



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Análisis de fallas para la determinación del desgaste de pines de
unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora CAT 336.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

García Hernández, Eduard Yhony (ORCID: 0000-0001-6756-4087)

ASESOR:

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0001-9027-6358)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mis padres, por brindarme sus consejos y el apoyo incondicional en cada momento de mi vida y a mi esposa e hija que me apoyaron de manera incondicional durante mi Formación Profesional para lograr ser un Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Eduard Yhony

Agradecimiento

El agradecimiento a todos y cada uno de los integrantes de esta prestigiosa universidad cesar vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica eléctrica, empezando desde el área de servicios y a todos los profesionales que lo conforman, ya que gracias a ellos y a su esfuerzo se está logrando el objetivo de ser profesional.

Eduard Yhony

Índice de Contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice De Contenidos	iv
Índice De Tablas	v
Índice De Figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, Muestra Unidad de Análisis	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.5. Procedimiento de recolección de datos.....	12
3.6. Métodos de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	49

Índice De Tablas

Tabla 01. <i>Dimensiones del pin.</i>	15
Tabla 02. <i>Composición química del pin desgastado.</i>	17
Tabla 03: <i>Dureza (HRC) obtenidos y evaluados en los respectivos puntos del pin desgastado.</i>	20
Tabla 04. <i>Dureza obtenida de la capa de temple superficial del pin desgastado.</i>	22
Tabla 05. <i>Composición química del pin del pin nuevo.</i>	26
Tabla 06. <i>Dureza (HRC) obtenidos y evaluados en los respectivos puntos del pin nuevo.</i>	28
Tabla 07. <i>Dureza obtenida de la capa de temple superficial en el pin nuevo.</i>	30
Tabla 08. <i>Características mecánicas de los materiales empleados.</i>	33
Tabla 09. <i>Comparación de su composición química de pin nuevo y pin desgastado.</i>	38
Tabla 10. <i>Comparación de la dureza (HRC) obtenidos en los respectivos puntos de ambos pines en la parte superficial.</i>	38
Tabla 11. <i>Comparación de la dureza por profundidad de capa de temple superficial en ambos pines.</i>	39

Índice De Figuras

Figura 01. Ensayo rockwell con cono.....	8
Figura 02. Ensayo rockwell con bola.....	8
Figura 03. Posición real del pin antes del desmontaje.....	14
Figura 04. Desmontaje del pin.....	14
Figura 05. Condiciones del pin.....	15
Figura 06. Medición en la parte desgastada del pin.....	15
Figura 07. Maquina para corte de las probetas (BAINCUT - M)	16
Figura 08. Durómetro analógico, escala rockwell C.....	18
Figura 09. Durómetro portátil universal digital, escala Rockwell C.	18
Figura 10. Medición de dureza del pin en la posición A.....	19
Figura 11. Medición de dureza del pin en la posición B (zona de desgaste):.....	19
Figura 12. Medición de dureza del pin en la posición C.	20
Figura 13. Pin desgastado con los tres puntos para ensayo de dureza.	20
Figura 14. Fotografía de la capa superficial del pin desgastado.....	21
Figura 15. Probeta obtenida para medir dureza por capa del pin desgastado.	21
Figura 16. Perfil de dureza según espesor de capa de temple superficial en el pin desgastado... ..	22
Figura 17. Microscopio estereográfico.	23
Figura 18. Microscopio Metalográfico Leica de 50-1000x.....	23
Figura 19. Probetas encapsuladas para la realización del análisis metalográfico de los pines.	24
Figura 20. Fotografía de la zona de temple del pin desgastado.	24
Figura 21. Fotomicrografía del núcleo del pin desgastado.	25
Figura 22. Durómetro analógico, escala rockwell C.....	27
Figura 23. Durómetro portátil universal digital, escala rockwell C	27
Figura 24. Zonas de medición de dureza del pin nuevo en la posición A, B Y C.	28
Figura 25. Fotografía de la capa superficial del pin.	29
Figura 26. Probeta obtenida para medir dureza por capa del pin nuevo.....	29
Figura 27. Perfil de dureza según espesor de capa de temple superficial en el pin nuevo.....	30
Figura 28. Probeta obtenida del pin nuevo para análisis metalográfico.	31
Figura 29. Fotomicrografía en la zona de temple del pin nuevo.	32
Figura 30. fotomicrografía del núcleo del pin de articulación nuevo.	32
Figura 31. Diseño en el software de las partes involucradas para el análisis de esfuerzos.....	33
Figura 32. Factor de seguridad.	34
Figura 33. Esfuerzo promedio	35
Figura 34. Desplazamiento.....	36
Figura 35. Deformaciones unitarias.....	37
Figura 36. Fotomicrografía de la microestructura superficial de ambos pines.	40
Figura 37. Fotomicrografía del núcleo de ambos pines.	40

Resumen

La presente investigación titulada “Análisis de fallas para la determinación del desgaste de pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora CAT 336” tuvo como objetivo general, aplicar el análisis de falla para la determinación del desgaste de los pines de unión de los cilindros hidráulicos de la excavadora cat 336.

Se realizó una investigación del tipo aplicada, y según su diseño de investigación experimental. Como población se tuvo una excavadora cat 336 y como muestra se obtuvo el pin nuevo y el pin que sufrió desgaste prematuro, con lo cual se preparó las probetas para el análisis químico, dureza y metalográfico, según normas ASTM-415, ASTM E3 -11 respectivamente. Con lo cual se determinó, su composición química, dureza, y el tipo de temple superficial al que ha sido sometido el pin.

También se ha podido realizar los análisis computacionales de esfuerzos y deformación en software de diseño mecánico solid Works para así poder determinar el comportamiento de los esfuerzos y verificar su factor de seguridad.

Finalmente se concluye afirmando que, al no existir diferencias significativas entre las microestructuras de las capas de temple superficial, características mecánicas y composición química, es poco probable que el motivo de la falla prematura por desgaste estuviera en los materiales de fabricación del pin a causa de una deficiencia de dureza o una composición química no adecuada o un tratamiento termino inadecuado si no por otros factores.

Palabras claves: análisis, falla, desgaste.

Abstract

The present investigation entitled "Analysis of failures to determine the wear of union pins in the hydraulic cylinders of a CAT 336 excavator" had the general objective of applying the failure analysis to determine the wear of the union pins of the cylinders. hydraulic excavators cat 336.

An investigation of the applied type was carried out, and according to its experimental research design. As a population, there was a cat 336 excavator and as a sample the new pin and the pin that suffered premature wear were obtained, with which the specimens were prepared for chemical, hardness and metallographic analysis, according to ASTM-415, ASTM E3 -18, ASTM E3 -11 respectively. With which it was determined, its chemical composition, hardness, and the type of surface hardening to which the pin has been subjected.

It has also been possible to carry out the computational stress and deformation analyzes in solid Works mechanical design software in order to determine the behavior of the stresses and verify their safety factor.

Finally, it concludes by stating that, since there are no significant differences between the microstructures of the surface hardening layers, mechanical characteristics and chemical composition, it is unlikely that the reason for the premature failure due to wear was in the pin manufacturing materials due to a deficiency of hardness or an inadequate chemical composition or an inadequate treatment if not for other factors.

Keywords: analysis, failure, wear.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, las empresas dedicadas al rubro de minería y construcción necesitan de equipo pesado para el movimiento de tierras, el cual requiere que sus equipos cuenten con la mayor disponibilidad posible para operar sin paradas no programadas.

En la actualidad en nuestro país hay un gran número de compañías mineras a tajo abierto, lo cual requiere de maquinaria pesada para el trabajo de percusión de rocas, excavaciones, movimiento de tierra, carguío de material, en el sector minero. Por ello se necesita que estas máquinas estén operativas para cumplir con los trabajos programados a diario, de igual manera estos equipos necesitan tener un mantenimiento adecuado previa identificación de fallas mecánicas, ya que de ello depende la disponibilidad del equipo y el avance del proyecto.

En el informe de investigación se estudió una de las partes de la excavadora hidráulica modelo cat 336, la sección específica de estudio son los pines de unión de los cilindros hidráulicos, estos componentes mecánicos son de vital importancia porque son los encargados de transmitir la fuerza de los cilindros hidráulicos hacia los implementos para poder realizar el trabajo correspondiente, los cuales están expuestos a grandes fuerzas radiales y al desgaste por esfuerzos mecánicos.

Los pines tienen un promedio total de horas de trabajo de 6000 hrs en condiciones apropiadas de trabajo (correcta lubricación y seguimiento periódico), el principal problema que se observó es que dichos elementos mecánicos presentan desgaste prematuro a un determinado tiempo de horas de trabajo de 4500 hrs, por esta razón es que se aplicó el análisis de falla para determinar la causa de este desgaste.

De acuerdo a la realidad problemática anteriormente mencionada en los pines de la articulación de los cilindros hidráulicos de la excavadora cat 336 se planteó el siguiente **problema de investigación** ¿En qué medida el análisis de falla permite determinar las causas del desgaste de los pines de unión de los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336?

En base al problema de investigación se formuló la posible solución al problema como es la **hipótesis** cuya validez será demostrada según los resultados obtenidos para el informe de investigación en mención se planteó lo siguiente: mediante el análisis de fallas podemos determinar las causas del desgaste de los pines de unión de los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336.

El informe de investigación tiene por **objetivo general**: Aplicar el análisis de falla para la determinación del desgaste de los pines de unión de los cilindros hidráulicos de la excavadora cat 336. Para lograr el objetivo general describimos sus **objetivos específicos**:

1. Habilitar las probetas del pin desgastado, para realizar pruebas de laboratorio de análisis químico, ensayo de dureza, análisis metalográfico de los pines, Para su respectivo ensayo mecánico de materiales.
2. Determinar la composición química, ensayo de dureza, análisis metalográfico de un pin sin uso, el cual servirá como testigo.
3. Realizar un análisis de elemento finito en Solid works para determinar esfuerzos.
4. Comparar los parámetros entre el testigo y la muestra de ensayo del pin desgastado.

La presente investigación **se justifica** porque se evaluó y analizó el estado situacional de los pines de unión en los cilindros hidráulicos; en base a análisis y ensayos de laboratorio, mediante ello llegar a la posible solución del porqué del desgaste prematuro de los pines en consecuencia minimizar las paradas no programadas y los grandes costos de mantenimiento.

En el tema **académico** el informe de investigación se justifica porque servirá para otros investigadores puedan aplicar el análisis de fallas a cualquier elemento de los equipos pesados y poder dar posibles soluciones a su problemática.

En el tema **industrial** la investigación permite llegar a determinar las causas del desgaste prematuro de los pines, con el fin de tomar medidas que contribuyan a extender la vida útil, reducir costos de operación y mantenimiento y lograr tener un equipo más eficiente.

II. MARCO TEÓRICO

En la revista titulada “Análisis del desgaste en componentes de cargadores frontales, mediante modelos basados en elementos finitos “el autor nos da a conocer que:

Mediante el presente trabajo, se ha demostrado que es posible realizar un estudio comparativo de los elementos de desgaste que lo componen, mediante aplicaciones que hacen uso del método de los elementos finitos, de esta manera es posible realizar análisis dimensionales del desgaste, a partir de un modelamiento en software en 2D como 3D de los elementos de desgaste . (FUENTES, y otros, 2018)

(IGNACIO, 2016) la tesis titulada “Análisis de Falla de una Pieza en una Empresa Automotriz “concluye que:

El principal resultado logrado es la gran diferencia en cuanto a la velocidad de respuesta o velocidad de corrección de la falla. Donde se logra reducir el tiempo de respuesta, además con el método de análisis de falla se logra resolver los problemas más significativos, por lo tanto, la velocidad de corrección de falla genera una reducción de costos del 40%. (pag.51)

En una importante tesis titulada “seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas “nos da a conocer que:

Una de las herramientas utilizadas en la ingeniería de mantenimiento para poder lograr sus objetivos, es el análisis de falla en sistemas, procesos y/o equipos, el cual permite determinar la causa de origen de los problemas en instalaciones industriales, facilitando la elaboración de propuestas de mejora que reduzcan o eliminen la frecuencia de las fallas. Donde la aplicación de las metodologías de análisis de falla facilita la toma de decisiones acertadas en la estrategia de mantenimiento, optimizando la utilización de los recursos fundamentales de la empresa. (MONCADA, y otros, 2009)

En su tesis titulada “Análisis de fallas mecánicas en el brazo B26XLB del jumbo emperador J0129YA en la compañía minera volcán S.A.A. unidad andaychagua “. nos da a conocer que: “El principal resultado de la investigación indica que con el análisis de fallas pudo lograr analizar las fallas mecánicas en el brazo B26XLB, donde se pudo identificar la causa inmediata que generaba las paradas no programadas”. (JONATHAN, 2017)

En su investigación titulada “Análisis de la falla de un eje de levas de un motor encendido por compresión (Diésel)” nos da a conocer:

Ya que no existe diferencia entre las microestructuras de las capas ni entre los núcleos, se puede concluir que es poco probable que la razón de la falla prematura de los ejes con levas de inyección que presentaron fatiga superficial, tenga su origen en el material o en el proceso de fabricación de los ejes. (MOR02)

Por consiguiente, se tomó información relacionada al tema de investigación que se encontró en libros, tesis, artículos científicos, páginas web, etc.

ANÁLISIS DE FALLAS

El análisis de fallas es una serie de procesos de mejora continua, diseñado para identificar las causas de eventos relevantes que impactan en la seguridad, el ambiente, la producción, la calidad, y para las cuales se deben tomar acciones inmediatas como técnicas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías para optimizar la producción industrial y así evitar la recurrencia y ocurrencia de eventos relevantes similares.

El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto, el análisis de falla está diseñado para:

- a) Identificar los modos de falla.
- b) Identificar el mecanismo de falla.
- c) Determinar la causa raíz.

Causas comunes de falla:

- ✓ Mal uso o abuso de los equipos.
- ✓ Errores de montaje
- ✓ Errores de fabricación
- ✓ Mantenimiento inadecuado
- ✓ Material inadecuado.
- ✓ Mala operación de los equipos
- ✓ Condiciones no previstas de operación
- ✓ Errores de Diseño

Falla

Según (MARTÍNEZ B, 2010) la falla es un suceso después del cual un equipo o sistema completo, deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. La falla es la alteración de la capacidad de trabajo del componente, equipo o sistema. Lo cual no necesariamente una falla es algo catastrófico, sino que se puede definir como cierto grado de desviación de una característica de calidad respecto a su valor nominal.

Causas de una falla

- ✓ Mal diseño, mala selección del material.
- ✓ Imperfecciones del material, del proceso y/o de su fabricación.
- ✓ Errores en el servicio y en el montaje.
- ✓ Errores en el control de Calidad, mantenimiento y reparación.
- ✓ Factores ambientales, sobrecargas.
- ✓ Generalmente una falla es el resultado de uno o más de los anteriores factores.

Deficiencia en el Diseño

Insuficientes criterios de diseño por no tener la información suficiente sobre los tipos y magnitudes de las cargas que serán sometidas los componentes, especialmente

en piezas complejas (No se conocen los esfuerzos a los que están sometidos los elementos).

Deficiencias en la selección del material.

- ✓ Datos poco exactos del tipo de material (composición química, tensión, dureza).
- ✓ Criterios erróneos en la selección del material.
- ✓ Darle mayor importancia al costo del material que a su calidad.

Clasificación de Fallas

Fallas tempranas: Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

Fallas adultas: Son las fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil del componente o equipo. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente.

Fallas tardías: Son las fallas que representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida útil del componente o equipo.

Tratamiento térmico

El tratamiento térmico es la combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento, en tiempos establecidos de tal manera que se obtengan las propiedades deseadas.

Las etapas consisten en el calentamiento de una pieza mecánica a un tiempo determinado para luego ser enfriado de manera controlada, las variables principales que actúan en un proceso térmico son: tipo de acero, tiempo, temperatura y velocidad de enfriamiento.

Diagramas de hierro carbono

El diagrama de equilibrio de Fe - C representan las transformaciones que sufren los aceros al carbono con una determinada temperatura de calentamiento y enfriamiento que se realiza lentamente en un tiempo determinado.

Desgaste

El desgaste en ámbito de la Ingeniería se produce por deslizamiento que se da entre dos superficies solidas lisas con o sin lubricación. mediante movimientos relativos bajo la acción de determinadas cargas, el resultado de este fenómeno es la pérdida del material en la superficie, modificando sus dimensiones y perdida de tolerancias.

Tipos de desgaste

Desgaste por adherencia

Se produce cuando dos superficies se deslizan de manera unidireccional, estableciendo fuerzas adhesivas muy fuertes donde los sólidos van perdiendo pequeñas partículas de material.

Desgaste por abrasión

Se produce por partículas abrasivas producidas por los residuos del desgaste o por partículas extrañas de arena y polvo que están atrapadas en la superficie deslizante y eliminan material por la acción mecánica de un agente de fricción.

Desgaste por fatiga: Se produce durante el deslizamiento repetido que pueden causar fracturas superficiales debido a la carga repetida que conllevan a la destrucción de la superficie del componente mecánico.

Tipos de análisis

Análisis químico

El análisis químico es una técnica que se utiliza para determinar su composición química de un material.

Análisis metalográfico

El análisis metalográfico es una técnica que se encarga de determinar la microestructura de los materiales de fabricación y construcción.

Dureza

“La dureza es la propiedad de la capa superficial de un material que ofrece resistencia a ser rayado o penetrado por un cuerpo más duro bajo esfuerzos”. (FERNÁNDEZ GÓMEZ, 2018).

Métodos para medir la dureza

- ✓ Dureza Brinell (HB).
- ✓ Dureza Rockwell (HRC).
- ✓ Dureza vickers (HV).

Para el presente informe de investigación se utilizó en ensayo de dureza rockwell, el cual determina su dureza de los materiales en función del grado de penetración bajo una carga estática dada el método Rockwell es ideal para evaluar la dureza de aceros templados y duros. (LLANOS OJEDA, 2018).

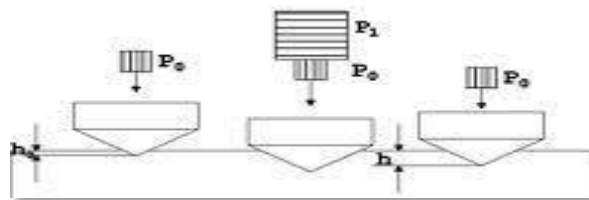


Figura 01. Ensayo rockwell con cono.

Fuente: revista digital de la enseñanza federación de enseñanza de CC. OO: de Andalucía

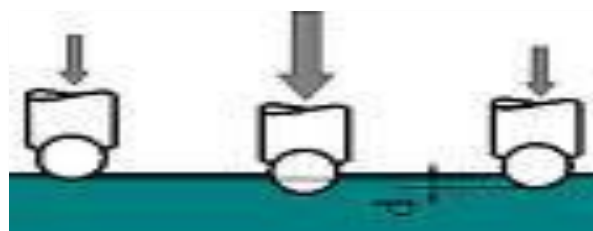


Figura 02. Ensayo rockwell con bola.

Fuente: revista digital de la enseñanza federación de enseñanza de CC. OO: de Andalucía.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación.

El presente informe de investigación “análisis de fallas para la determinación del desgaste de pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336” se utilizó el tipo de **investigación aplicada** este tipo de investigación se caracteriza fundamentalmente por brindar solución a procesos industriales, el enfoque en la investigación es dar una solución específica a la problemática presentada en el desgaste de los pines de la articulación en los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336.

Diseño de Investigación

Cuasi experimental se utiliza este tipo de diseño ya que experimentaremos cambios en la variable independiente, obteniendo resultados para solucionar la problemática como es determinar el desgaste de los pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336, donde el objeto de estudio es un pin seleccionado para recolectar la información necesaria para describir los fenómenos observados en cada una de las pruebas realizadas en el laboratorio, la cual nos ayudará a determinar y describir las causas de las fallas de la pieza mecánica (PIN).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente.

Análisis de falla:

- ✓ Ensayo de dureza.
- ✓ análisis químico.
- ✓ análisis metalográfico.

Variable dependiente.

Determinar el desgaste de los pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336.

Operacionalización

Las tablas de operacionalización de variables se pueden visualizar en el anexo 3.

3.3. Población, Muestra Unidad de Análisis

Población

La población es el conjunto de elementos de estudio, por lo tanto, para el presente informe de investigación es el conjunto de excavadoras cat 336 de empresas cajamarquinas dedicadas al sector de minería y construcción a nivel local donde se aplicará el análisis de fallas.

Muestra

Es el subconjunto de la población para poder realizar el análisis de falla para determinar el desgaste del pin de unión en los cilindros hidráulicos se seleccionó una excavadora cat 336 en la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Unidad de análisis

La unidad de análisis es el pin de la articulación de los cilindros hidráulicos de una excavadora cat 336 en la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICAS

observación

Se realizó un reconocimiento inicial de la excavadora para recolectar la información necesaria del estado situacional de los pines en general en el área de mantenimiento de la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Entrevista estructural

se realizó una encuesta al personal que labora en el área de mantenimiento para obtener el conocimiento que se tiene acerca de la detección de fallas

de las piezas mecánicas de la excavadora cat 336 en la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Revisión documentaria

En el presente proyecto de investigación se usó distintas bases de datos especializadas lo cual está articulado a la revisión de documentación, referente a la problemática, teorías e investigaciones previas relacionadas al tema de análisis de fallas de excavadora cat 336 en la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

INSTRUMENTOS

Ficha de observación

Consiste en describir y explicar la información obtenida de manera presencial de los trabajos de mantenimiento en la excavadora hidráulica y el proceso de desmontaje del pin. Donde se controló los tiempos de desmontaje, personal involucrado, daños en el pin (desgaste, fisuras, deformaciones) de forma que se recogió información directamente de la fuente de trabajo y del problema existente en los pines.

Guía de entrevista

Antes de realizar la entrevista se dispuso de una serie de preguntas plasmadas en papel, el cual se realizó preguntas pertinentes al personal de campo referidas a la vida útil promedio de los pines y el porcentaje promedio de desgaste de acuerdo a las horas de trabajo.

Cedula de cuestionario

Se aplicó una encuesta al personal que labora en el área de mantenimiento para determinar el nivel de conocimiento que tienen acerca de las fallas en los pines de articulación de la maquina en la empresa Ruíz MAQUINARIAS E.I.R.L.

Check list

Se realizará un Check list para saber la situación de los equipos, donde los técnicos de mantenimiento y operadores mencionan las respectivas fallas en la excavadora CAT 336.

VALIDES Y CONFIABILIDAD

Validez

Las técnicas e instrumentos utilizados en el informe de investigación demuestran su validez porque expresa concisamente lo que se quiere medir y refleja el contenido determinado en la investigación.

Confiabilidad

Las técnicas e instrumentos son confiables porque se aplicaron en condiciones similares y los resultados no presentan variaciones significativas en la investigación.

3.5. Procedimiento de recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizaron los instrumentos mencionados anteriormente, los datos recolectados están plasmados en estos documentos y se obtuvieron de manera presencial entre el personal técnico encargado y el investigador dentro del área de mantenimiento de la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

La recolección de datos se obtuvo mediante interacciones verbales, fotografías y hojas de borrador. Estos datos obtenidos son válidos por el personal técnico especializado para ser plasmados en los documentos del informe de investigación.

3.6. Métodos de análisis de datos

Análisis descriptivo

Tomándose en cuenta los análisis de falla para determinar el desgaste del pin de los cilindros hidráulicos de la excavadora cat 336, la información recopilada del lugar afectado por la problemática se identificó el desgaste del pin, el cual nos permitió obtener datos de las zonas afectadas de la pieza mecánica utilizando elementos estadísticos para tabulación, gráficos y figuras obtenidas.

Observación directa

Se observó la problemática de la que carece los equipos, fallas en las piezas mecánicas como es el pin de la articulación en los cilindros hidráulicos de la excavadora cat 336.

3.7. Aspectos éticos

El presente trabajo se considerará varios aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual, el respeto a la ideología y políticas de la empresa.

Además de aplicar el instrumento de recolección de datos se procurará obviar, herir la susceptibilidad de los individuos que participaran en el presente estudio, respetando su privacidad y protegiendo su identidad personal o empresarial, proporcionando resultados honestos y confiables que servirá para más investigadores futuros.

IV. RESULTADOS

- 4.1. **Habilitar las probetas del pin desgastado, para realizar pruebas de laboratorio de análisis químico, ensayo de dureza, análisis metalográfico de los pines. Para su respectivo ensayo mecánico de materiales.**

Para habilitar las probetas para los análisis (Químico, Dureza, Metalográfico) en primer lugar se realizó el desmontaje en campo del pin de la excavadora cat 336 en la empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.



Figura 03. Posición real del pin antes del desmontaje.

Fuente: área de mantenimiento empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.



Figura 04. Desmontaje del pin.

Fuente: área de mantenimiento empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Segundo paso se realizó una inspección visual al componente mecánico para detectar posibles defectos superficiales de desgaste, fisuras o deformaciones del pin.



Figura 05. Condiciones del pin.

Fuente: área de mantenimiento empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Luego de haber desmontado el pin y realizado la inspección visual se tomó medidas en la parte afectada del pin, las cuales se describen en la siguiente tabla:



Figura 06. Medición en la parte desgastada del pin.

Fuente: área de mantenimiento empresa RUÍZ MAQUINARIAS E.I.R.L.

Tabla 01. Dimensiones del pin.

	Dimensiones del pin sin desgaste	Dimensiones del pin en la parte desgastada
diámetro	99.85 mm	98.05mm
longitud	255 mm	255mm

Fuente: elaboración propia

Para lograr el objetivo descrito la metodología utilizada para realizar las pruebas de laboratorio son las siguiente:

ANÁLISIS QUÍMICO

Para el análisis químico se utilizó el espectrómetro de emisión atómica Marca Perkins, usando la norma ASTM E 415. (Método de prueba estándar para el análisis de carbono en el acero y elementos de baja aleación, por espectrometría de emisión atómica).

Proceso para realizar análisis químico

En primer lugar, se corta de los pines una muestra con la máquina de corte de probetas BAINCUT- M, Se pulió una cara con lijas de granulometría 80-100-180-220-400-600, se introdujo la muestra dentro del espectrómetro donde se le induce una emisión electrónica produciendo una chispa y por longitud de onda según el elemento químico.



Figura 07. Máquina para corte de las probetas (BAINCUT - M)

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Resultado de pruebas de análisis químico

Tabla 02. *Composición química del pin desgastado.*

Pieza	Elemento	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S
Pin desgastado	%	0.408	0.60	0.31	1.01	0.19	0.013	0.014

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis químico del pin desgastado según la norma AISI (Instituto americano del hierro y del acero) corresponde aun acero AISI 4140, sus características mecánicas y sus aplicaciones se muestran en el anexo 2.0

ENSAYO DE DUREZA

Para el ensayo de dureza se utilizó el durómetro portátil universal SADT-HAR TIP 3000. Utilizando la norma ASTM A- 956 (método estándar para prueba de dureza equotip en metales utilizando el dispositivo de impacto D) y el durómetro analógico Marca Frank utilizando la escala de dureza Rockwell C se utilizó la norma ASTM E-18 (Método de prueba Estándar para dureza Rockwell en materiales metálicos).

Para los ensayos de dureza se utilizó los siguientes durómetros.



Figura 08. Durómetro analógico, escala rockwell C.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 09. Durómetro portátil universal digital, escala Rockwell C.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Proceso para realizar las pruebas de dureza

Para realizar las pruebas de dureza se realizó un desbaste grueso en lijas:80-100-180-220-320 y desbaste fino en lijas 400-600-1000. Después se realizó el ensayo de dureza en la parte A – B - C y Núcleo del pin donde en cada parte se realizó tres mediciones con el durómetro portátil universal digital SAD- HARTIP 3000, escala Rockwell **C** como se muestra en las siguientes figuras:



Figura 10. Medición de dureza del pin en la posición A.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 11. Medición de dureza del pin en la posición B (zona de desgaste):

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 12. Medición de dureza del pin en la posición C.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Resultados de la prueba de dureza

Tabla 03: Dureza (HRC) obtenidos y evaluados en los respectivos puntos del pin desgastado.

Posición	Dureza (HRC)			
	A	B	C	Núcleo
Pin usado	62.80 - 60.80 - 63.60	58.80 - 57.10 - 59.0	63.10 - 62.10 - 63.20	28.10 - 30.20 - 30.20
Promedio	62.40	58.30	62.80	29.50

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 13. Pin desgastado con los tres puntos para ensayo de dureza.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

En el pin usado en los puntos A y C no presentan variación en su dureza superficial, pero en el punto B como se observa en la imagen la magnitud del desgaste es de 2 mm con respecto a los diámetros que no presentan desgaste.

De acuerdo a la tabla de los resultados obtenidos de las pruebas de dureza se observa que la dureza disminuye, por lo que podemos concluir que la dureza superficial varía de acuerdo a la profundidad del desgaste.

Perfil de la capa de cromado duro y capa de temple superficial.

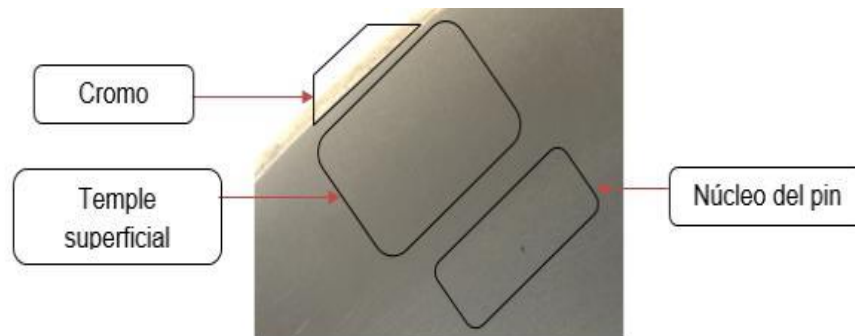


Figura 14. Fotografía de la capa superficial del pin desgastado.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La figura 14 muestra el perfil que consta de una capa superficial (color claro) de cromo duro de 0.301 mm para el pin usado, una capa (color oscuro) producido por temple superficial de 5.01 mm y el núcleo (color gris) para pin desgastado.



Figura 15. Probeta obtenida para medir la dureza por capa del pin desgastado.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La figura 15 muestra la probeta que se utilizó para medir la capa de temple superficial y la dureza de capa para obtener el perfil de dureza de la capa de temple superficial por inducción para el pin usado los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 04. Dureza obtenida de la capa de temple superficial del pin desgastado.

Posición	Superficie						Núcleo
(x) mm.	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	
Dureza (HRC)	58.40	58.40	56.80	57.10	50.0	45.0	30.60

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

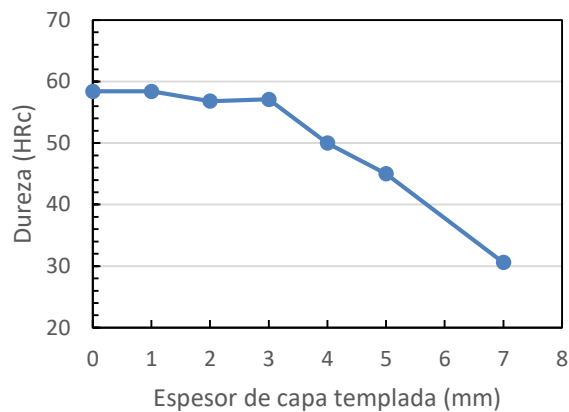


Figura 16. Perfil de dureza según espesor de capa de temple superficial en el pin desgastado.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Se observa que la dureza va disminuyendo desde la parte superficial del pin de acuerdo a la medida del temple superficial hasta la parte central que es el núcleo.

ANÁLISIS METALGRÁFICO

Para la obtención de la metalografía se utilizó el microscopio metalográfico Leica 50 – 1000X y el microscopio estereográfico Leica 2- 5 X (para la evaluación de las capas del pin). Se utilizó la norma ASTM E 3-11 (preparación de muestras metalográficas).

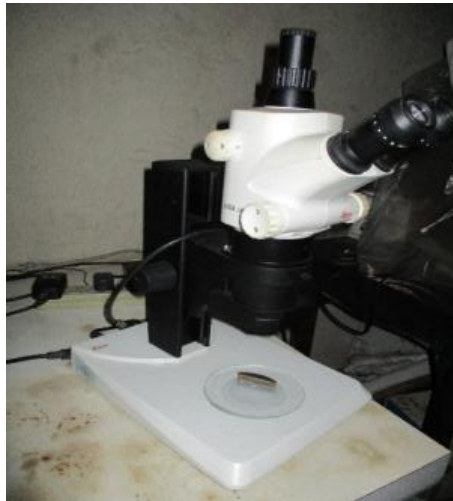


Figura 17. Microscopio estereográfico.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 18. Microscopio Metalográfico Leica de 50-1000x.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 19. Probetas encapsuladas para la realización del análisis metalográfico de los pines.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Proceso para realizar el análisis metalográfico

El corte del pin se realizó en la máquina de corte BAINCUT – M para la obtención de las probetas que sirvieron para los respectivos análisis metalográficos.

El encapsulado de la probeta en resina epóxica – desbaste grueso de probetas con lijas 80-100–180-220, desbaste fino con lijas 400-600-1000 y pulido de probetas con alúmina. 0.5 μm – 0.3 μm -0.1 μm , ataque químico con reactivo nital 5%, toma de fotomicrografía con cámara fotográfica Leica y proyección de microestructuras en la pantalla.

Microestructura de la zona de temple

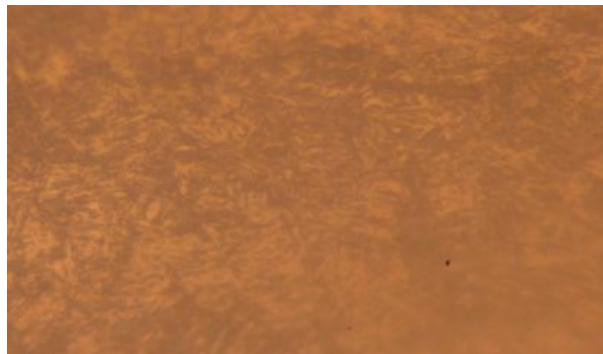


Figura 20. Fotografía de la zona de temple del pin desgastado.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Se observa que la microestructura del pin desgastado consta de martensita revenida (sorbita) que Sirve para denominar una estructura en los aceros templados, el diagrama y hierro carbono indica a que temperatura tiene que someterse un componente mecánico para obtener la martensita, se observa en el anexo 4.

Microestructura de la zona central (Núcleo)

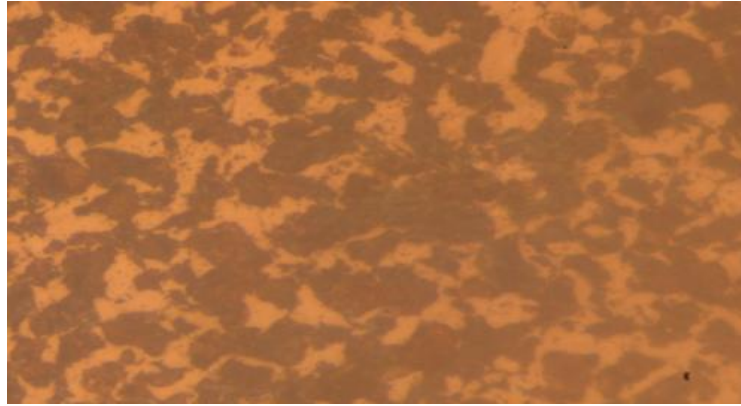


Figura 21. Fotomicrografía del núcleo del pin desgastado.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Se observa que la microestructura consta de perlitita (color oscuro) y ferrita (color claro). Característica de un acero hipoeutectoide (formado por perlitita más ferrita), según el diagrama de hierro carbono tiene un % de carbono inferior a 0.77%. Ataque químico Nital 5%. 500 X.

4.2. Determinar la composición química, ensayo de dureza, análisis metalográfico de un pin sin uso, el cual servirá como testigo.

Para lograr el objetivo descrito la metodología utilizada para realizar dichas pruebas de laboratorio del pin nuevo son las siguiente:

ANÁLISIS QUÍMICO

Para este análisis se utilizó el espectrómetro de emisión atómica Marca Perkins, usando la norma ASTM E 415. (Método de prueba estándar para el análisis de carbono en el acero y elementos de baja aleación, por espectrometría de emisión atómica).

Proceso para realizar el análisis químico

En primer lugar, se cortó de los pines, una muestra con la máquina de corte de probetas BAINCUT- M, Se pulió una cara con lijas de granulometría 80-100-180-220-400-600, se introdujo la muestra dentro del espectrómetro donde se le induce una emisión electrónica produciendo una chispa y por longitud de onda según el elemento químico los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 05. *Composición química del pin del pin nuevo.*

Pieza	Elemento	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S
Pin nuevo	%	0.415	0.61	0.35	0.90	0.21	0.015	0.012

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La composición química del pin nuevo según los resultados obtenidos, según la norma AISI (instituto americano del hierro y del acero) corresponden aun acero AISI 4140.

ENSAYO DE DUREZA

Para este ensayo se utilizó el durómetro portátil universal SADT-HAR TIP 3000. Se utilizó la norma ASTM A- 956 (método estándar para prueba de dureza equotip en metales utilizando el dispositivo de impacto D) y el durómetro analógico Marca Frank utilizando la escala de dureza Rockwell C se utilizó la norma ASTM E-18 (Método de prueba Estándar para dureza Rockwell en materiales metálicos).

Para el ensayo de dureza se utilizó los siguientes durómetros.



Figura 22. Durómetro analógico, escala rockwell C.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).



Figura 23. Durómetro portátil universal digital, escala rockwell C

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Proceso para realizar las pruebas de dureza

Se realizó la medición de la dureza en las posiciones A-B-C y núcleo. Donde se realizó tres mediciones en cada punto con el Durómetro portátil universal digital SAD- HARTIP 3000. Escala Rockwell **C** los resultados se muestran en la siguiente tabla.



Figura 24. Zonas de medición de dureza del pin nuevo en la posición A, B Y C.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Tabla 06. Dureza (HRC) obtenidos y evaluados en los respectivos puntos del pin nuevo.

Posición	Dureza (HRc)			
	A	B	C	Núcleo
Pin Nuevo	63.0 – 62.90 – 62.80	62.0 – 61.6 – 62.10	62.90 – 63.70 – 62.70	31.40 – 30.60 – 30.40
Promedio	62.90	61.90	63.10	30.80

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos, (UNT).

En los resultados de la prueba de dureza superficial del pin nuevo en los puntos A, B y C se observa que las diferencias son insignificantes lo que nos indica que la dureza superficial en el pin nuevo es uniforme.

Perfil de la capa de cromado duro y capa de temple superficial.

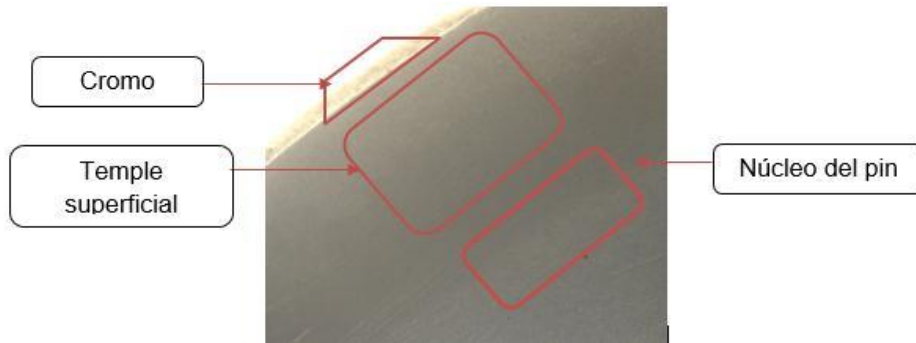


Figura 25. Fotografía de la capa superficial del pin.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La figura 25 muestra que el perfil consta de una capa superficial (color claro) de cromo duro de 0.32mm, una capa de (color oscuro) producido por el temple superficial de 5.09 mm y la zona central (núcleo) de color gris para el pin nuevo.

Probetas obtenidas del pin nuevo



Figura 26. Probeta obtenida para medir dureza por capa del pin nuevo.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

En la figura 26 se muestra la probeta que se utilizó para medir la capa de temple superficial y la dureza de capa para obtener el perfil de dureza de la capa de temple superficial por inducción para el pin nuevo los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 07. Dureza obtenida de la capa de temple superficial en el pin nuevo.

Posición (x) mm.	Superficie 0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	Núcleo
Dureza (HRc)	63.0	60.40	58.30	59.0	57.2	51.1	30.90

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

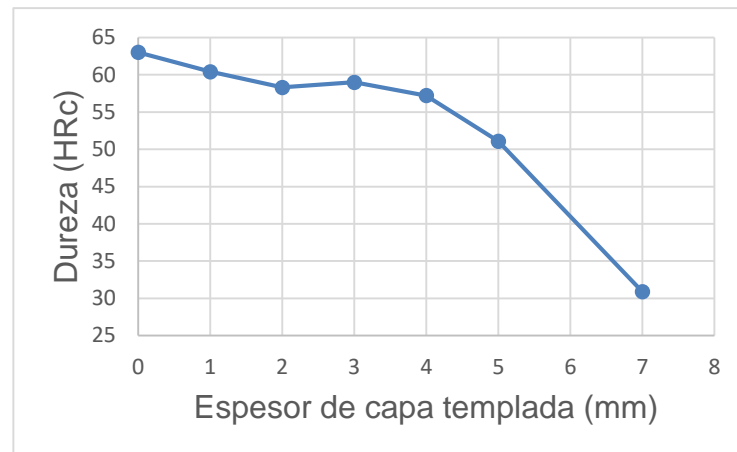


Figura 27. Perfil de dureza según espesor de capa de temple superficial en el pin nuevo.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Se observa que la dureza va variando desde la parte superficial del pin de acuerdo a la capa de temple superficial hasta la parte central que es el núcleo del pin.

ANÁLISIS METALOGRAFICO

Para la obtención de la metalografía se utilizó el microscopio metalográfico marca Leica 50 – 1000X y el microscopio estereográfico Leica 2- 5 X (para la evaluación de las capas del pin). Se utilizó la norma ASTM E 3-11 (preparación de muestras metalográficas).

Procedimiento para en análisis metalográfico

En primer lugar, se realizó el corte del pin para la obtención de las probetas en la máquina de corte BAINCUT – M que sirvieron para los respectivos análisis metalográficos.

El encapsulado de las probetas con resina epóxica – desbaste grueso de probetas con lijas 80-100 – 180-220, desbaste fino con lijas 400-600-1000 y pulido de probetas con alúmina. 0.5 μm – 0.3 μm -0.1 μm , ataque químico con reactivo nital 5%, toma de fotomicrografía con cámara fotográfica Leica y proyección de microestructuras en la pantalla.



Figura 28. Probeta obtenida del pin nuevo para análisis metalográfico.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Microestructura de la zona de temple

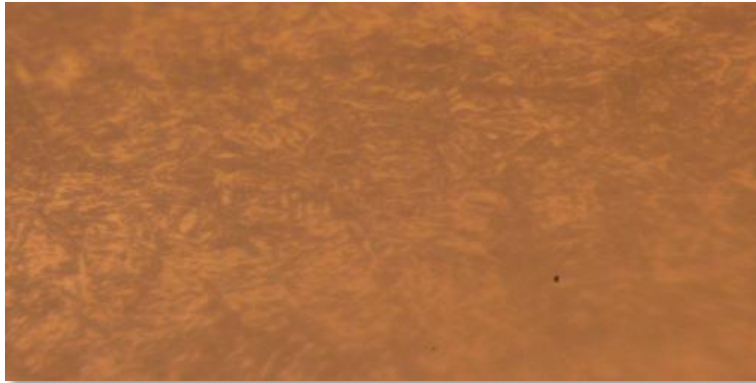


Figura 29. Fotomicrografía en la zona de temple del pin nuevo.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La fotomicrografía de la capa superficial de color claro corresponde al cromado y la zona de color oscuro representa el temple por inducción donde la microestructura de la zona de temple superficial del pin nuevo consta de martensita revenida (sorbita). Ataque químico: Nital 5%. 500X.

Microestructura de la zona central (Núcleo)

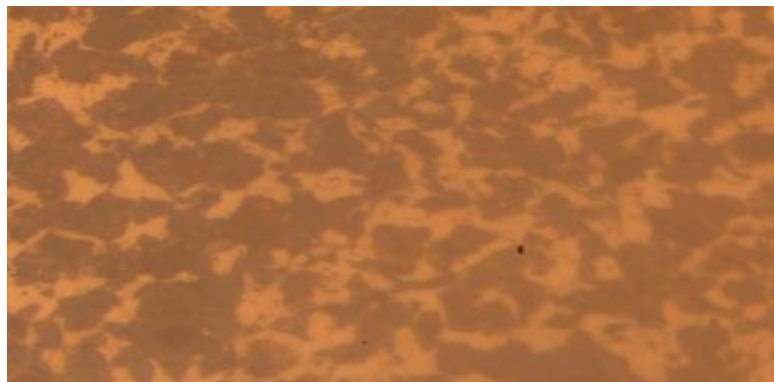


Figura 30. fotomicrografía del núcleo del pin de articulación nuevo.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

La microestructura del núcleo del pin nuevo consta de perlita (color oscuro) y ferrita (color claro) característico de un acero hipoeutectoide. Ataque químico: Nital 5%. 500X.

4.3. Realizar un análisis de elemento finito en solid works para determinar esfuerzos.

De acuerdo al tipo de material de construcción del brazo, pines y los soportes de la excavadora se aplicó una fuerza acorde a sus propiedades mecánicas. El pin está construido de un material AISI 4140 con un tratamiento térmico superficial de endurecimiento, Las planchas y el brazo están construidas de un material ASTM - A 514.

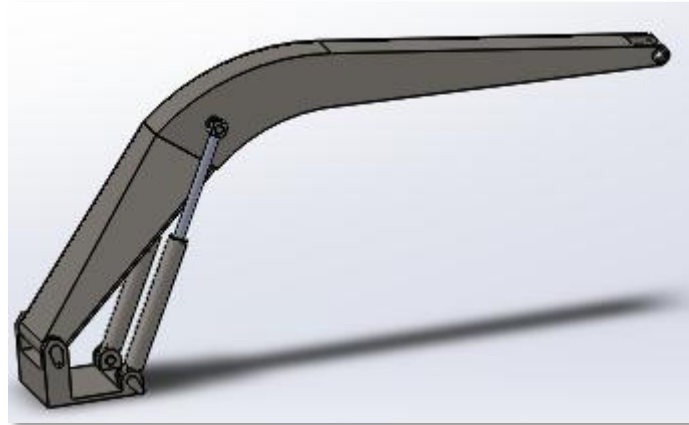


Figura 31. Diseño en el software de las partes involucradas para el análisis de esfuerzos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 08. Características mecánicas de los materiales empleados.

Características mecánicas				
Tipo de material	Diámetro mm	Espesor de la plancha	Límite de fluencia N/mm²	Resistencia a la tracción N/mm²
PIN-AISI 4140	40-100	-	595	830-1030
PLANCHA - A 514	-	5/8"-1 1/2"	690	760-895

Fuente: aceros BOHLER.

Conociendo el tipo de material de cada elemento se realizó el análisis estático de los pines mediante el software de diseño Solid works, los análisis efectuados son los siguientes:

Análisis estático - factor de seguridad.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	1.720e+01 Nodo: 13187	1.179e+12 Nodo: 14741

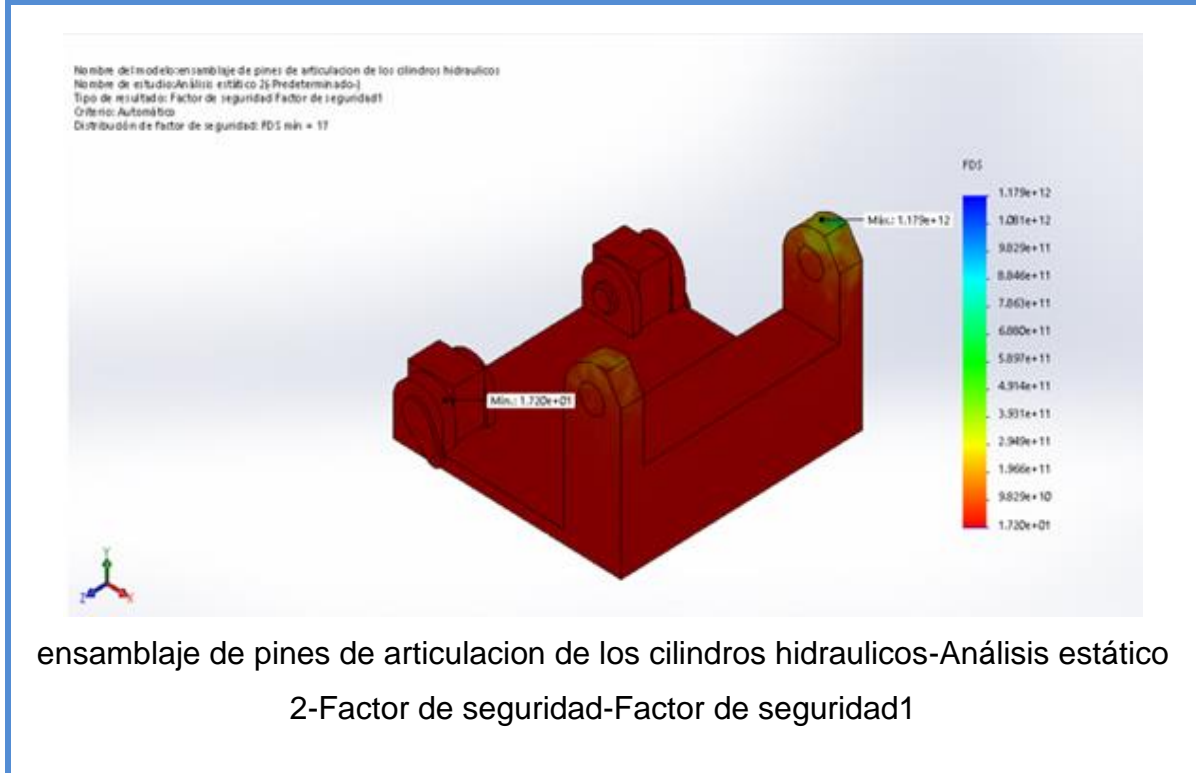


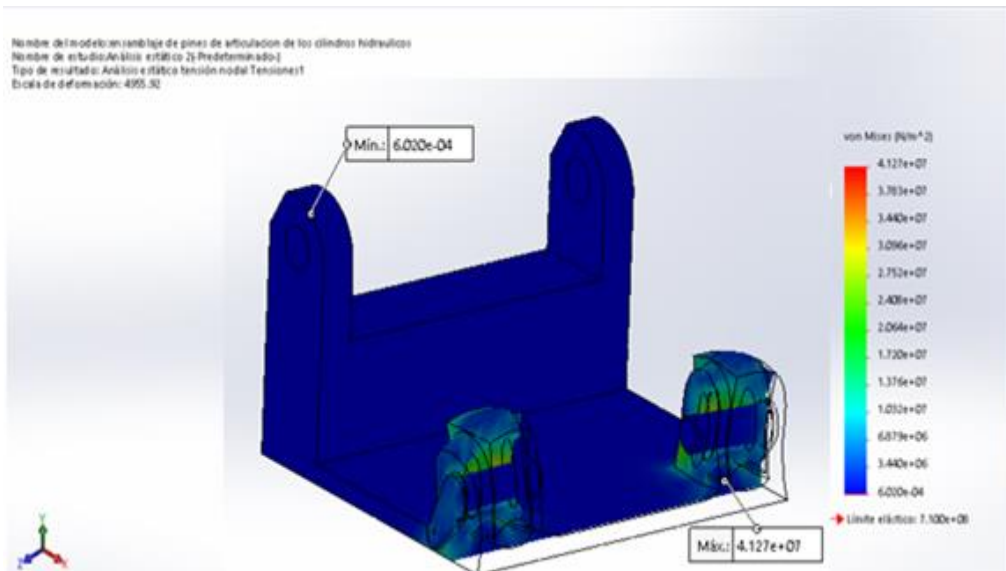
Figura 32. Factor de seguridad.

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al resultado obtenido en el grafico se observa que el factor de seguridad es de 1.7 lo cual indica que el diseño de dichos componentes está en el rango permitido de acuerdo a la carga que fue aplicada que es de 30 TN.

Análisis estático – tensiones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6.020e-04 N/m ² Nodo: 14741	4.127e+07 N/m ² Nodo: 13187



ensamblaje de pines de articulacion de los cilindros hidraulicos-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

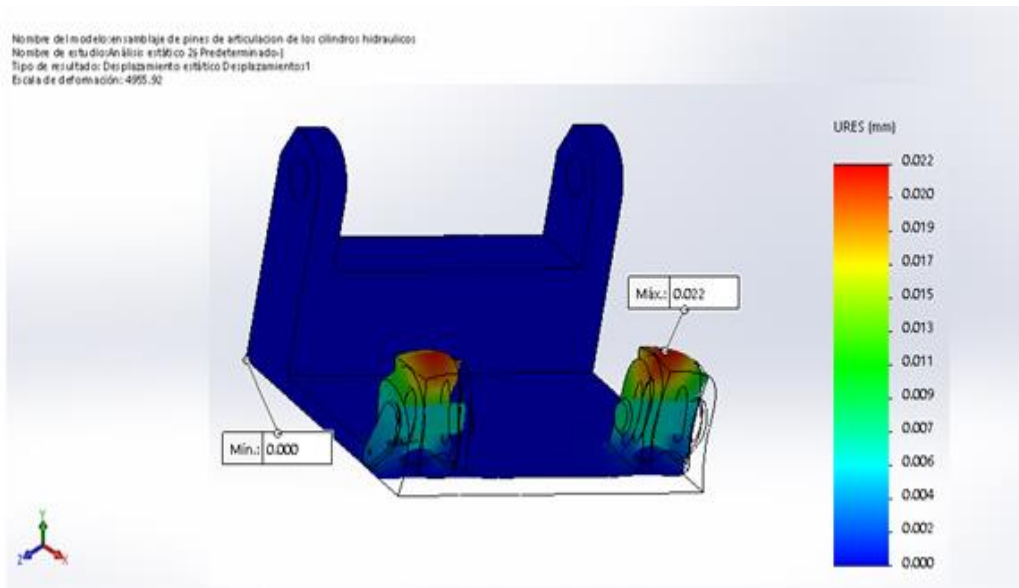
Figura 33. Esfuerzo promedio

Fuente: elaboración propia.

En el análisis estático de tensiones se observa las tensiones mínimas y máximas que sufren de acuerdo a la fuerza aplicada y están expresadas en colores azul y rojo respectivamente, donde se observó que el pin se mantiene en el color azul lo que indica que no sufre ninguna deformación.

Análisis estático – desplazamiento

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0.000e+00 mm Nodo: 1440	2.234e-02 mm Nodo: 286



ensamblaje de pines de articulación de los cilindros hidráulicos-Análisis estático
2-Desplazamientos-Desplazamientos1

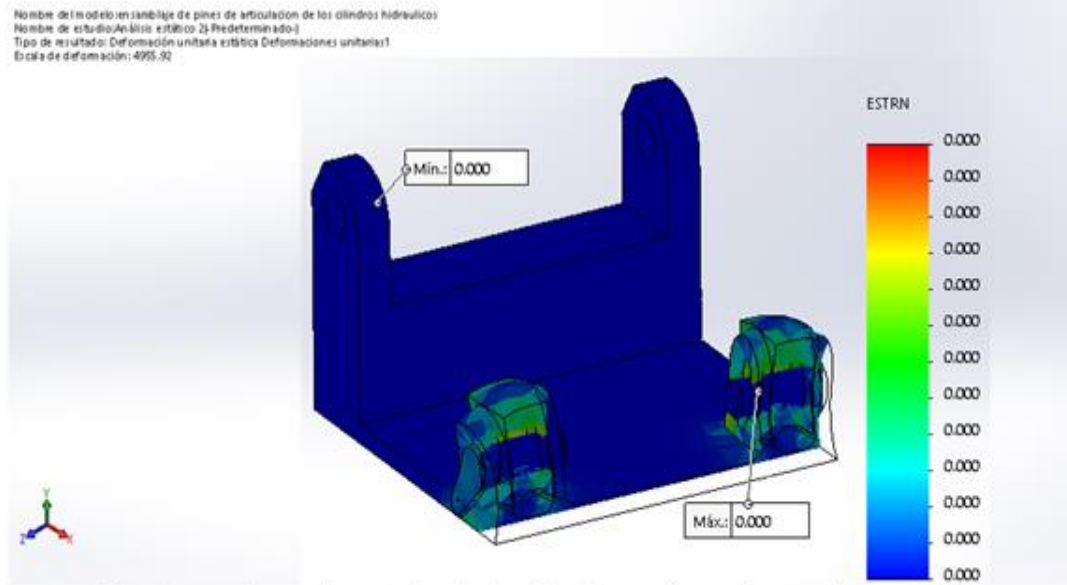
Figura 34. Desplazamiento
Fuente: elaboración propia.

En análisis estático de desplazamientos se muestra la zona donde se concentra la mayor cantidad de desplazamientos donde podemos observar que el pin mostrado de color turquesa no sufre ningún tipo de desplazamiento tal como se observa en grafica de resultados.

La zona de mayor desplazamiento se expresa de color rojo que se da en la parte de la soldadura del cilindro y la zona de menos desplazamiento está en la estructura donde no se involucra los esfuerzos y se denota de color azul.

Análisis estático – Deformaciones unitarias

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.852e-15 Elemento: 3011	1.305e-04 Elemento: 2212



ensamblaje de pines de articulación de los cilindros hidráulicos-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Figura 35. Deformaciones unitarias

Fuente: elaboración propia.

En análisis estático de deformación unitaria mostrado podemos observar que el pin esta de color azul donde no sufre ningún tipo de deformación tal como se observa en grafica de resultados.

La deformación unitaria máxima se da en el alojamiento donde va montado el pin expresado en el color rojo respectivamente lo cual con en el tiempo genera deformación.

4.4. Comparar los parámetros entre el testigo y la muestra de ensayo del pin desgastado.

Una vez realizado los ensayos correspondientes en el laboratorio (químico, dureza, metalográfico) se hizo las comparaciones de los resultados obtenidos a ambos pines.

ANÁLISIS QUÍMICO

Tabla 09. Comparación de su composición química de pin nuevo y pin desgastado.

Componente	elemento	c	Mn	Si	Cr	Mo	P	S
Pin nuevo	%	0.415	0.61	0.35	0.90	0.21	0.015	0.012
Pin usado(desgastado)	%	0.408	0.60	0.31	1.01	0.19	0.013	0.014

Fuente: laboratorio metalúrgica física y ensayos mecánicos, (UNT).

Según los resultados obtenidos de los análisis químicos a ambos componentes hay pequeñas variaciones en los porcentajes de los elementos químicos y según la norma AISI (instituto americano del hierro y del acero), la fabricación de ambos pines corresponde a un acero AISI 4140 con tratamiento térmico superficial. Que es un acero muy resistente a esfuerzos de flexión, tracción y torsión.

ENSAYO DE DUREZA

Tabla 10. Comparación de la dureza (HRC) obtenidos en los respectivos puntos de ambos pines en la parte superficial.

Posición	Dureza (HRc)			
	A	B	C	Núcleo
Pin usado	62.80 - 60.80 - 63.60	58.80 - 57.10 - 59.0	63.10 - 62.10 - 63.20	28.10 - 30.20 - 30.20
Promedio	62.40	58.30	62.80	29.50
Pin Nuevo	63.0 - 62.90 - 62.80	62.0 - 61.6 - 62.10	62.90 - 63.70 - 62.70	31.40 - 30.60 - 30.40
Promedio	62.90	61.90	63.10	30.80

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

De acuerdo a las pruebas de la dureza superficial realizadas en los puntos A y C los resultados obtenidos de ambos pines se muestra que las variaciones son mínimas donde se puede considerar despreciables por lo tanto podemos concluir que la dureza superficial en ambos pines es uniforme.

En la zona B donde se dio el desgaste del pin hay una variación significativa de dureza con respecto al pin nuevo debido a que en esa zona hubo un desgaste de 2 mm y de acuerdo a las capas de temple concuerda con la dureza obtenida en la capa de temple.

Tabla 11. Comparación de la dureza por profundidad de capa de temple superficial en ambos pines.

Componente	Posición mm. (x)	Superficie						Núcleo
		0	01	02	03	04	05	
Pin desgastado	Dureza (HRc)	58.40	58.40	56.80	57.10	50.0	45.0	30.60
Pin nuevo	Dureza (HRc)	60.1	59.40	58.30	59.0	57.2	51.1	30.90

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de dureza realizadas a diferentes profundidades que van desde 0mm - 5mm las variaciones de dureza son mínimas de acuerdo a la profundidad en la que se realizó los análisis quedando el núcleo con las mismas propiedades de suministro de un acero AISI 4140.

ANÁLISIS METALOGRÁFICO

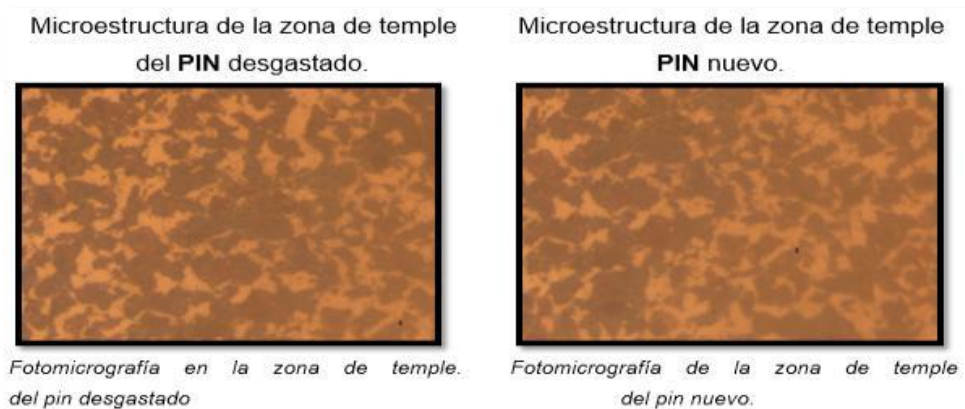


Figura 36. Fotomicrografía de la microestructura superficial de ambos pines.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

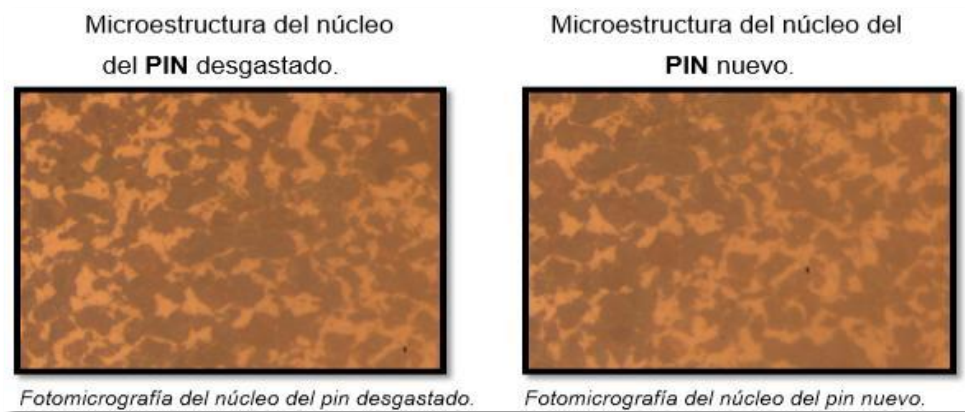


Figura 37. Fotomicrografía del núcleo de ambos pines.

Fuente: laboratorio metalúrgico física y ensayos mecánicos (UNT).

Según los resultados obtenidos del análisis metalográfico de la zona de temple y del núcleo de ambos pines se observa que tienen la misma microestructura que consta de perlita y ferrita lo que nos da entender que el material corresponde a un acero AISI 4140.

V. DISCUSIÓN

Para poder habilitar las probetas se tuvo que realizar el desmontaje del pin desgastado de la excavadora cat 336 en campo, donde se observó que pin mostraba un alto índice de desgaste que se le denominó prematuro por no cumplir con el promedio de horas establecido por el fabricante.

Después de haber obtenido el pin desgastado al cual se denomina probeta, se envió al laboratorio especializado para realizar el análisis químico, ensayo de dureza, análisis metalográfico los cuales nos permitirán determinar las posibles causas del porqué del desgaste prematuro en dicho componente.

Para realizar las pruebas de laboratorio, la principal dificultad que se tubo fue que la región Cajamarca no cuenta con laboratorios especializados para realizar este tipo de análisis por lo cual teníamos que realizar él envío del pin desgastado a otra región, Trujillo a la universidad nacional de Trujillo.

Otra de las limitaciones que dificultó la pronta realización de los análisis de laboratorio fue debido a la emergencia sanitaria la COVID 19 que atraviesa nuestro país y el mundo, se esperó a que se reactive el tema del transporte interprovincial para poder realizar él envío del pin desgastado para realizar los análisis y ensayos correspondiente.

La determinación de las pruebas de laboratorio se realizó bajo ciertas normas establecidas para cada tipo de análisis y ensayos el cual lo realiza personal especializado, el ensayo de dureza sirve para medir la dureza superficial del pin, análisis químico sirve para determinar la composición química del material el cual es un factor determinante en sus propiedades mecánicas, análisis metalográfico sirve para observar su microestructura y tipo de tratamiento termino al que ha sido sometido para mejorar sus características mecánicas.

Los análisis de laboratorio se realizaron con éxito en la universidad nacional de Trujillo, pero en su momento nos pusimos en contacto con la empresa SOLDEXA la cual se comprometió a realizar las pruebas de laboratorio, pero debido a la problemática que atravesaba nuestro país en ese entonces la empresa dejó de laborar porque su personal se encontraba en aislamiento social por la emergencia

sanitaria decretado por nuestro gobierno la cual la empresa se puso en contacto para indicarnos que no tenían fecha de reinicio de labores y nos recomendó buscar otra empresa.

Mediante el Software de diseño solid works se realizó el análisis estático para determinar los esfuerzos a los que está sometido el pin, el cual nos proporciona cuatro tipos de resultados análisis de tensiones, deformación unitaria, desplazamiento, factor de seguridad.

Uno de los resultados más relevantes del análisis estático es el factor de seguridad el cual proporciona información de acuerdo a la probabilidad de falla que tiene cada elemento que se somete a una cantidad de carga determinada.

La ventaja de realizar los análisis estáticos en software de diseño es que de una manera sencilla se puede obtener resultados que nos ayudan a determinar sus esfuerzos, siempre y cuando se le proporcione al software la información correcta como es el tipo del material del elemento a analizar y de los componentes adicionales, la carga a la que está sometida el pin.

Nuestros resultados hallados tienen relación con lo que indica Hernández, Espejo (2002) en análisis de falla que hace referencia que no se encontró evidencia de que el origen de la falla prematura estuviera relacionado con el material, proceso de fabricación y/o tratamiento térmico al que ha sido sometido el pin.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que, al no existir diferencias significativas entre las microestructuras de las capas de temple superficial, características mecánicas y composición química, es poco probable que el motivo de la falla prematura por desgaste estuviera en los materiales de fabricación del pin a causa de una deficiencia de dureza o una composición química no adecuada o un tratamiento termino inadecuado.

Se habilitaron las probetas necesarias según normas ASTM E 415, (ASTM E-18- ASTM A-956) y ASTM E3-11 que corresponden al análisis químico, ensayos de dureza, análisis metalográfico respectivamente, las cuales fueron apropiadas y permitieron obtener resultados correctos.

2. Se realizó el análisis químico en el espectrómetro de emisión atómica con el fin de establecer si había diferencias importantes en la composición química de materiales entre el pin nuevo y el pin desgastado que presento la falla. se concluye que según los resultados obtenidos ambos pines tienen la misma composición química y según la norma AISI corresponde a un acero AISI 4140.
3. Se realizaron los ensayos de dureza, y de acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir que su dureza superficial presenta ligeras variaciones en su resistencia mecánica del pin nuevo que no ha fallado y el pin desgastado. Por lo cual no se considera que esas pequeñas variaciones puedan haber favorecido al desgaste del pin.
4. Se realizó el análisis metalográfico en el temple superficial y núcleo del pin nuevo que no ha fallado y el pin desgastado. Se concluye que según los resultados obtenidos ambos pines constan de la misma microestructura en la zona de temple es martensita revenida y el núcleo de los pines es perlita y ferrita y que el acero es hipoeutectoide características de acero AISI 4140 normalizado.
5. Se realizó los análisis estáticos de esfuerzos y deformaciones aplicando la carga nominal a la que están sometidos los pines de articulación de los

cilindros hidráulicos, y de acuerdo a los resultados del factor de seguridad es 1.7 se concluye que el pin no podría haber fallado por interacción directa de las fuerzas del equipo al que está sometido.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el informe de investigación y realizar otro tipo de análisis de laboratorio como análisis de desgaste por abrasión, desgaste por fatiga para así lograr determinar la causa del desgaste prematuro de los pines.
- Se recomienda realizar una correcta lubricación de los pines para así evitar un desgaste antes de las horas establecidas por el fabricante.
- Se recomienda utilizar materiales genuinos para así evitar desgaste prematuro lo cual ocasiona paradas no programadas.
- Se recomienda usar otro tipo de material que a través de un tratamiento térmico puedan resistir mejor a los esfuerzos y tracciones presentes.

REFERENCIAS

VILCAPOMA, Franz. Análisis de fallas mecánicas en el brazo B26XLB del jumbo empernador J0129YA en la compañía minera volcán S.A.A. unidad andaychagua. Tesis (título profesional). Huancayo: universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.131pp.

MONCADA, Davian, RODRÍGUEZ, Edder, QUIÑONES, Velázquez y SARMIENTO, Juan. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Tesis (título profesional). Bucaramanga: universidad Industrial de Santander,2009.422pp.

LLANOS, Arthur. Tratamiento termoquímico de cementación y su incidencia en la dureza de pines de acero SAE 1045 para brazo hidráulico de retroexcavadora cat 420D. tesis (título profesional). Callao: universidad nacional del callao, 2018.136pp.

PÉREZ, Juan. Tratamiento térmico de los aceros. Tesis (grado de maestro). San Nicolás de los Garza: universidad autónoma de nuevo león, 1996.197pp.

CASAS, William. Análisis de fallas de equipos pesados para determinar su disponibilidad en la compañía minera poderosa S.A. Tesis (título profesional). Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú, 2016.89pp.

ALGORTA, Ignacio. Análisis de falla en una pieza en una empresa automotriz. Tesis (título profesional). Argentina: Universidad Privada Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 2016.73pp.

FERNÁNDEZ, Andrea. Efecto de la adición de titanio y niobio en la microestructura, resistencia al desgaste (pin on ring) y dureza de un acero maraging. TESIS (título profesional). Bogotá: universidad libre Colombia,2018.83pp.

Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis por ÑAUPAS, Humberto [et al] 4ta ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. 538pp.
ISBN: 9789587621884.

SAMPÉN, Luis. Pautas para el diseño de partes metálicas resistentes al desgaste. 2da ed. Lima: Industrial Data, Vol. 6, diciembre,2003.66-73pp.

BUDYNAS, Richard y NISBETH, Keith. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9na ed. México: McGraw-Hill, 2012. 1068 pp.

ISBN: 9786071507716.

ARMENDÁRIZ, Jacobo, SÁNCHEZ, Cerrud, RODRÍGUEZ, M Y ORTIZ, A. Sistema experto para análisis de fallas de ejes. 3ra ed. México: Ingeniería investigación y tecnología UNAM, 2002.112-121pp.

ISSN: 25940732.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5ta ed. México Df: McGraw-Hill, 2010. 613pp.

ISBN: 9786071502919.

VOESTALPINE HIGH PERFORMANCE METALS DEL PERÚ S.A. 2020. VOESTALPINE. [En línea] 2020. [Citado el: 20 de MAYO de 2020.]. disponible en: <https://www.bohlerperu.com/es/>.

CERVERA, Miguel y BLANCO, Elena. Mecánica de estructuras, resistencia de materiales. Barcelona: universitat politécnica de Catalunya, 2003. 318pp.

ISBN: 8483016222.

CAZAU, Pablo. Introducción a la investigación en ciencias sociales.3ra ed. Buenos Aires: red psicología, 2006. 194pp.

HERNÁNDEZ, Héctor y ESPEJO, Edgar. Casos de fallas estudiados. 2.^a ed. Talleres de panamericana: universidad nacional, 2002. 114pp.

SBN 958701242-9, 2002. 306-320.

FUENTES, Paolo, VILLANUEVA, Jaime y ESTUPIÑAN, Edgar. Análisis del desgaste en componentes de cargadores frontales, mediante modelos basados en elementos finitos, Chile: revista chilena de ingeniería, 613-621, julio 2018.

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica, san pedro, montes de oca-costa rica. Revista educación 55(1).2009.155-165pp.

ISSN: 0379-7082

COLOMA, Morales. Simulación de recuperación por método de elemento finito de cucharones para maquinaria de minería. Tesis (título profesional). Riobamba – Ecuador: escuela superior politécnica de chimnorazo,2017.87pp.

MARTÍNEZ, Keyla. Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo SCOOP de la mina Isidora-valle norte pertenecientes a la empresa minera VENRUS C.A. El callao- estado bolívar. Tesis (título profesional). Ciudad BOLIVAR: universidad de oriente núcleo bolívar, 2010.183pp.

ANEXOS

Anexo 01: operacionalización de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Dimensiones	Escala/ niveles de medición
Análisis de falla	El análisis de falla debe indagar posible causa en los materiales, diseño, fabricación, montaje u operación, se hace evidente que lo ideal es que éste sea realizado por un Equipo Interdisciplinario de Expertos en cada una de estas áreas, con el fin de poder evaluar con mayor certeza, cuál (o cuáles) es la causa de la falla mecánica. (HERNÁNDEZ, y otros, 2002)	La medición de las variables se realiza a través de los ensayos de laboratorio.	✓ Fallas tempranas ✓ Fallas adultas ✓ Fallas tardías	✓ Rango de tiempo de uso	✓ Porcentaje ✓ horas

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Dimensiones	Escala / niveles de medición
Determinar el desgaste de los pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora CAT 336.	La palabra desgaste, hace referencia a la pérdida de la estructura superficial de un material debido a una interacción constante y mecánica con una superficie o con un objeto, el roce permanente entre las dos estructuras permite apreciar la pérdida exponencial de un elemento siendo resultado de la acción ejercida entre ambos cuerpos, sin embargo, esto se logra única y exclusivamente con una acción mecánica.	comparación de las dimensiones originales con las averiadas.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desgaste por fricción. ✓ Desgaste abrasivo. ✓ Fatiga superficial 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pérdida de material. ✓ Variación en sus componentes químicos. ✓ Variación en su estructura cristalina. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ % - dureza. ✓ Análisis químico. ✓ Análisis metalográfico.

Anexo 02: características mecánicas y sus aplicaciones del acero AISI 4140

VCL



AISI : 4140
DIN : 42 Cr Mo 4
W N°: 1.7223/25

Tipo de aleación promedio : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %
Color de identificación : Verde - Blanco
Estado de suministro : Bonificado 250 - 350 HB Típico, Ver tabla inf.
Largo estándar : 3,5 - 6 metros.

Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.

Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

APLICACIONES: Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

27

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

Forjado: 1050 - 850 °C
Normalizado: 840 - 880 °C
Recocido: 690 - 720 °C
Enfriamiento lento en el horno
Temple: al aceite 830 - 860 °C
al agua 820 - 850 °C
Dureza obtenible: 52 - 56 HRC
Revenido : 540 - 680 °C
Nitrurar: 580 °C



Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm ²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación (L ₀ = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241	16	16	835	1030 - 1250	10	40	34
		40	40	715	930 - 1130	11	45	41
		100	100	595	830 - 1030	12	50	41
		160	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

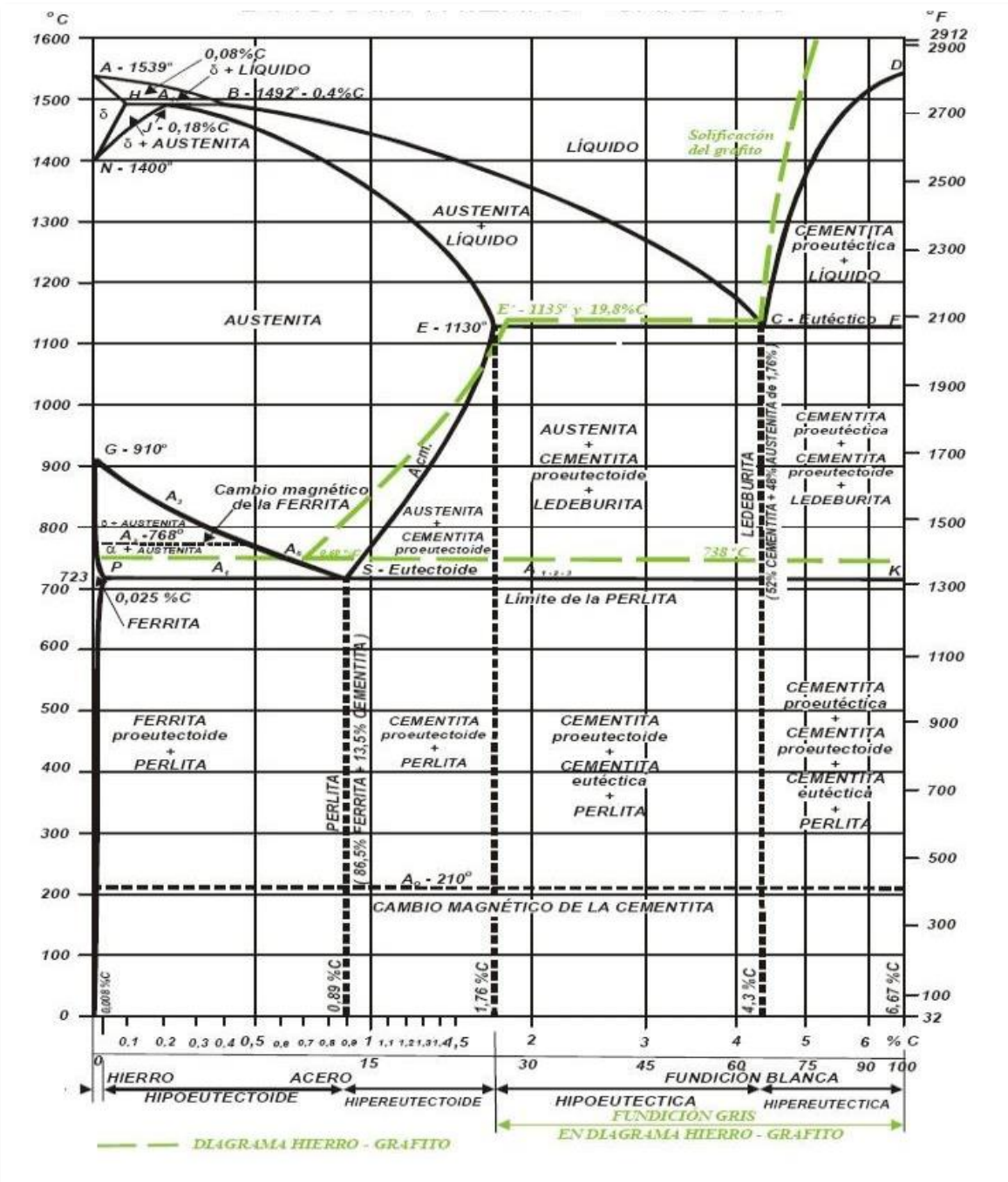
Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico

20

Anexo 03: instrumentos de recolección de datos

PARÁMETROS DEL ENSAYO 01-A			
Realizado bajo la norma:			
Instrumento:			
Método:			
RESULTADOS DE LA PRUEBA			
Dureza (HRC):		Zona:	
IMÁGENES			
Gráfico del perfil de dureza		Probeta ensayada	
Observaciones			
Cálculos			

Anexo 04: diagrama hierro- carbono



Anexo 05: análisis químico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA METALÚRGICA

Facultad de Ingeniería

CIUDAD UNIVERSITARIA - APARTADO 315
Teléfono (044) 290150 - (044) 241531
TRUJILLO - PERÚ

Señor: Eduard Yhony García Hernández
Referencia: Informe de los resultados de los ensayos realizados a 02 pines de articulación de cilindros hidráulicos (01 usado y 01 nuevo)
Dirección: Cajamarca
Realizado por: Dr. Ing. Ismael Purizaga Fernández, Universidad Nacional de Trujillo. Escuela de Ingeniería Metalúrgica. Laboratorio de Metalurgia Física y Ensayos Mecánicos.
Fecha: 25 de junio 2020

ANÁLISIS QUÍMICO:

Para este análisis se utilizó el espectrómetro de emisión atómica Marca Perkins, usando la norma ASTM E 415. (Método de prueba estándar para el análisis de carbono en el acero y elementos de baja aleación, por espectrometría de emisión atómica).

METODOLOGÍA:

Primeramente se corta de los pines, una muestra con la máquina de corte de probetas BAINCUT- M, Se pulió una cara con lijas de granulometría 80-100-180-220-400-600, se introdujo la muestra dentro del espectrómetro donde se le induce una emisión electrónica produciendo una chispa y por longitud de onda según el elemento químico.

RESULTADO

Los resultados se muestran en la tabla N°1

Tabla 1. Composición química de los pines de articulación de cilindros hidráulicos

Pieza	Elemento	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S
Pin nuevo	%	0.415	0.61	0.35	0.90	0.21	0.015	0.012
Pin usado	%	0.408	0.60	0.31	1.01	0.19	0.013	0.014

CONCLUSIONES:

Los aceros de fabricación de los pines de articulación tienen la misma composición química y según la norma AISI (Instituto americano del hierro y del acero), corresponde a un acero AISI 4140. Que es un acero muy resistente a esfuerzos de flexión, tracción y torsión.

Anexo 06: ensayo de dureza



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERIA METALURGICA

Facultad de Ingeniería
CIUDAD UNIVERSITARIA - APARTADO 315
Teléfono (044) 296150 - (044) 241521
TRUJILLO - PERU

ENSAYO DE DUREZA

Para este ensayo se utilizó el durómetro portátil universal SADT-HAR TIP 3000. Se utilizó la norma ASTM A- 956 (método estándar para prueba de dureza equatip en metales utilizando el dispositivo de impacto D) y el durómetro analógico Marca Frank utilizando la escala de dureza Rockwell C se utilizó la norma ASTM E-18 (Método de prueba Estándar para dureza Rockwell en materiales metálicos).

METODOLOGIA

Se evaluó la dureza en las posiciones: Zona A- Zona B- Zona C y núcleo. Para la cual se realizó un desbaste grueso en lijas: 80-100-180-220-320 y desbaste fino en lija: 400-600-1000. Después se realizó el ensayo de dureza en cada posición tres mediciones.

RESULTADOS

Estos resultados se muestran en la tabla N° 2.

Tabla 2. Dureza (HRC) obtenidos y evaluados en los respectivos puntos de los pines de articulación

Posición	Dureza (HRC)			
	A	B	C	Núcleo
Pin usado	62.80 - 60.80 - 63.60	58.80 - 57.10 - 59.0	63.10 - 62.10 - 63.20	28.10 - 30.20 - 30.20
Promedio	62.40	58.30	62.80	29.50
Pin Nuevo	63.0 - 62.90 - 62.80	62.0 - 61.6 - 62.10	62.90 - 63.70 - 62.70	31.40 - 30.60 - 30.40
Promedio	62.90	61.90	63.10	30.80

En el pin usado en los puntos A y C las durezas son casi iguales y valores altos debido a la capa de cromado duro, mientras que en la zona B (zona de desgaste o astillamiento de la capa de cromado duro) de dureza promedio es 58.30 HRC, valor de dureza alto debido al temple superficial por inducción que se realiza a estos pines antes del cromado duro.

Y en pin nuevo la dureza en los puntos A - B - C son altos y casi iguales debido a la capa de cromado duro.

Perfil de la capa de cromado duro y capa de temple superficial.





Figura 1. Fotografía de la capa superficial de los pines de articulación de los cilindros.

La figura 1 muestra que el perfil consta de una capa superficial (color claro) de cromo duro de 0.32mm para pin nuevo y 0.301 mm para el pin usado, una capa (color oscuro) producido por temple superficial de 5.01 mm para pin usado y 5.09 mm para pin nuevo y la zona central (color gris)

La tabla 3 Muestra el perfil de dureza de la capa de temple superficial por inducción para el pin usado

Tabla 3. Dureza obtenida de la capa de temple en el pin de articulación usado

Posición (x) mm.	Superficie 0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	Núcleo
Dureza (HRc)	58.40	58.40	56.80	57.10	50.0	45.0	30.60

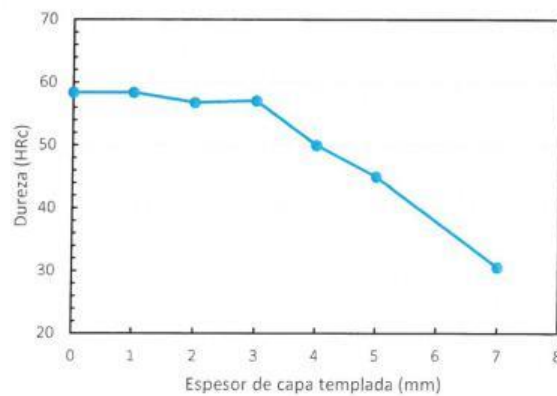


Figura 2. Perfil de dureza del espesor de capa de temple superficial en el pin de articulación usado.



Tabla 4. Dureza obtenida de la capa de temple en el pin de articulación nuevo

Posición (x) mm.	Superficie 0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	Núcleo
Dureza (HRC)	63.0	60.40	58.30	59.0	57.2	51.1	30.90

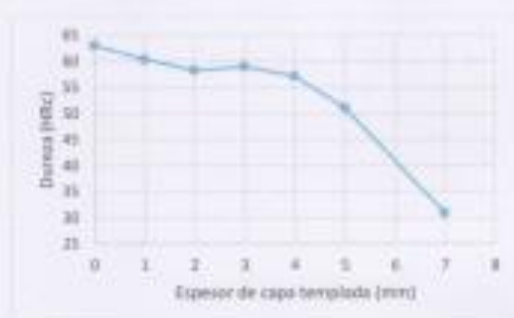


Figura 3. Perfil de dureza del espesor de capa de temple superficial en el pin de articulación nuevo.

CONCLUSIÓN:

La alta dureza encontrada en los puntos A y C del pin usado y los puntos A-B y C del pin nuevo se debe al cromado duro. Y también la alta dureza obtenida en la zona B (zona de desgaste) del pin usado se debe al temple superficial.

La durezas tanto en el pin usado y el pin nuevo son casi iguales debido a que los dos pines tienen el mismo tratamiento y la misma composición química.

La dureza en el núcleo de ambos pines son bajas 29.50 HRC para el pin usado y 30.80 HRC en el pin nuevo.

Rincón





ANEXOS

En este ensayo se utilizó los siguientes durómetros.



Figura 4. Durómetro analógico. Marca Frank. Escala Rockwell C



Figura 5. Durómetro portátil universal digital SAD- HARTIP 3000. Escala Rockwell C



Figura 6. Medición de dureza del pin en la posición A (zona de desgaste).



Figura 7. Medición de dureza al pin en la posición B.



Figura 8. Medición de dureza del pin en la posición C.



Figura 9. Probeta obtenida del pin de articulación donde se observa la capa de temple (oscuro) y la zona central (color claro).



Figura 10. Foto de pin nuevo donde se indica las zonas de medición de dureza.



Anexo 07:análisis metalográfico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA METALÚRGICA

Facultad de Ingeniería
CICLO VIGESIMOTERCERO – PARTADO III
TALLER (0402102) – (0402103)
TRUJILLO - PERÚ

ANÁLISIS METALOGRAFICO

Para la obtención de la metalografía se utilizó el microscopio metalográfico Leica 50 – 1000X y el microscopio estereográfico Leica 2- 5 X (para la evaluación de las capas del pin). Se utilizó la norma ASTM E 3-11 (preparación de muestras metalográficas).

METODOLOGIA

Corte del pin en la máquina de corte Bañcut – M para la obtención de las probetas que servirán para los respectivos análisis metalográficos.

Encapsulado de probetas en resina epóxica – desbaste grueso de probetas con lijas 80-100 – 180-220, desbaste fino con lijas 400-600-1000 y pulido de probetas con alúmina. 0.5 μm – 0.3 μm – 0.1 μm , ataque químico con reactivo nital 5%, toma de fotomicrografía con cámara fotográfica Leica y proyección de microestructuras en la pantalla.

RESULTADOS

Microestructura de la capa superficial del pin



Figura 11. Fotomicrografía de la zona superficial de los pines, se observa que ambos constan de una capa periférica (color claro) de cromo duro, una capa (color oscuro) producido por el temple superficial por inducción y la zona central (color gris).



Microestructura de la zona de temple



Figura 12. Fotomicrografía a la zona de temple del pin de articulación nuevo y usado. Ambos tienen la misma microestructura. La microestructura consta de martensita revenida (sorbita). Ataque químico: Nital 5%. 500X.

Microestructura de la zona central (Núcleo)



Figura 13. Fotomicrografía del núcleo del pin de articulación usado. La microestructura consta de perlita (color oscuro) y ferrita (claro). Característica de un acero hipoeutectoide. Ataque químico: Nital 5%. 500 X

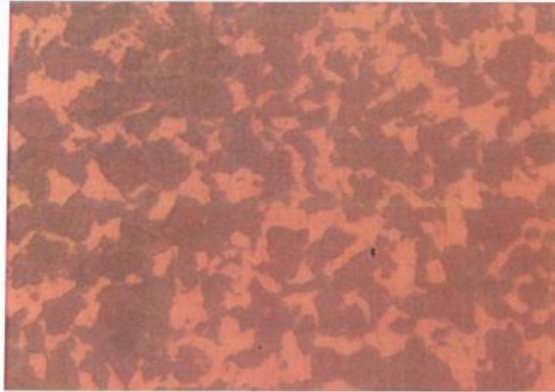


Figura 14. Fotomicrografía del núcleo del pin de articulación nuevo. La microestructura consta de perlita (oscuro) y ferrita (claro) característico de un acero hipoeutectoide. Ataque químico: Nital 5%. 500X

CONCLUSIÓN:

La zona superficial de ambos pines consta de una capa superficial (color claro) que corresponde al cromado duro. Una zona oscura que es la zona de temple superficial y una zona central (color gris). La microestructura en la zona de temple es martensita revenida. El núcleo en ambos pines consta de perlita (oscura) y ferrita (color claro). Lo que indica que ambos pines fueron fabricados con el mismo tipo de acero. Y que el acero es hipoeutectoide. Característica del acero AISI 4140 normalizado.

Risuafl





ANEXOS

Para el análisis metalográfico y análisis de la capa de temple se utilizaron los siguientes microscopios.



Figura 15. Microscopio estereográfico para el análisis microscópico de la estructura de capa del pin.



Figura 16. Microscopio metalográfico Leica de 50 – 1000 X con pantalla de proyección de la microestructura.



Figura 17. Probetas encapsuladas para la realización del análisis metalográfico de los pines.

Atentamente

Dr. Ing. Ismael Purizaga Fernández
CIP 36332

Jefe del Laboratorio Metalúrgica Física y
Ensayos mecánicos

