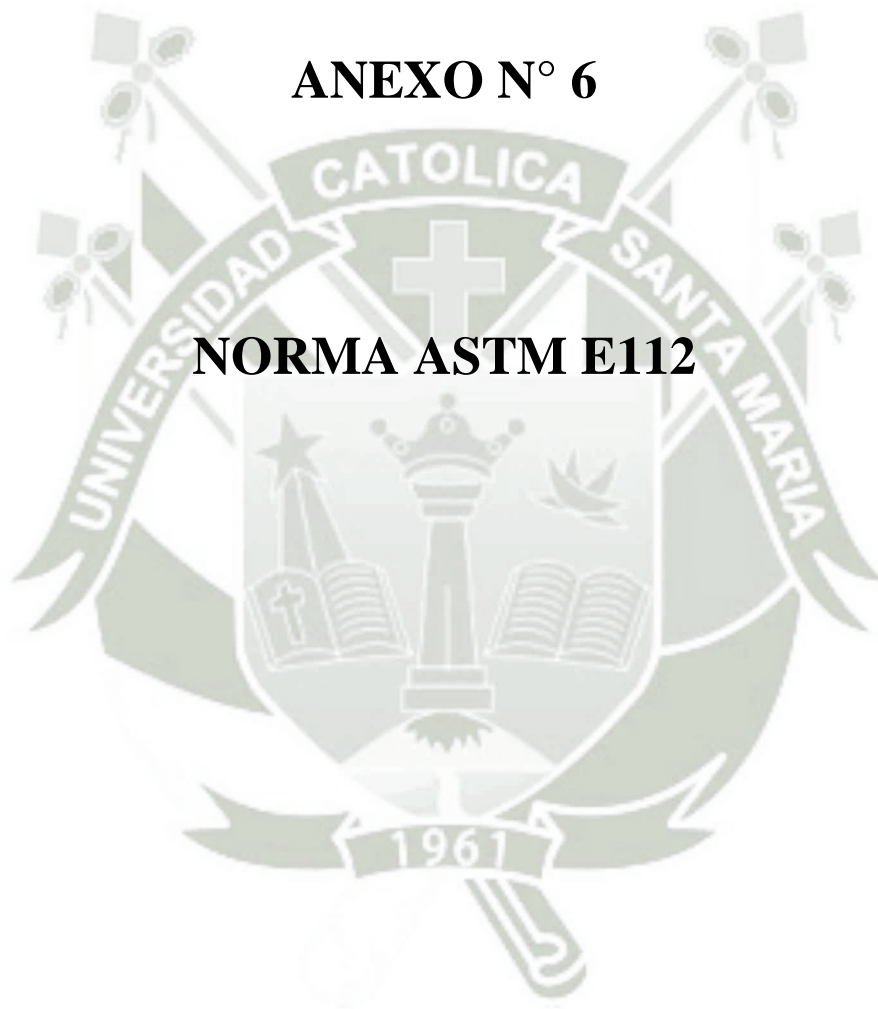
DESCRIPTION WEIGHT UM P/Q A STATUS CC BEG USE
FRAME A .0 PC 1 S PR 9K FBM
REPLACING: SOS PART NUMBER QTY RQD
** SEE NPR MICROFICHE ** ** SEE NPR MICROFICHE **

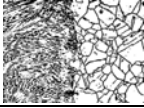
A=Audit Trail Inq, R=Stock Repl. Parts Detail Final
CF04:CAT Avail CF07:CAT Part Info CF08:NPR Inquiry CF03:Fold
CF09:Sum Call/Demand Hist CF11:Dispon.MOTORED

MÁ B 05/008
1902 - Sesión iniciada satisfactoriamente \\fsaarequipa103\LEX_X656_A1 activa IP_172.14

ANEXO N° 6

NORMA ASTM E112

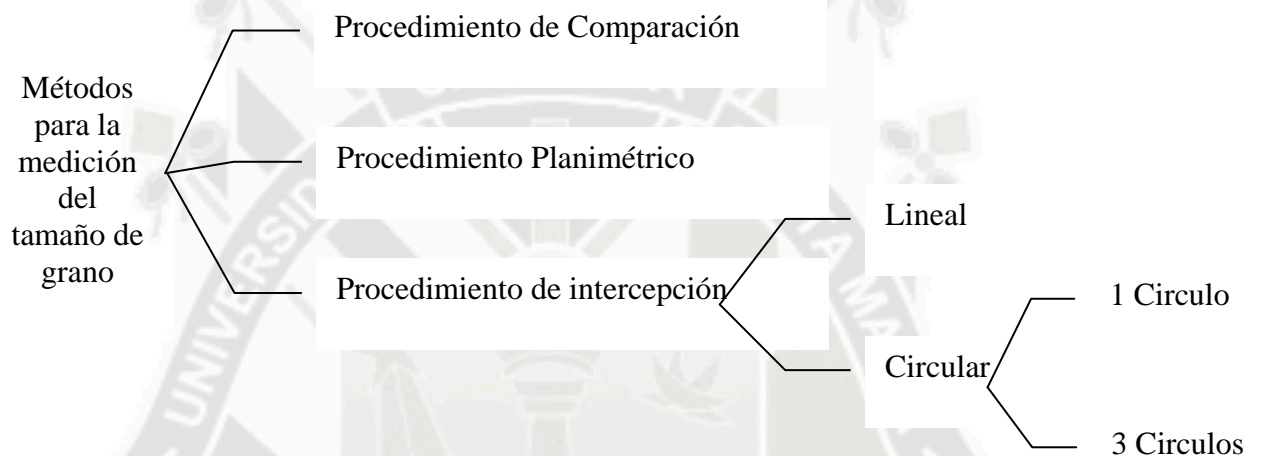




Norma ASTM E112

Método estándar para la determinación del tamaño de grano.

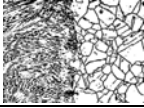
La norma describe distintos métodos para la medición del tamaño de grano, los cuales se clasifican de acuerdo con el gráfico siguiente:



Procedimiento de Comparación: involucra la comparación de la estructura de grano con una serie de imágenes graduadas.

Procedimiento Planimétrico: involucra el conteo del número de granos dentro de un área determinada.

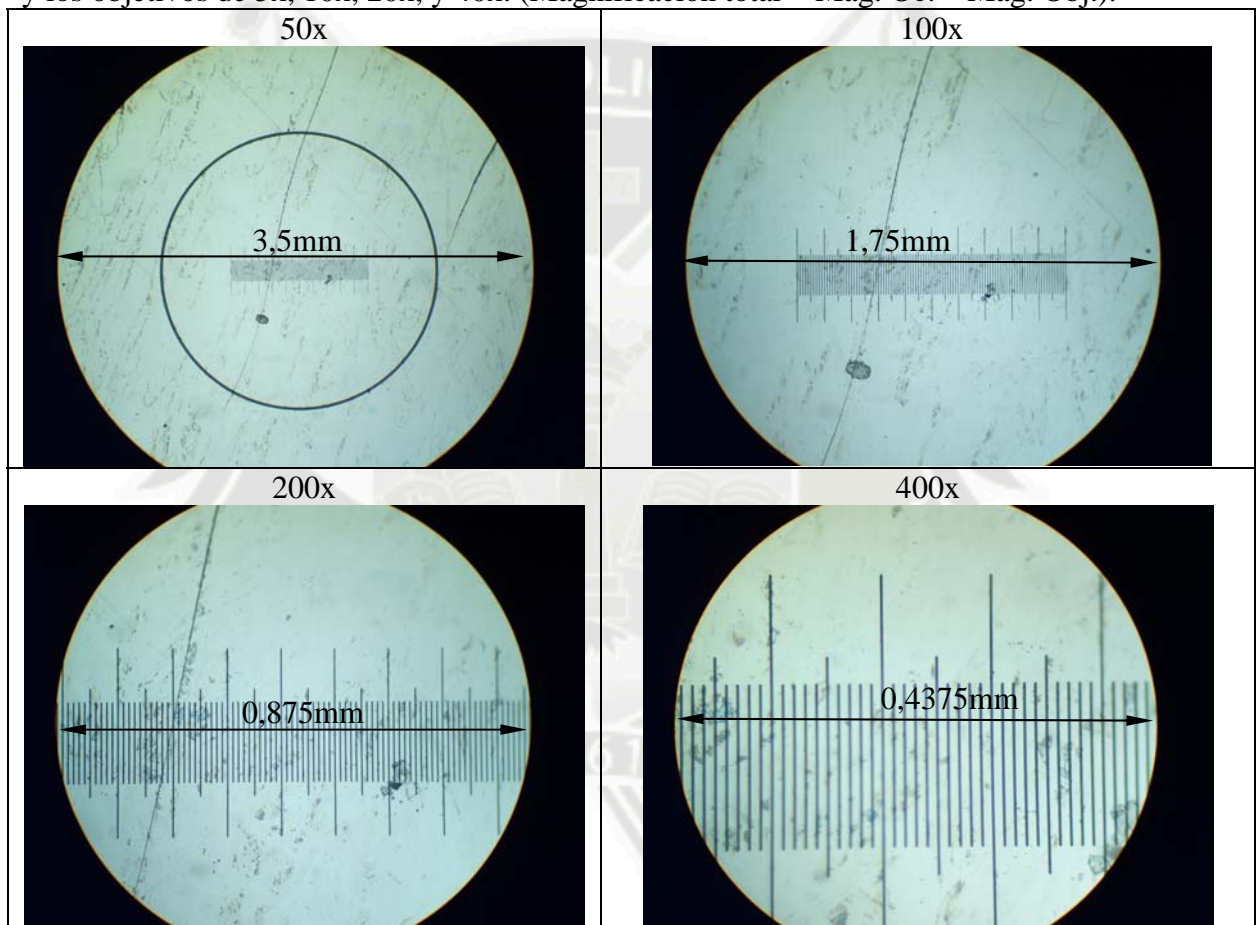
Procedimiento de Intersección: involucra el conteo de los granos interceptados por una línea de ensayo o el número de intersecciones de la línea con los bordes de grano.



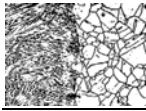
Introducción

Para poder realizar mediciones sobre las imágenes obtenidas en el microscopio es necesario ajustar el tamaño de la imagen en el papel de manera que no se modifique la magnificación obtenida mediante el microscopio. En las imágenes de abajo se midió, mediante la observación de una reglilla en el microscopio, el tamaño real de las imágenes observadas. A partir de esto puede ajustarse el tamaño de las imágenes para que no se vea modificado el zoom obtenido mediante el microscopio.

Tamaño real de las imágenes observadas bajo el microscopio óptico, utilizando el ocular de 10x y los objetivos de 5x, 10x, 20x, y 40x. (Magnificación total = Mag. Oc. * Mag. Obj.).



Para que las imágenes capturadas respeten la magnificación del microscopio, la circunferencia de las imágenes deberán tener en la hoja un diámetro de 175mm. De esta manera, las distancias medidas sobre el papel estarán relacionadas con las distancias reales sobre la probeta mediante la magnificación M utilizada en el microscopio.



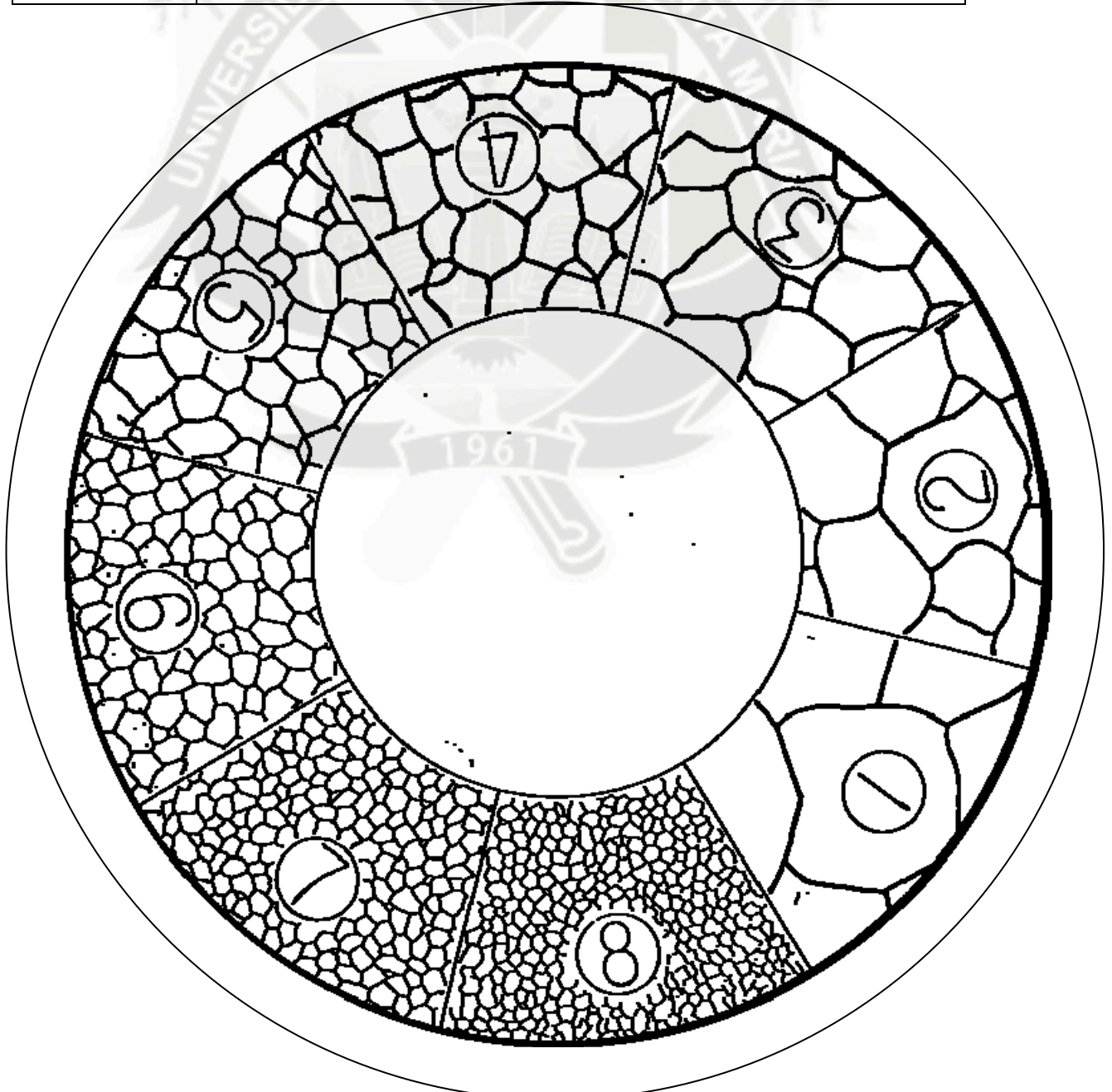
Procedimiento de Comparación

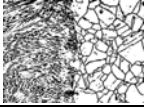
En el laboratorio se cuenta con un ocular especial para la medición del tamaño de grano mediante el procedimiento de comparación. En la fotografía de abajo se observan las distintas plantillas de comparación visualizadas a través de dicho ocular.

El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones.

El número de cada plantilla corresponde al tamaño de grano “G” si se está observando la probeta con una magnificación de 100x. En caso de utilizar otra magnificación debe corregirse este valor mediante la suma del factor de corrección Q.

Magnificación M	Factor de corrección Q (para Mb=100x) $Q = 6,64 \text{Log}_{10} \left(\frac{M}{Mb} \right)$
50x	-2
100x	0
200x	2
400x	4





Procedimiento Planimétrico

La imagen de abajo muestra en el centro un círculo con una superficie de 5000mm^2 . El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm , y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones. El tamaño de grano “G” se calcula a partir de las tablas 4 y 5 de la Norma ASTM E112.

$$N_A = \text{granos por mm}^2$$

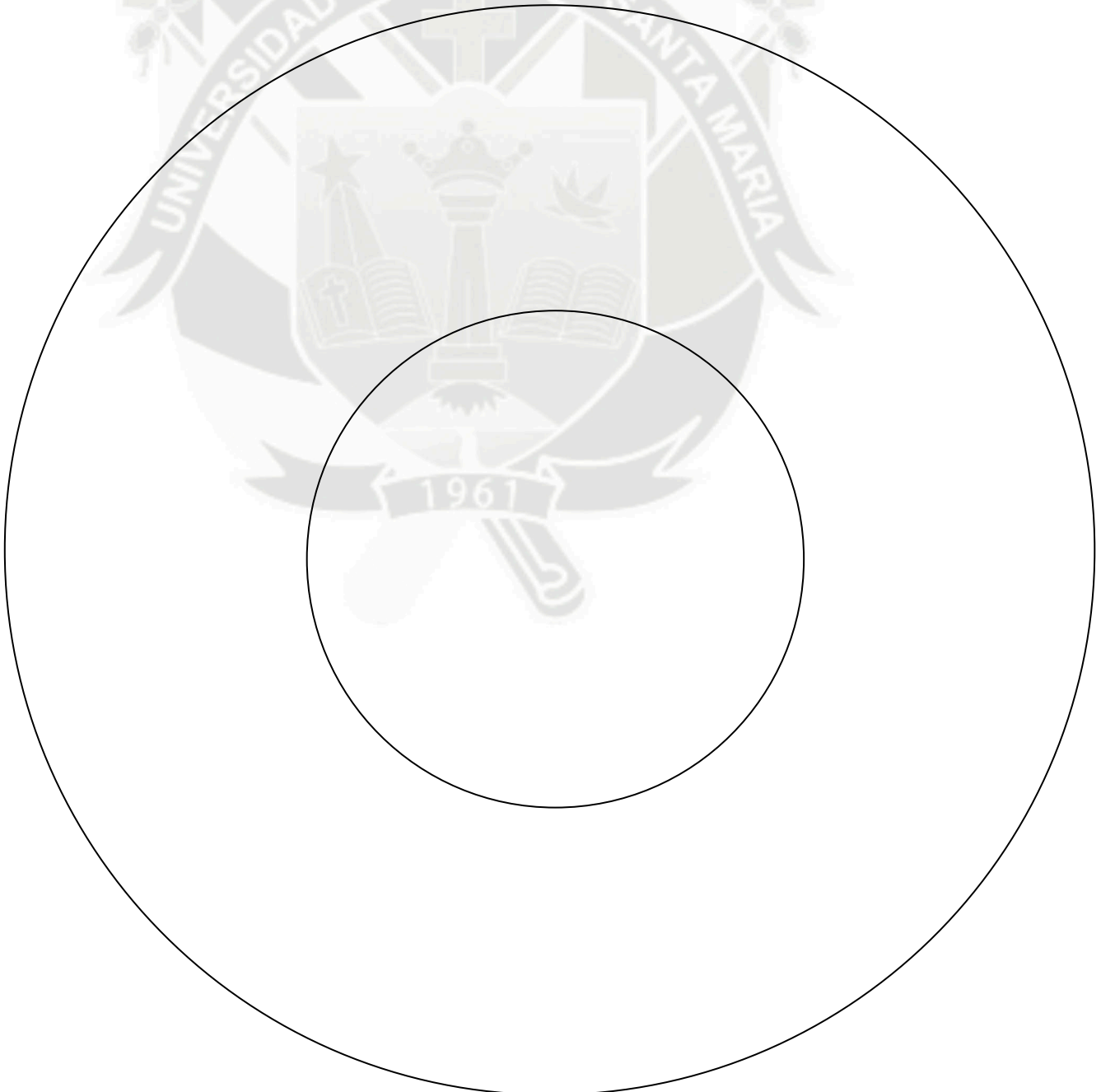
$$N_{\text{INTERNO}} = \text{número de granos dentro del círculo}$$

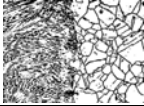
$$N_{\text{INTERCEPTADO}} = \text{número de granos interceptados por el círculo}$$

$$f = \text{múltiplo de Jeffries}$$

$$N_A = f \cdot \left(N_{\text{INTERNO}} + \frac{N_{\text{INTERCEPTADO}}}{2} \right)$$

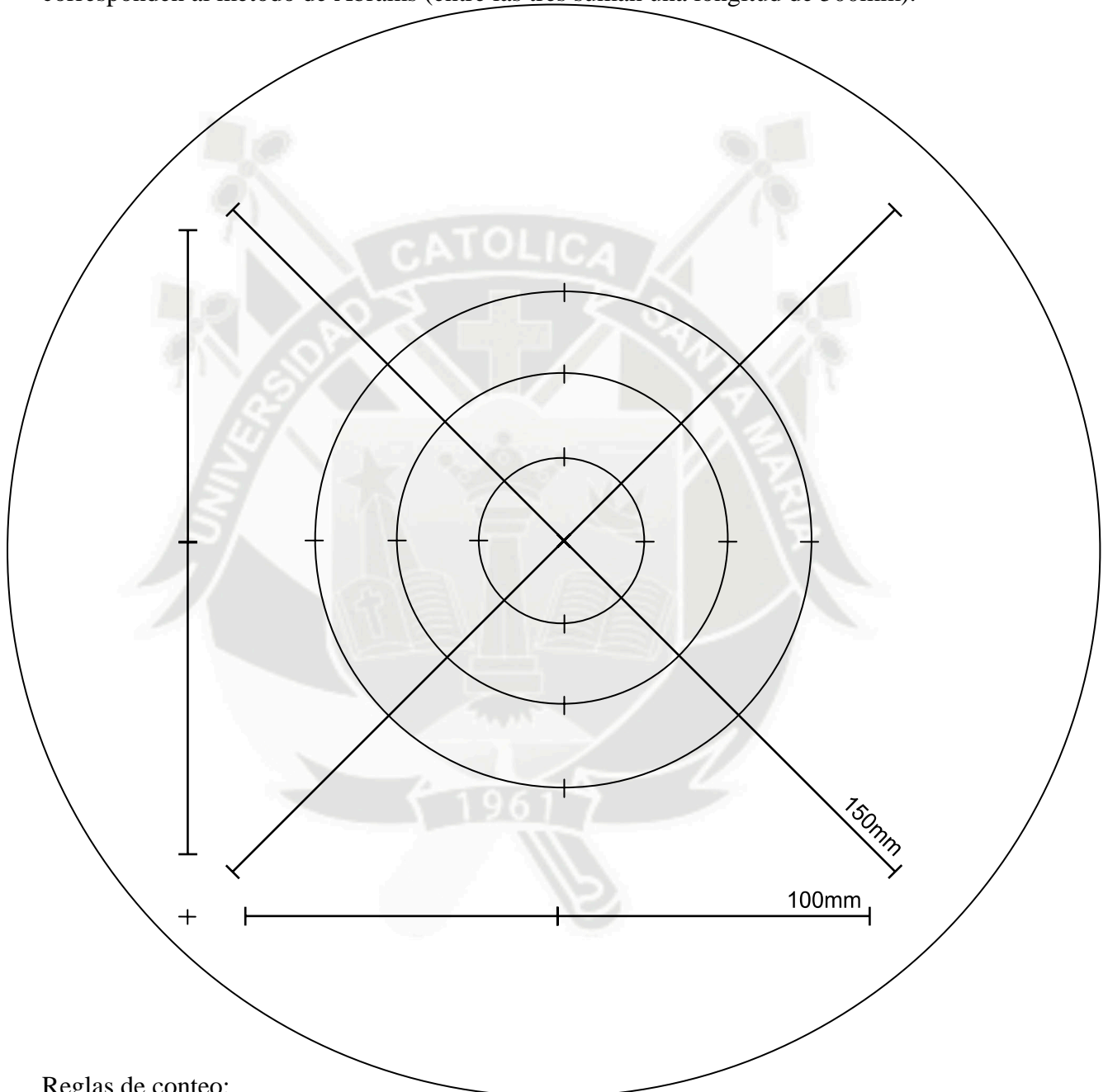
$$\text{Para un área de } 5000\text{mm}^2 \rightarrow f = 0.0002 \cdot M^2 \quad (\text{M} = \text{magnificación})$$





Procedimiento de Intersección

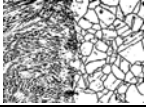
La imagen de abajo muestra las distintas geometrias utilizadas en la medición del tamaño de grano mediante el procedimiento de intersección. Las cuatro líneas rectas de la imagen corresponden al método de Heyn. El método de Hilliard utiliza una circunferencia generalmente de 100, 200 o 250 mm de perímetro. Las tres circunferencias de la imagen corresponden al método de Abrams (entre las tres suman una longitud de 500mm).



Reglas de conteo:

Una intersección es un segmento de la línea de ensayo que pasa sobre un grano. Una intersección es un punto donde la línea de ensayo es cortada por un borde de grano. Cualquiera de los dos puede contarse con idénticos resultados en un material monofásico. Cuando se cuentan intersecciones, los segmentos al final de la línea de ensayo que penetran dentro de un grano, son anotados como media intersección. Cuando se cuentan intersecciones, los puntos extremos de la línea de ensayo no son intersecciones y no son contados excepto cuando tocan exactamente un borde de grano, entonces debe anotarse 1/2 intersección. Una intersección coincidente con la union de tres granos debe anotarse como 1 1/2.

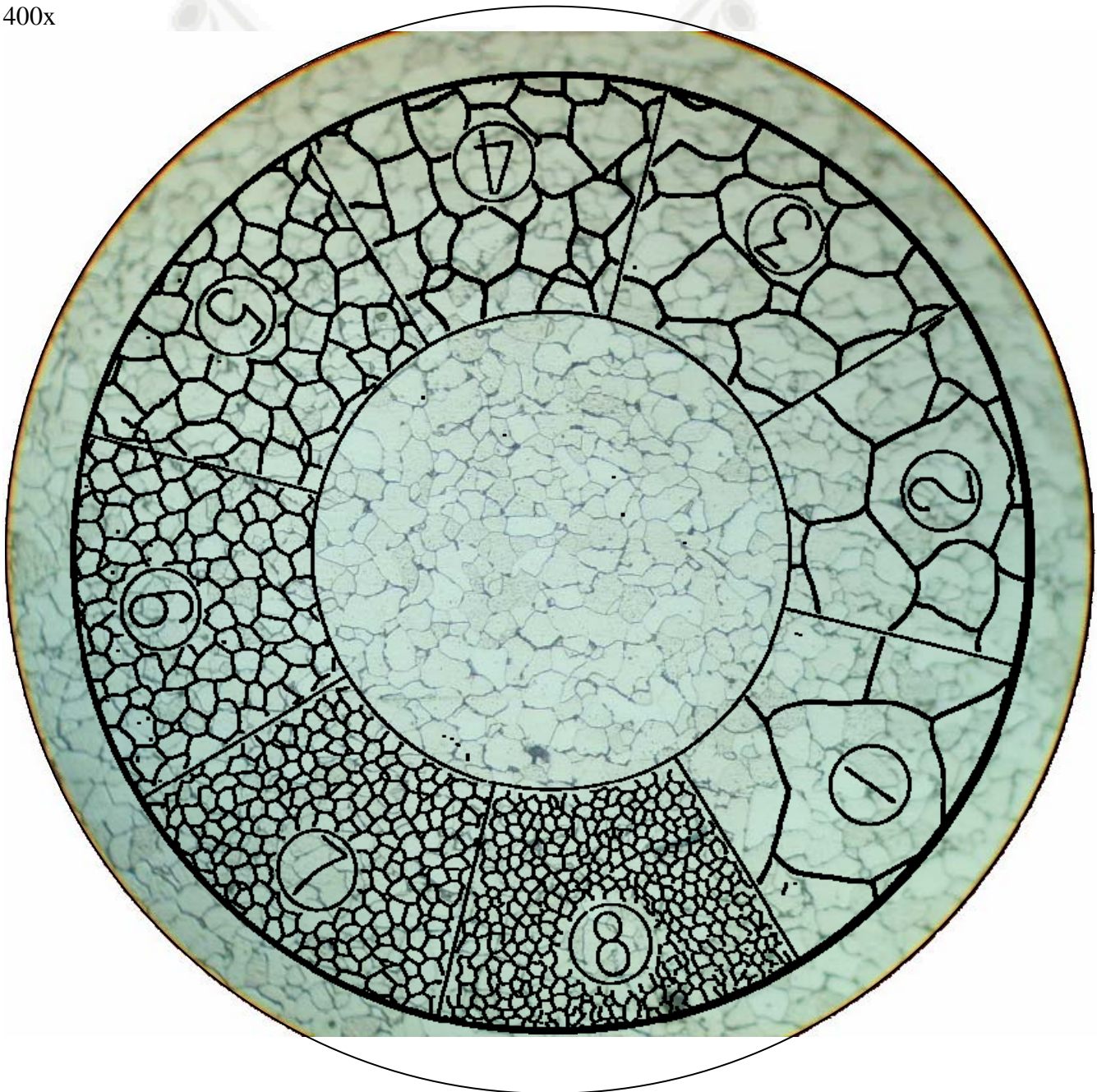
$$\bar{N}_L = \frac{N_i}{L/M} \quad G = (6.643856 \cdot \log_{10} \bar{N}_L) - 3.288$$



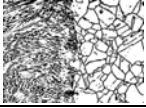
Ejemplo 1 Procedimiento de Comparación

Magnificación M	Factor de corrección Q (para Mb=100x) $Q = 6,64 \text{Log}_{10} \left(\frac{M}{Mb} \right)$
50x	-2
100x	0
200x	2
400x	4

400x

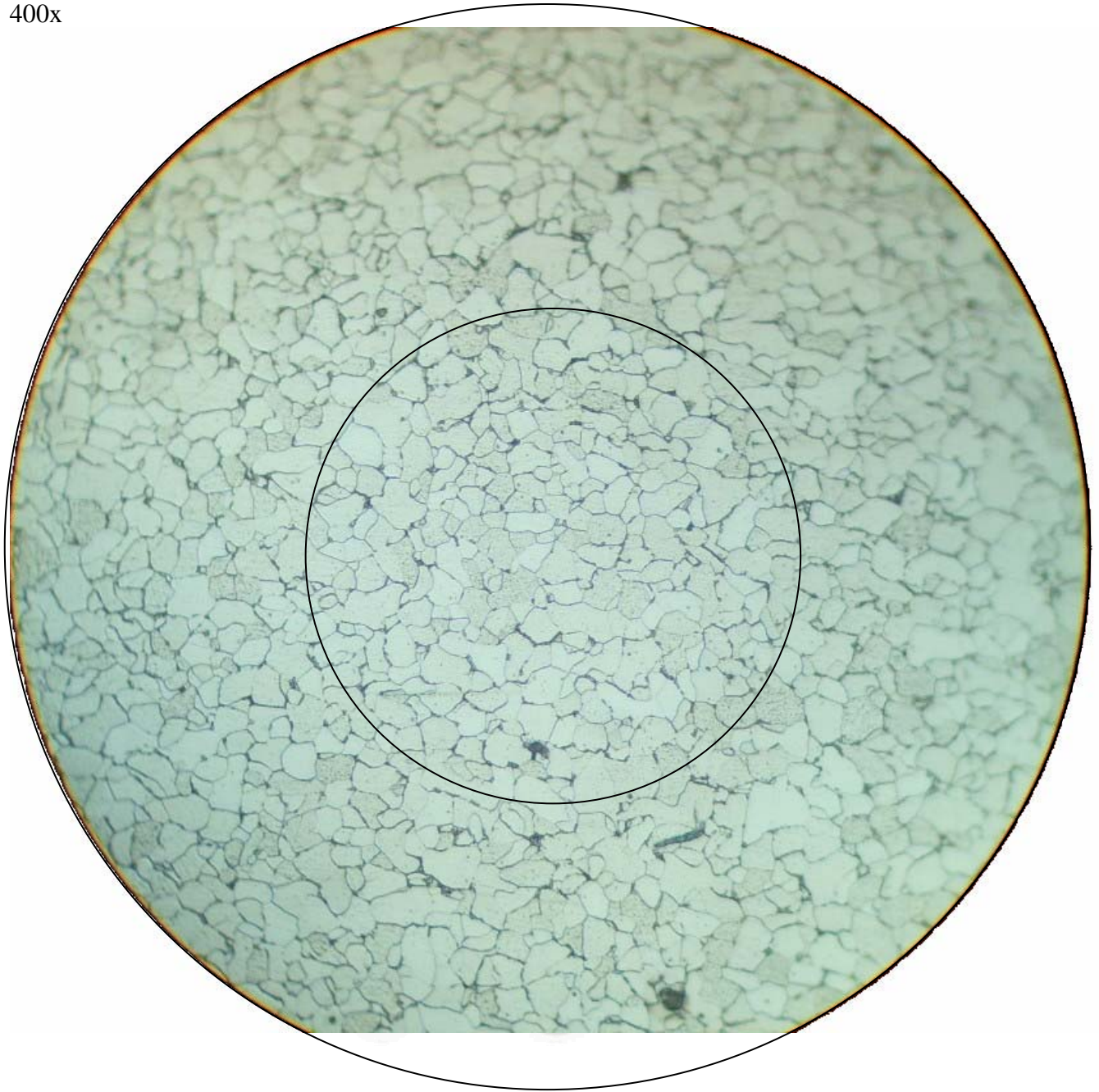


Tamaño observado = 6
Factor de corrección (400x) = +4
G = 6+4 = 10



Ejemplo 2 Procedimiento de Planimétrico

400x



$$N_{INTERNO} = 175$$

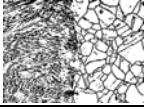
$$N_{INTERCEPTADO} = 23$$

$$\text{Para un área de } 5000\text{mm}^2 \rightarrow f = 0.0002 \cdot 400^2 = 32$$

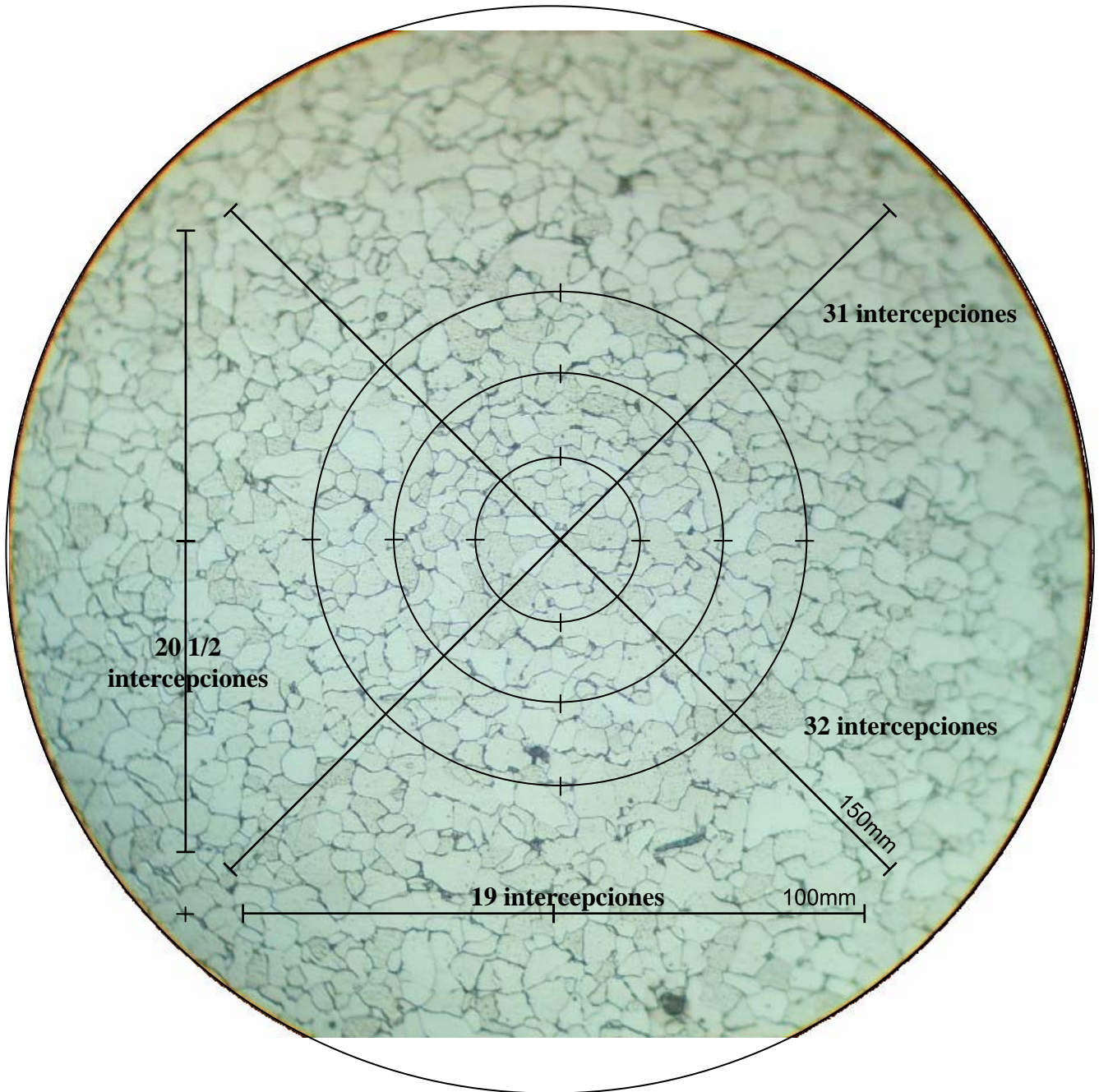
$$N_A = f \cdot \left(N_{INTERNO} + \frac{N_{INTERCEPTADO}}{2} \right) = 6304$$

De Tabla

$$G = 9,5 - 10$$



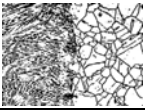
Ejemplo 3 Procedimiento de Intersección (Lineal)



$N_i = 102,5$ (Granos interceptados)

$$\bar{N}_L = \frac{N_i}{L/M} = \frac{102,5}{500/400} = 81 \text{ (Número de granos x mm)}$$

$$G = (6.643856 \cdot \log_{10} \bar{N}_L) - 3.288 = 9,41 \text{ (Tamaño de grano)}$$



ASTM E 112

TABLE 4 Grain Size Relationships Computed for Uniform, Randomly Oriented, Equiaxed Grains

Grain Size No. G	\bar{N}_A Grains/Unit Area		\bar{A} Average Grain Area		\bar{d} Average Diameter		\bar{T} Mean Intercept		\bar{N}_L
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	mm ²	μm ²	mm	μm	mm	μm	
00	0.25	3.88	0.2581	258064	0.5080	508.0	0.4525	452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290	129032	0.3592	359.2	0.3200	320.0	3.12
0.5	0.71	10.96	0.0912	91239	0.3021	302.1	0.2691	269.1	3.72
1.0	1.00	15.50	0.0645	64516	0.2540	254.0	0.2263	226.3	4.42
1.5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.2136	213.6	0.1903	190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.1796	179.6	0.1600	160.0	6.25
2.5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.1510	151.0	0.1345	134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.1270	127.0	0.1131	113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.1068	106.8	0.0951	95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.00806	8065	0.0898	89.8	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143	1426	0.0378	37.8	0.0336	33.6	29.73
7.0	64.00	992.00	0.00101	1008	0.0318	31.8	0.0283	28.3	35.36
7.5	90.51	1402.9	0.00071	713	0.0267	26.7	0.0238	23.8	42.04
8.0	128.00	1984.0	0.00050	504	0.0225	22.5	0.0200	20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036	356	0.0189	18.9	0.0168	16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025	252	0.0159	15.9	0.0141	14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018	178	0.0133	13.3	0.0119	11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013	126	0.0112	11.2	0.0100	10.0	100.0
10.5	724.08	11223.2	0.000089	89.1	0.0094	9.4	0.0084	8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.000063	63.0	0.0079	7.9	0.0071	7.1	141.4
11.5	1448.15	22446.4	0.000045	44.6	0.0067	6.7	0.0060	5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.000032	31.5	0.0056	5.6	0.0050	5.0	200.0
12.5	2896.31	44892.9	0.000022	22.3	0.0047	4.7	0.0042	4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.000016	15.8	0.0040	4.0	0.0035	3.5	282.8
13.5	5792.62	89785.8	0.000011	11.1	0.0033	3.3	0.0030	3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.000008	7.9	0.0028	2.8	0.0025	2.5	400.0

