



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

Determinación de la vida útil en herramientas de corte recuperadas con soldadura para el uso en cucharones de cargadores frontales

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Eléctrico**

AUTOR:

Tinco Riquez, Wilmer David (orcid.org/0000-0002-7704-4066)

ASESORES:

Dr. Lujan López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (orcid.org/0000-0002-8127-4040)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y planes de mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar con mi formación y sin él no sería posible la culminación de esta exitosa meta, siendo un apoyo incondicional para lograrlo.

A mis compañeros de trabajo, a quien compartieron su profesionalismo y enseñanza conmigo.

Wilmer

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios, ya que me ha permitido hoy presentar los frutos de mi esfuerzo mediante la presente investigación.

Asimismo agradecer a mi familia por su apoyo y la fuerza transmitida día a día. A mi asesor Mg. Ing. Sialer Díaz Cesar Dany, quien me acompaño en todo el desarrollo de esta investigación, brindándome sus conocimientos para culminarla con éxito.

El autor

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	29
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Capacidad del cucharón.....	14
Tabla 2. Información del material base del cucharón	15
Tabla 3. Información del material base de los dientes del cucharón	15
Tabla 3. Cargas aplicadas sometidas	16
Tabla 5. Seguimiento de las puntas del cucharón.....	18
Tabla 6. Procedimiento de soldadura sometidas las herramientas de corte	19
Tabla 7. Procedimiento de soldadura sometidas las herramientas de corte	19
Tabla 8. Información de la soldadura utilizada en las herramientas de corte	21
Tabla 9. Propiedades mecánicas típicas del metal depositado	21
Tabla 10. Evaluación típica de metal depositado equivalente en %.....	22
Tabla 11. Parámetros del proceso del soldadura	22
Tabla 12. Costos de herramientas nuevas	27
Tabla 13. Estado de Resultados	27
Tabla 14. Flujo de caja	28
Tabla 15. Evaluación de sensibilidad	28

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Diagrama de relación entre el impacto y la abrasión en los cucharones..8	8
Figura 2. Cucharón del cargador frontal.....14	14
Figura 3. Inadecuado ángulo de penetración15	15
Figura 4. Dientes del cucharón.....16	16
Figura 5. Evaluación de las horas trabajadas de las herramientas de corte17	17
Figura 6. Medición de las puntas del cucharón18	18
Figura 7. Análisis estático de tensión nodal Excavadora CAT – Matriz 2.....23	23
Figura 8. Desplazamiento estático Excavadora CAT – Matriz 2.....23	23
Figura 9. Deformaciones unitaria estático Excavadora CAT – Matriz 224	24
Figura 10. Factor de Seguridad Excavadora CAT – Matriz 224	24
Figura 11. Escavadora CAT-ESCAVADOR - CAT 320D-Tensiones-Tensiones1 25	25
Figura 12. Desplazamiento estatico del cucharón.....25	25
Figura 13. Deformación unitaria estática del cucharón26	26
Figura 14. Factor de seguridad del cucharón26	26

Resumen

La presente investigación se trazó como objetivo, determinar la vida útil de las herramientas de corte (uñas) remanufacturadas, utilizando elementos finitos haciendo uso del software SolidWorks y recomendar otros metales de aporte o de soldadura, siendo un estudio de tipo aplicada de nivel cuantitativo con diseño pre experimental longitudinal, considerando una muestra las herramientas de corte de los cargadores frontales. En sus resultados en base de haber realizado los procedimientos de soldadura de diferentes cargas, se demostró que permitió alargar la vida útil en un 30% en comparación de las herramientas de corte adquiridas nuevas, asimismo que la soldadura más adecuada es el alambre sólido de acero de alta resistencia MIG ER80S D2. De tal forma concluyó, demostrando un beneficios en horas trabajadas de las herramientas recuperadas de 381 hrs, lo cual se encuentra valorizado en \$ 136.398,00 dólares, seguidamente se obtiene un análisis beneficio/costo de \$2,34 dólares indicando la viabilidad del proceso de recuperación de las herramientas de corte.

Palabras clave. Cargadores frontales, soldadura, herramientas de corte, vida útil

Abstract

The objective of this investigation was to determine the useful life of remanufactured cutting tools (nails), using finite elements using the SolidWorks software and recommending other filler or welding metals, being an applied type study of a quantitative level with Longitudinal pre-experimental design, considering a sample of front loader cutting tools. In its results, based on having carried out the welding procedures of different loads, it was highlighted that it reduced the useful life by 30% compared to the cutting tools purchased new, indicating that the most appropriate welding is solid steel wire. Heavy Duty MIG ER80S D2. In this way, he concluded, demonstrating a benefit in hours worked of the recovered tools of 381 hrs, which is valued at \$136,398.00 dollars, then a benefit/cost analysis of \$2.34 dollars is obtained, indicating the feasibility of the recovery process. recovery of cutting tools.

Keywords. Front loaders, welding, cutting tools, useful life

I. INTRODUCCIÓN

La industria mundial busca reducir uno de sus principales problemas, tales como el desgaste que conlleva a la falla y posteriormente al cambio prematuro de los equipos, esto obliga a los fabricantes buscar nuevas alternativas de solución con resultados positivos y aplicables, que para ello exploran nuevos métodos y técnicas que nos permitan optimizar en todas las etapas del proceso tanto diseño como de la manufactura (Denis, 2020). No obstante, en Gran Minería donde se utilizan los equipos más grandes disponibles en el mercado, existen equipos usados para la extracción, carga y acarreo de material, tal es el caso del cargador frontal ya que por medio de la cuchara puede penetrar el terreno abrasivo, siendo crítico el control del desgaste y rotura de las uñas, cantoneras y entre dientes de los cucharones (Carlos y Fernando, 2018). Las herramientas de corte de suelo, se utilizan con frecuencia en ingeniería, donde la adhesión del suelo en las herramientas de corte del suelo es un problema técnico importante, que resulta de las propiedades del suelo, incrementando la fuerza de tracción en más del 30% (Yu et al., 2021). En diversos estudios, resaltan que las herramientas de corte suelen fallar debido a la fatiga del material o en ocasiones el proceso de soldadura es defectuoso que conducen a fallas, como grietas por fatiga de la estructura de transporte, los lazo de la pluma de descarga, las placas de refuerzo, el eje de la rueda del cucharón, los rodamientos de giro de acero y los mismos cucharones (Andras et al., 2021).

La herramienta suele realizar el corte en un entorno muy desafiante donde las altas tensiones de contacto y las altas temperaturas son generalizadas, conllevando el desgaste de la herramienta corte, así como es el caso que se realice la perforación un taladro se afecta directamente la vida útil afectando la calidad y precisión del agujero (Yildiz et al., 2020). En consecuencia, el efecto del calor generado de este modo conduce a una vida útil más corta de la herramienta, una mayor rugosidad de la superficie y reduce la sensibilidad dimensional del material de trabajo, en efecto es más predominante cuando se mecaniza materiales difíciles de cortar, debido a la ocurrencia de calor más alto (Sreemulu et al, 2018).

Las herramientas de corte (puntas) de cargadores frontales, son instalados en la parte delantera del cucharón, con la finalidad de penetrar en el terreno abrasivo. Debido a la naturaleza del trabajo, las herramientas de corte sufren

desgaste excesivo llegando al final de su vida útil en corto periodo de tiempo, donde se observa el desgaste de las uñas de un cucharón (Caterpillar, 2015). La vida útil de las herramientas de corte es variable, según el fabricante oscila entre 1800 horas para trabajo liviano y 250 horas a menos para trabajo pesado, depende en gran medida de la frecuencia de uso y las condiciones reales de trabajo.

Los aceros inoxidables martensíticos tienen alta templabilidad, buena resistencia y corrosión, sin embargo se encuentra un alto consumo de energía en las operaciones de mecanizado debido a su maquinabilidad dura (Erdi & Mustafa, 2018). El desgaste de la herramienta en el mecanizado es difícil de predecir debido a la gran cantidad de variables influyentes y la variación del rendimiento de herramienta a herramienta (Karandikar, 2019). La rotura de la herramienta es un problema importante en el proceso de corte, debido a la menor rigidez de la micro herramienta, para hacer frente a las predicciones precisas de estabilidad dinámica y fuerza de corte tienen la máxima importancia para monitorear y optimizar el proceso (Pruyabrata et al., 2020). En consecuencia, la integridad de la superficie, incluida la rugosidad de la superficie, las tensiones residuales y las alteraciones microestructurales, han permitido analizar el modelado experimental en los procesos de mecanizado durante las últimas décadas, que afectan significativamente la vida útil a la fatiga y la resistencia a la corrosión de los componentes mecanizados (Saeghifar et al., 2020).

El presente estudio pretenderá realizar un trabajo empírico de las herramientas de corte recuperadas por soldadura siendo inexacto, ante ello no se consideran ciertos parámetros que deberían mantener respecto de la herramienta original, por tanto es un parámetro donde el ángulo de penetración que debe mantener la herramienta recuperada, esto tiene serias repercusiones en los demás sistema de la máquina, otro factor relevante es la geometría de la herramienta de corte recuperada que influye en la penetración de la herramienta en el material, el cargador frontal realiza diversos tipos de trabajos en condiciones de operación diferentes, por lo que es evidente que las herramientas de corte (puntas) recuperadas por soldadura debería poseer propiedades mecánicas apropiadas para cada condición de trabajo.

La recuperación de las herramientas de corte recuperadas por soldadura desde el punto de vista ingenieril permite mejorar desde el punto de vista técnico

respecto a las recuperadas empíricamente como actualmente se viene desarrollando. Esto implica mejoras en la rentabilidad para las empresas de maquinaria pesada debido al aumento de la vida útil de la herramienta a un bajo costo relativo.

De acuerdo con lo anteriormente descrito, tendrá que responder al siguiente problema ¿Como determinar la vida útil de las herramientas de corte (uñas) y que metales de aporte se puede recomendar para ampliar la vida útil?. De esta forma el presente estudio se justifica económicamente, ya que en mercado nacional el costo de adquisición de un juego de herramientas de corte (puntas) para el cargador 950-G CAT oscila entre \$.5000 y \$.6500, aprox., es una cifra que engrandece enormemente los costos de mantenimiento teniendo en cuenta la corta vida útil que tiene. Esto resulta poco rentable para el microempresario que se está iniciando en el servicio de alquiler de maquinaria; por tal motivo los técnicos de mantenimiento han intentado, con diferentes métodos, alargar la vida útil de la herramienta. Uno de los métodos es la recuperación de la herramienta por soldadura, se realiza de forma empírica y ha demostrado ser una buena opción debido a su bajo costo y a la simplicidad del trabajo (Fernandez, 2016).

Se planteó como objetivo general, determinar la vida útil de las herramientas de corte (uñas) remanufacturadas, utilizando elementos finitos haciendo uso del software SolidWorks y recomendar otros metales de aporte o de soldadura, con objetivos específicos, recopilar información sobre el material base y de las cargas aplicadas a las herramientas de corte, realizar un análisis comparativo de diferentes procedimientos de soldadura a fin de poder proponer el más adecuado para alargar la vida útil de las herramientas de corte, modelar en 3D la herramienta de corte recuperada por soldadura, determinar los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la herramienta de corte recuperadas bajo cargas críticas usando el software Inventor y realizar la evaluación económica de la recuperación de las herramientas de corte

En tal sentido se plantea como hipótesis: Los cordones de soldadura son procedimientos adecuados para la recuperación de las herramientas de corte (cucharones).

II. MARCO TEÓRICO

En este apartado se describen los antecedentes de estudio relacionado con las variables de estudio, se tiene a nivel internacional, De la Rosa et al. (2020) resaltan que las operaciones de mecanizado desempeñan un papel importante en la industria metalmeccánica, debido que su desarrollo se origino en el surgimiento a que se denomina mecanizado de alta rapidez, con el que la optimización de la calidad superficial, la precisión dimensional y los tiempos de producción a lo largo de la construcción de elemento metálico se obtienen mediante operaciones de mecanizado, trazándose como fin de detectar la conducta del desgaste demanda un elevado número de recursos, que se puede reducir al conseguir modelos predictivos basado en simulación numérica. Concluyeron obteniendo un modelo por procedimiento de recursos finitos, con el que se puede identificar le desgaste de la herramientas de corte en el FAV del acero AISI H13.

Fernández (2020) obtiene valor del ángulo de cizalladura o de corte para analizar la posibilidad de llevar a un entorno real de trabajo las simulaciones propuestas con los datos de corte, que se presentan mediante el método de ajuste por mínimos cuadrados, siendo un estudio de tipo aplicada. En sus resultados encontrados, no son aproximaciones realizadas mediante un software de simulación por lo que numéricamente no se alcanzan valores reales, donde se puede suponerse el mismo comportamiento que se obtendría experimentalmente. Concluyó, comprobándose que la duración de la práctica es factible, ya que los alumnos han considerado que tanto los tiempos de simulación como obtención de resultados, son razonables.

Villagómez (2020) estima que la labor primario del suelo involucra la relación de herramientas con la tierra, involucrando el cálculo de las fuerzas que trabajan sobre un bosquejo realizado en CAD, con la utilización de simulación por elementos finitos que tiene la posibilidad de juntar los comportamiento de la vida real, lo cual crea esfuerzos en el modelo, considerando el deterioro constante y su siguiente almacenamiento de fallas, donde la iniciativa es producir un modelo factible que el cliente logre seleccionar de forma fácil dependiendo de las propiedades del suelo donde se labora.

García (2020) aplicó la exploración de fallas por decisión del desgaste de los pines de conexión de los equipos hidráulicos de la excavadora cat 336, siendo un

estudio de tipo aplicada de diseño experimental. En sus resultados, destacó la estructura química, dureza, así como el temple superficial, lo cual fue sometido el pin, asimismo se realizó en base de los estudios computacionales de esfuerzos, con la deformación en programa de diseño electromecánico tales como el SolidWorks, para de esta forma poder establecer la conducta de los esfuerzos, para así de esta manera comprobar su estabilidad. Concluyó, demostrando que no existe existen diferencias de la microestructuras de las capas de temple superficial, propiedades mecánicas y química, siendo factible que el desgaste estuviera en los materiales de construcción del pin, causante de la deficiente dureza.

En la recolección de trabajos relacionados, en lo cual los autores estimaron el rango de desgaste en componentes de cargadore frontales marca “LeTourneau”, empleado con gran frecuencia en mineras de cobre, a través de la aplicación del método de elementos finitos (Fuentes et. Al., 2017). Particularmente, se enfocaron en el estudio de las partes sometidas a desgaste (dientes, adapters, entredientes, planchas, laterales, esquineros y runners), conocidas como “elementos de sacrificio”, cuyo material de las partes corresponden a las características de un acero T-500. Los autores emplearon el análisis mediante el uso de elementos finitos para poder encontrar una solución al comportamiento de elementos de desgaste, cuyo modelo numérico es complejo de resolver por medios analíticos.

Para ello emplearon el software Fortran que les permitió hacer un modelo planta en 2D de las partes sometidas a desgaste y enmallarlo para poder calcular los esfuerzos a los que están sometidas estas partes. Posteriormente con los datos obtenidos de los esfuerzos, pudieron construir un modelo 3D en SolidWorks (SW), dado que este programa permite detectar las tensiones más críticas por sobre esfuerzo. Los autores demostraron que, mediante el uso de elementos finitos, es posible establecer comparativamente como cambia la concentración de cargas, identificando puntos críticos en las principales partes sometidas a desgaste. También mediante este estudio se pudo constatar el cambio de dirección de las cargas cuando los elementos pierden material, dirigiendo la concentración de esfuerzos hacia otras partes de los elementos, lo que contribuye a acelerar el final de su vida útil, provocando fractura en dichas zonas.

Olivera (2016) realizó un esquema para lograr el diño y generación de un modelo solido de un brazo de excavadora hidráulica, en lo cual considera que el

cucharón es el fragmento de dicho brazo que está expuesto al más grande esfuerzo que en las labores de excavado en tierra, es por que sufre más inconsistencias, por lo que se hace con base en un grupo de técnicas para el desarrollo del mismo. Lo mencionado permitió analizar la lista de diseños propuestos, con el fin de desarrollar un análisis estático de las partes que integrarán el diseño en base de un estudio de componente limitado para verificar la factibilidad de las partes creadas, no sin pasar por elevado los cambiantes de fuerzas de excavación, peso total de la composición y componente de estabilidad.

En otro trabajo de investigación, el autor evaluó la resistencia al desgaste abrasivo de 2 aceros tratados, utilizados en la reparación de cucharones de retroexcavadora (Eddison, 2020). Se enfocó en analizar dos materiales ASTM A-36 y AISI 1045 para luego poder realizar tratamiento superficial de cementación y nitruración a ambos, con el fin de obtener propiedades mecánicas mejores o similares al acero antiabrasión, utilizado en fabricación de cucharones de retroexcavadoras. La cementación comprende en proceso que se sitúa en los acero en una caja de hierro fundido en el horno de una temperatura de 950 °C durante el período de 8 hora, el temple se desarrolla en base a una temperatura de 880 °C que rápidamente se enfría en agua y finalmente se desarrolle el revenido a temperaturas de 200 °C.

La nitruración consiste en integrar nitrógeno al área de acero compuesto primordialmente en etapa ferrítica, por medio del calentamiento en una atmósfera de amoníaco a la temperatura de 500°C, a lo largo de 15 horas para poder hacer una capa de nitruración hondura. Después obtuvo que la dureza del acero ASTM A – 36 con cementación es de 484 HB, con nitruración es de 151 HB, en el acero AISI 1045 con cementación de 586 HB, y la nitruración de 178 HB. Al termino del ensayo de desgaste abrasivo el autor realizó una comparación de las pérdidas volumétricas entre los acero con los procedimientos superficiales, mientras que en el acero antiabrasión se debe que el material es empleado en obra de cucharones de retroexcavadoras, obteniendo el desgaste es menor en aceros cementados, acero antiabrasión, empero es más grande en acero que están en procedimiento de nitruración.

A continuación, se presentó el fundamento teórico más relevante relacionado al tema de investigación. El desgaste entorno de los equipos de ingeniería, se

origina por el deslizamiento consecutivo que se da entre 2 zonas solidas con o sin lubricación, dicho medio de movimiento relativos bajo la acción de determinadas cargadas, la resultante de dicho fenómeno es la pérdida del material en el área, modificando sus magnitudes y pérdidas de tolerancias. Existen 3 fases de desgaste, los cuales se detalla a continuación, mediante el uso de las ecuaciones más generales que permiten calcular el desgaste fue desarrollada por Archvard (Ivan, 2016).

$$v = K \frac{Lx}{h}$$

Donde: V= volumen perdido por desgaste; H= dureza del material; L= Fuerza normal; X= Distancia de deslizamiento; K: coeficiente de desgaste

El desgaste por adherencia, se da al instante de que 2 zonas se deslizan una sobre otra, lo cual instituye fuerzas adhesivas bastante fuertes que tienen la posibilidad de arrancar los fragmentos adheridos entre las dos áreas. **El desgaste abrasivo** pasa una vez que las partículas duras ruedan o se deslizan bajo presión por medio de una área o además una vez que una área rígida se emerge contra otra. Las partículas desgastadas por rozamiento del objeto más duro poseen a rasguñar o acanalar al material más dócil.. **Desgaste por fatiga** suele producirse durante el deslizamiento constante que son causante de fracturas superficiales, debido a la carga seguida que ocasionan la destrucción de la superficie del componente mecánico (Francisco, 2021).

La excavadora es una máquina que está autopropulsada sobre cadenas o ruedas con una estructura capaz de realizar una rotación de 360°, que eleva, carga, excava, gira y descarga materiales debido a que posee una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín como se muestra en la figura (Cesar, 2017). Una de sus principales características de las excavadoras es su versatilidad de poder utilizar diferentes herramientas de acuerdo al trabajo que realiza. Entre ellas se encuentran los cucharones, martillos, trituradores, cizallas, compactadores, garfios, pulverizadores, entre otros.

Cada una de estas herramientas está diseñada para optimizar su uso y poder brindar a la maquina un mejor rendimiento (Stanli, 2020). Los cucharones pueden realizar las tareas de, movimiento de material,excavación, carguío o perfilado de terreno existe un gran número de opciones clasificados en cuatro grupos: Servicio

Extremo (XD), Servicio Exigente (SD), Servicio General (GD) y Servicio Pesado (HD). Estos grupos se pueden apreciar las zonas que van a tener mayor desgaste. Lo que se busca es hacer un balance perfecto entre el material, duración del cucharón y el tipo de aplicación (Stanli, 2020).

Para poder elegir qué tipo de cucharón usar, se tienen que considerar factores como: la densidad del material, la dureza del material, la máxima capacidad de carga del equipo y sobre todo la abrasión del material lo que causara desgaste del cucharón. La relación entre el impacto y la abrasión en el cucharón según el material. Gracias a esta relación podemos identificar el tipo de cucharón que se debe utilizar y así poder lograr una mayor duración de la vida útil del cucharón, lo cual afecta al costo directamente (Aderlí, 2015).

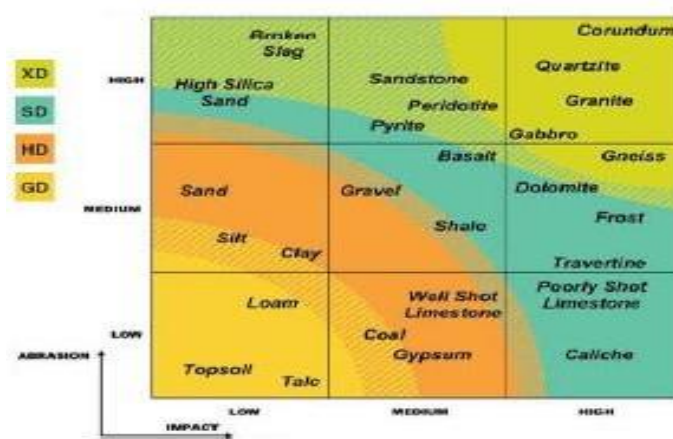


Figura 1. Diagrama de relación entre el impacto y la abrasión en los cucharones

Fuente: (Caterpillar, 2015)

Para que los cucharones logren conseguir la rotura del material requieren de un elemento adicional, dichos elementos o herramientas de corte, se llaman GETs que en sus siglas en inglés significa "Ground Engaging Tools" o además conocido como dientes o uñas. Estas puntas metálicas, permiten romper y desgarrar el material cada vez que hay un efecto entre el cucharón y el lote. El número de dientes en un cucharón es dependiente tanto de la aplicación como del tipo de cucharón, lo más común es situar entre 4 a 5 dientes (Rodrigo, 2016). Al igual que los cucharones, los dientes de perforación son herramientas de corte para excavación y los consumibles más importantes para las excavadoras. Los dientes son los dientes más desgastados y necesitan ser controlados y reemplazados con frecuencia porque son la primera parte de la excavadora que entra en contacto con

la tierra (Francisco, 2021).

Desgaste de los dientes, el desgaste que experimentan los dientes suele ser una fricción constante con el material o el suelo en el que está trabajando la excavadora, comparando los dientes desgastados con los nuevos. Dado que los dientes son consumibles y una parte integral del costo de funcionamiento de una máquina, se debe controlar su desgaste y uso, así que intente controlar y minimizar las variaciones en estos dientes y reduzca los costos asociados con el uso de estos (Eduard, 2020).

Los dientes se desgastan de muchas maneras diferentes, determinadas por su aplicación, es decir, el propósito de la excavadora, el tipo de material y el tipo de dientes, lo que define el impacto del desgaste del material en los dientes. Una forma corresponde al desgaste de los cuatro lados expuestos al suelo, corresponde al desgaste lateral de los dientes y determina el desgaste del espesor del diente. El ultrasonido se utiliza para medir este desgaste. La segunda forma de pensar en cuantificar el desgaste corresponde a la longitud del diente (generalmente la punta del diente es la que primero entra en contacto con el material). Esta forma de desgaste se cuantifica fácilmente midiendo con una cinta métrica desde el extremo inferior (raíz) hasta el punto máximo de la punta (Caterpillar, 2015).

El monitoreo del desgaste de los dientes es necesario para tener bien controlado su consumo. Sin embargo, la tarea es manual, se requiere que el equipo este completamente parado y sobre todo disponer de una persona que pueda realizarla inspección, esta persona sería conocido como inspector GETS. **La reparación por medio de soldadura** en la mayoría de casos resulta generalmente más económica ya que para obtener una pieza nueva puede requerir de mucho tiempo y también la parte nueva adquirida tiene un costo mayor al de la reparación de la parte dañada. Muchos componentes y piezas dedesgastan continuamente, particularmente en maquinaria de los sectores de construcción y agrícola, partes de máquinas herramientas e incluso de vehículos. En ocasiones las piezas reparadas resultan ser más empleadas que las piezas que vienen de fábrica, donde los metales y/o aceros de bajo carbono pueden ser reparados sin afectar negativamente a la vida útil de la pieza.

En la deformación convencional, cuando se aplica una fuerza de tracción uniaxial a la barra, dada que se conduce a la dirección de la fuerza, con dicho

alargamiento se llama albeo, en lo cual la deformación convencional se establece como la relación entre el cambio de longitud en la dirección de la fuerza aplicada y longitud original de la muestra en consideración (Beer et al., 2010). Entonces, la deformación para una barra de metal es:

$$e = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Donde: $L - l_0$: cambio de la longitud de la muestra; L_0 : longitud original

Método de elemento Finito (MEF) es el procedimiento general para la resolución de problemas utilizando elementos finito, resumiéndose en los siguientes pasos: establecer el problema, su geometría y propiedades del materiales, con el propósito de decidir si se puede modelar empleando el software de elementos finitos disponible; creando una geometría, asignando propiedades del material, aplicando las condiciones de contorno, tales como soporte o restricciones y finalmente someter las cargas en el modelo; mallar el modelo empleando el tipo de elementos finitos seleccionado; analizar todo el modelo FE creado y finalmente evaluar e interpretar los resultados (Raquel, 2021).

La determinación correcta de su estado técnico, la evaluación del desgaste y la fatiga del material estructural mediante la estimación de la vida útil restante son de suma importancia tanto desde el punto de vista económico como de seguridad, lo cual permite un funcionamiento posterior al tiempo que garantiza una seguridad adecuada y menores costos (Andras et al., 2021). La transferencia de carga se acompaña del movimiento relativo de los dientes del engranaje y del piñón con deslizamiento, de dicha forma la tensión de las capas superficiales, causada por las presiones de contacto (Markovic et al., 2021).

El cargador frontal es el más común, pero el volcado de acarreo de cargado es necesario en la minería subterránea y su gran tamaño de una barrera inherente a su evaluación con el análisis efectivo, siendo el cucharón es la parte más grande de las máquinas y la experimentación física para las mejoras de diseño es tediosa y financieramente costosa (Rehman et al., 2022). La presencia de una gran carga útil, combinada con el peso propio del cucharón, da como resultado una carga de tensión extrema de todo el conjunto frontal de la pala, especialmente el conjunto dientes, está sujeto a las fuerzas resistivas de formación, donde la mayoría son de naturaleza dinámica (Muhammad & Frimpong, 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio es de tipo aplicada, caracterizada por activa debido que se encuentra ligada a la pura o básica, porque depende de sus descubrimiento y aportes teóricos (Gallardo, 2017). De nivel cuantitativa, debido que brindar la posibilidad de que sea repetido y un enfoque referente a características específicas de los fenómenos, asimismo permitirá la comparación entre investigaciones similares (Hernández & Mendoza, 2018). De enfoque explicativo, dado que buscará encontrar las causas de determinados fenómenos, para así establecer relaciones causales entre variables (Hernández & Mendoza, 2018).

El diseño de investigación es pre experimental – longitudinal. De acuerdo Hernández y Mendoza (2018) es pre experimental, porque el estudiador pretende aproximar a un estudio experimental, pero no logra contar con los medios suficientes que permitan la validez interna. Es longitudinal, consta en dar seguimiento a una conjunto de unidades durante un período establecido, lo que implicar integrar diversas observaciones, con el propósito de analizar su evolución de una razón de estudio (Alan & Cortez, 2018).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente. Fuerzas que generan el desgaste en el cucharón

Definición conceptual

Es la fuerza que ejerce la cuchara con la tierra al ser removida (Cesar, 2017).

Definición operacional

Determinar el desgaste de los dientes del cucharón, mediante el indicador milímetros con escala de medición razón.

Variable dependiente. Tiempo de vida útil

Definición conceptual

La vida útil es el período en el que se espera utilizar el activo por parte de la empresa y, a su vez, el tiempo durante el cual se produce la amortización (Edisson, 2020).

Definición operacional

Determinar el aumento de la Dureza, mediante el indicador Grados Brindell.

Matriz de operacionalización (Ver Anexo 01)

3.3. Población, muestra y muestreo

La población estará conformada por todos los cargadores frontales de la empresa minera Altamina. De acuerdo, Alan y Cortez (2018) deduce que la población se basa en un conjunto de objeto a los que se pretende estudiar, de tal forma se selecciona en diversos parámetros que permitan atribuir en la recolección de data relevante, para así analizar la inconsistencia presentada.

La muestra estará conformada por las herramientas de corte de los cargadores frontales. De acuerdo, Alan y Cortez (2018) dedujeron que la muestra está conformada por un subgrupo que es representativo de las situaciones de una población.

El muestreo no probabilístico por conveniencia. De acuerdo Hernández y Mendoza (2018) afirman que el muestreo, comprende en la selección de una agrupación de objetos de los cuales son representativo a una población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, son la observación lo cual permitirá examinar de manera directa el fenómeno de estudio tal como se representa en la recolección de datos, respecto al desgaste de las herramientas de corte de los cargadores frontales. El análisis de documento, se analizaron artículos, informes, así como normas que permitan sustentar la realización del presente estudio.

En base a los instrumentos de recolección de datos, se empleó la ficha de observación comprende en la realización de un formato para la supervisión del desgaste de las herramientas de corte del cargador frontal. La ficha de análisis, están denominadas para recopilar y organizar información de forma analítica sobre un autor en específico.

3.5. Procedimientos

En primer paso, se procederá a utilizar una ficha de observación directa donde se registrará las medidas de la geometría de la pala excavadora 320D – CAT, proporcionadas por la empresa Antamina. Según paso, mediante la técnica análisis de documentos, se podrá determinar las propiedades o características mecánicas del material utilizados en la fabricación de las herramientas de corte del cucharón de la excavadora 320D - CAT.

Tercer paso, una vez conocido el material y su composición, se procederá a proponer procedimientos de soldadura con el fin de alargar la vida útil de las herramientas de corte desgastadas, estos procedimientos serán seleccionados de

acuerdo a las propiedades mecánicas que tiene las herramientas de corte.

Cuarto paso, se procederá a hacer un modelamiento en 3D en el software SolidWorks de las herramientas de corte recuperadas por soldadura. Quinto paso, una vez modelado, se procederá a determinar los esfuerzos, deformaciones, factor de seguridad y su vida útil de la herramienta de corte recuperada bajo cargas críticas, para lo cual emplearemos el método de elementos finitos por medio del software SolidWorks. Sexto paso, se evaluará económicamente la recuperación de la herramienta de corte.

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis de este proyecto de investigación, es un análisis descriptivo. Se recolectará la información a través de revisiones de antecedentes, esta información será consolidada e interpretada a fin de obtener los resultados requeridos. También se utilizó el método numérico de elementos finitos, establecido por el software SolidWorks que calcula y registra a un nivel programado las deformaciones esfuerzos, vida útil, etc.

3.7. Aspectos éticos

Según la Resolución N° 0262 del Sindicato de Estudiantes de la Universidad César Vallejo para el año 2020, destaca que el Código de Ética es de obligado cumplimiento para los profesionales que realizan algún tipo de investigación científica en la UCV. Por lo tanto, para este estudio, se considerará la recolección de datos, que se basa en la originalidad de la investigación buscada por diferentes autores, para evitar cualquier tipo de similitud y para citar datos correctos, lo que se sustenta en la ética.

Finalmente, el desarrollo de la investigación se basará en aspectos éticos y principios de la bioética, que incluyen el respeto a la autenticidad de los resultados y datos proporcionados por los participantes de acuerdo con el marco legal prescrito.

IV. RESULTADOS

4.1. Recopilar información sobre el material base y de las cargas aplicadas a las herramientas de corte

Los cargadores frontales se componen de un tractor montado sobre neumático o sobre orugas con un cucharón en la parte frontal. El cucharón es lo suficiente fuerte como para absorber los golpes a que lo somete el tractor y es lo suficientemente liviano para lograr levantar grandes cargas sin peligro que se pierda el equilibrio del equipo.

Tabla 1. Capacidad del cucharón

Capacidad del cucharón	3,40 a 4,60 m ³
Capacidad máxima del cucharón	5,06 m ³



Figura 2. Cucharón del cargador frontal

Fuente. Fotografía tomada por el tesista

El cucharón del cargador frontal, se emplea específicamente en el sector minero, para cargar materiales en los camiones de traslado, como también es lo suficientemente fuerte para absorber los golpes a que lo somete el tractor y liviano para lograr levantar cargas sin peligro que se pierda el equilibrio del equipo.

Actividades inadecuadas sometidas las herramientas de corte

- Inadecuado ángulo de penetración
- Excesivo trabajo los adaptadores se rompen por el esfuerzo sometido.
- Movimiento lateral del cucharón dentro del banco de trabajo, produce más con el terreno ocasionando una rotura, asimismo produce que el puntas o dientes realicen el trabajo.



Figura 3. Inadecuado ángulo de penetración

El cucharón de los cargadores frontales, se emplean primordialmente para la carga en canteras y minas a cielo abierto, está realizado con material base de AISI 1020 Acero laminado en frío.

Tabla 2. Información del material base del cucharón

Nombre:	AISI 1020 Acero laminado en frío
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
Límite elástico:	3.5e+08 N/m ²
Límite de tracción:	4.2e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2.05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.29
Densidad:	7,870 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.17e-05 /Kelvin

Dientes del cucharón del cargador frontal

Los dientes del cucharón del cargador frontal permiten, facilitar el recojo de los materiales, idealmente el tamaño se basa de acuerdo al material que se planea movilizar.

Tabla 3. Información del material base de los dientes del cucharón

Nombre:	AISI 1015 Acero estirado en frío (SS)
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	3.25e+08 N/m ²
Límite de tracción:	3.85e+08 N/m ²

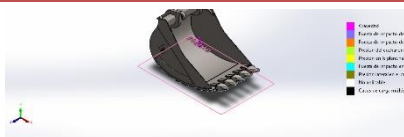
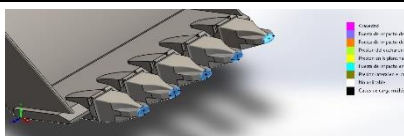
Módulo elástico:	2.05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.29
Densidad:	7,870 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.2e-05 /Kelvin

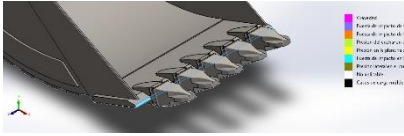
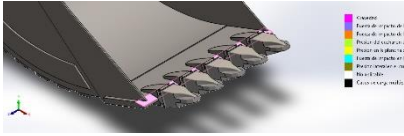
El material que se encuentra conformado los dientes del cucharón es de AISI 1015 denominado Acero estirado en frío (SS), con un coeficiente de Poisson 0,29 con una coeficiente de dilatación térmica de 1.2 e -05/Kelvin.



Figura 4. Dientes del cucharon

Tabla 4. Cargas aplicadas sometidas

Tipo de cargas	Imagen referencial	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: m/s ²
Fuerza de impacto de la uña		Entidades: 25 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 175,000 N

Tipo de cargas	Imagen referencial	Detalles de carga
Fuerza de impacto en la plancha		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 140,000 N
Fuerza de impacto de la plancha		Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---; ---; -,140,000 N

Los tipos de cargas aplicadas a las herramientas de corte del cargador frontal, es la gravedad, la fuerza de impacto de la uña están en un valor de 175,000 N y fuerza de impacto de la plancha está en un valor de 140,000 N.

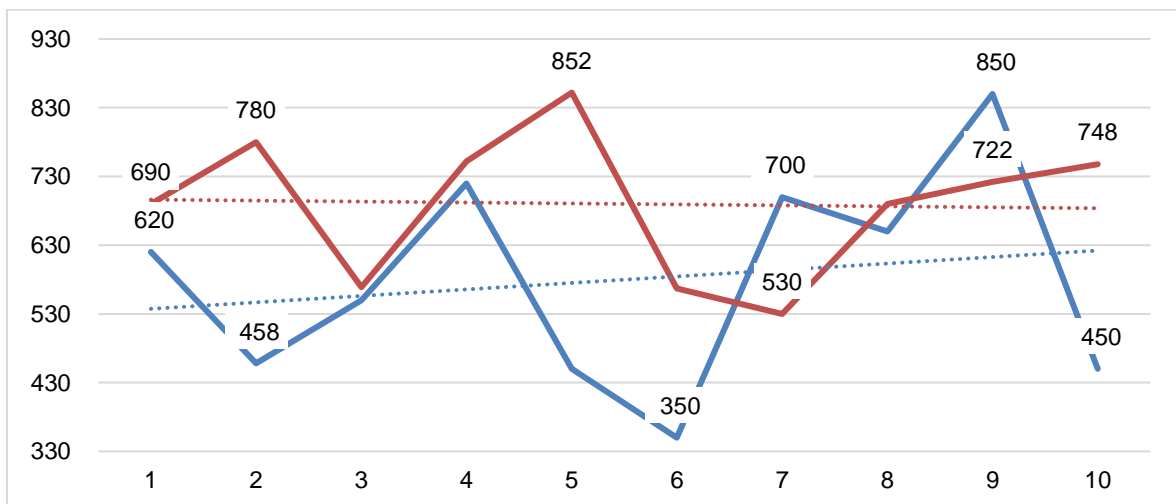


Figura 5. Evaluación de las horas trabajadas de las herramientas de corte

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la evaluación de las horas trabajadas de los cucharones de los cargadores frontales, mantiene un compartimiento inestable, debido que en ocasiones presentan mayor durabilidad, consecuente del esfuerzo sometido en la operación.

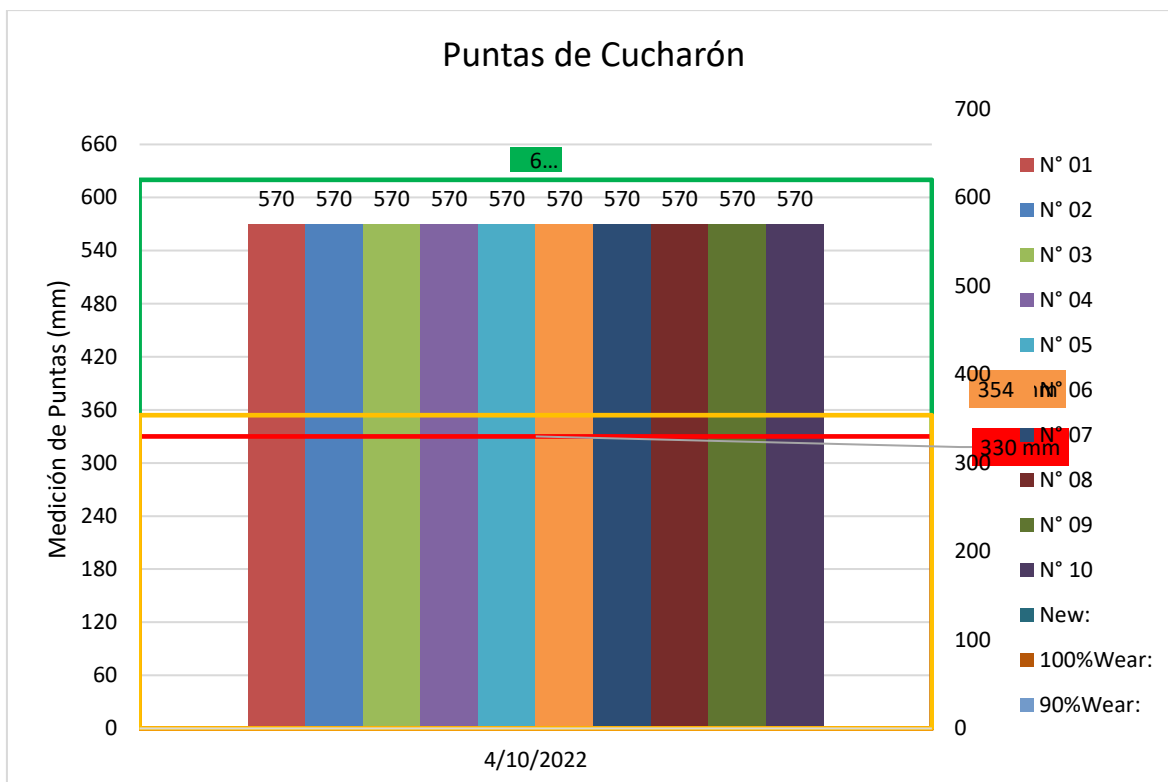


Figura 6. Medición de las puntas del cucharón

Fuente. Elaboración propia

Tabla 5. Seguimiento de las puntas del cucharón

N° Punta	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 9	N° 10
%	46%	54%	52%	58%	58%	58%	63%	50%	58%	54%
Hrs puntas	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196

Fuente. Elaboración propia

El seguimiento de las puntas del cucharón, se desarrolla de acuerdo a la operaciones que esta misma ejecuta, asimismo son controladas de acuerdo al horómetro que remarca el cargador frontal.

4.2. Realizar un análisis comparativo de diferentes procedimientos de soldadura a fin de poder proponer el más adecuado para alargar la vida útil de las herramientas de corte, modelar en 3D la herramienta de corte recuperada por soldadura

Los procedimiento de soldadora, fueron realizado en base a los tipos de carga sometidas las herramientas de carga tales como la fuerza en base de un valor de 140000 N; presión 1 388,889 N/m²; presión- 2 1.55556e+06 N/m² y la fuerza 2 140,000 N.

Tabla 6. Procedimiento de soldadura sometidas las herramientas de corte

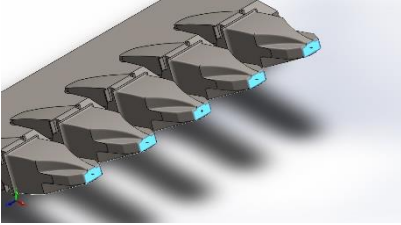
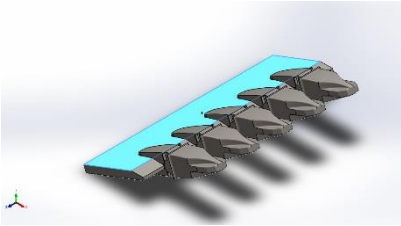
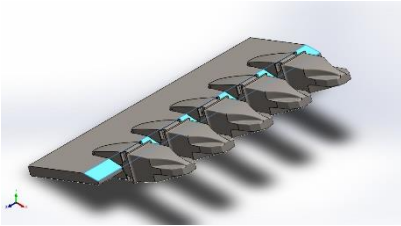
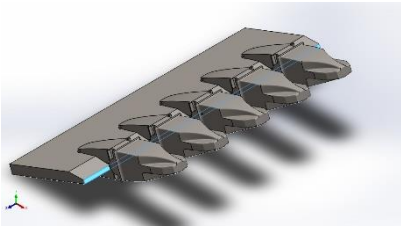
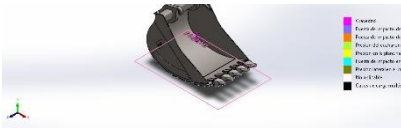
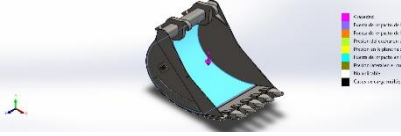
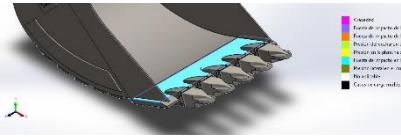

Tipo de cargas	Imagen referencial	Detalles de carga	
Fuerza-1		Entidades:	5 cara(s)
		Tipo:	Aplicar fuerza normal
		Valor:	140,000 N
Presión-1		Entidades:	1 cara(s)
		Tipo:	Normal a cara seleccionada
		Valor:	388,889
		Unidades:	N/m ²
		Ángulo de fase:	0
		Unidades:	deg
Presión-2		Entidades:	1 cara(s)
		Tipo:	Normal a cara seleccionada
		Valor:	1.55556e+06
		Unidades:	N/m ²
		Ángulo de fase:	0
		Unidades:	deg
Fuerza-2		Entidades:	1 cara(s)
		Tipo:	Aplicar fuerza normal
		Valor:	140,000 N

Tabla 7. Procedimiento de soldadura sometidas las herramientas de corte

Tipo de cargas	Imagen referencial	Detalles de carga	
Gravedad-1		Referencia:	Planta
		Valores:	0 0 -9.81
		Unidades:	m/s ²

Tipo de cargas	Imagen referencial	Detalles de carga
Presión en el cucharón si estuviera llena		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Normal a cara seleccionada</p> <p>Valor: 71,066</p> <p>Unidades: N/m²</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>
Presión en la plancha si estuviera llena		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Tipo: Normal a cara seleccionada</p> <p>Valor: 388,889</p> <p>Unidades: N/m²</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>
Presión lateral en el cucharón cuando está llena		<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Tipo: Normal a cara seleccionada</p> <p>Valor: 141,414</p> <p>Unidades: N/m²</p> <p>Ángulo de fase: 0</p> <p>Unidades: deg</p>

Posterior de haber realizado los procedimientos de soldadura, basado en las diferentes cargas, se evaluó que la soldadura que permitirá alargar la vida útil es la MIG – ER80S – D2 concerniente a un alambre sólido de acero de alta resistencia, recubierto de cobre que proporciona soldaduras de calidad de rayos cuando se emplea en acero al carbono y de baja aleación.

Tabla 8. Información de la soldadura utilizada en las herramientas de corte

Nombre:	MIG- ER80S-D2
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
Límite elástico:	5.30896e+08 N/m ²
Límite de tracción:	6.34318e+08 N/m ²
Módulo elástico:	1.68284e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.31
Densidad:	7,870 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.22e-05 /Kelvin

De acuerdo a la ficha técnica de la soldadura, esta posee las siguientes características:

- Alambre tubular con requerimientos CO₂ como gas de protección
- Diseñado para soldadura de aceros de alta resistencia a la tracción del orden de 590 MPa.
- Aplicaciones típicas incluyen maquinarias, construcción naval, puentes y fabricaciones en general.
- Alta tenacidad a bajas temperatura.
- Brinda un arco suave con bajos niveles de salpicadura y excelente apariencia del cordón.

Tabla 9. *Propiedades mecánicas típicas del metal depositado*

Gas	CO ₂
Esfuerzo Fluencia en 0.2% Mpa	590
Esfuerzo Máximo de Tracción MPa	650
Elongación (L=4d)%	28
E. Absorbida Ch-v	120 J a – 30°C

Fuente. (INDURA, 2022)

Tabla 10. Evaluación típica de metal depositado equivalente en %

GAS	CO2
C	0.04
Si	0.35
Mn	1.17
Ni	0.92
Mo	0.2

Fuente. (Recubrimiento Protector. SMAW, 2022)

La evaluación típica de metal depositado equivalente en % de la soldadura, fue establecida, mediante C, Si, Mn, Ni, Mo. El electrodo para que recargue gran resistencia a la corrosión oxidación y abrasión severa, refiere al material depositado que es una función blanda con alta de contenido de cromo, ante ello es recomendable aplicar 2 pases para que el relleno no se desprenda, en la mayoría de los casos para obtener las características deseadas, es necesario usar una cama cojín apropiada en función a las características del material base o los desgastes que se encuentran presentes.

Los cordones que deposita son perfectamente lisos, libres de poros, sin salpicaduras ni inclusiones de escoria, el material de aporte es no maquinable pero puede ser forjado y templado.

Tabla 11. Parámetros del proceso del soldadura

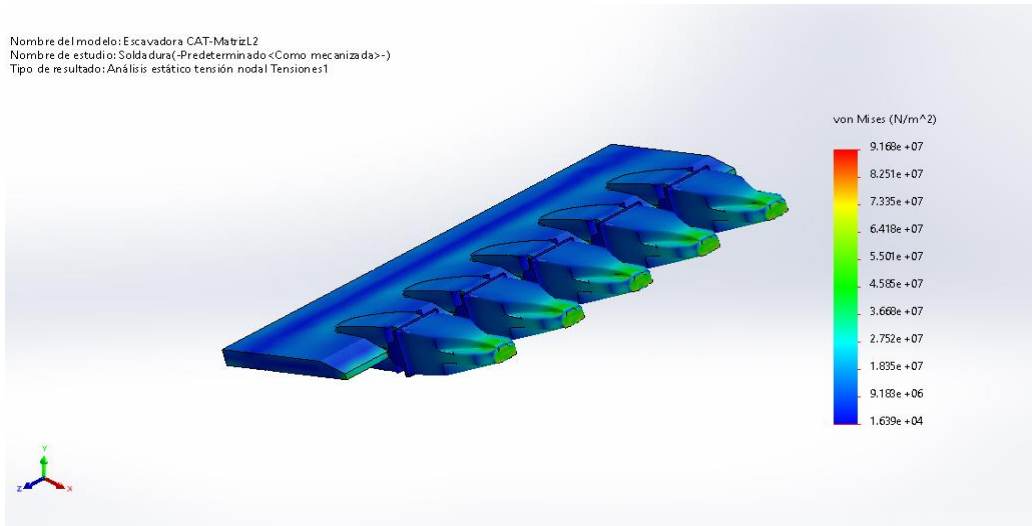
Diámetro	mm	3,25	4,00	5,00
	Pulgadas	1/8	5/32	3/16
Amperaje mínimo		120	150	180
Amperaje máximo		140	160	230

Fuente. (Recubrimiento Protector. SMAW, 2022)

Los parámetros del proceso de soldadura, se debe tomar en cuenta que antes del proceso se debe recubrir piezas que están expuestas a desgaste por abrasión severa y bajo impacto.

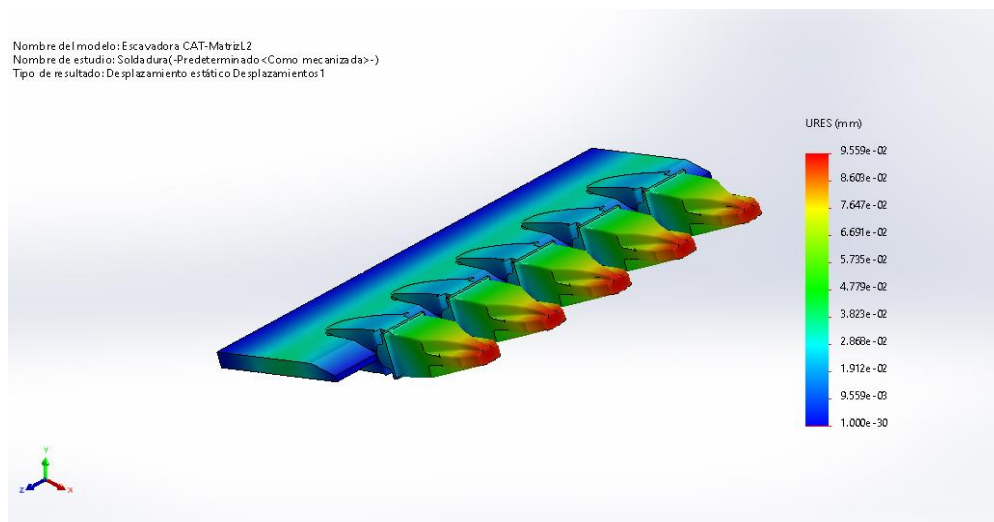
4.3. Determinar los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la herramienta de corte recuperadas bajo cargas críticas usando el software SolidWorks

Figura 7. Análisis estático de tensión nodal Excavadora CAT – Matriz 2



El análisis nodal de la tensión nodal, será en base de un tipo de Tensión von mises en base de un mínimo de $1.639e+04\text{N/m}^2$ Nodo: 35645 y un máximo $9.168e+07\text{N/m}^2$ Nodo: 50405

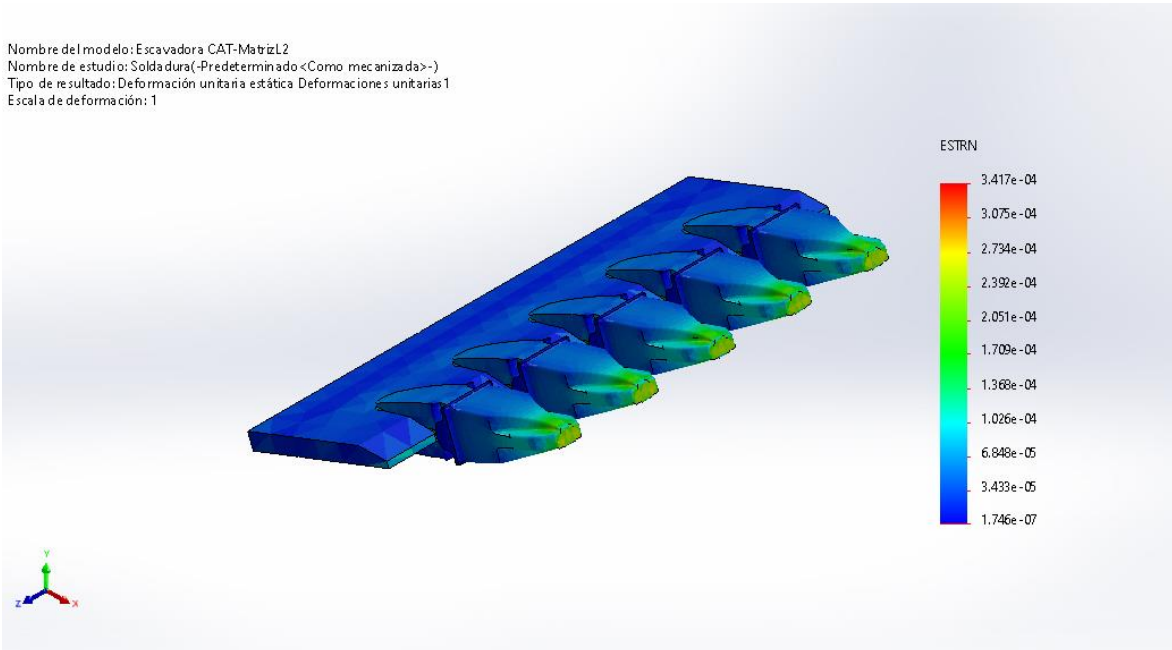
Figura 8. Desplazamiento estático Excavadora CAT – Matriz 2



En el desplazamiento estático Excavadora CAT – Matriz 2, de tipo URES de

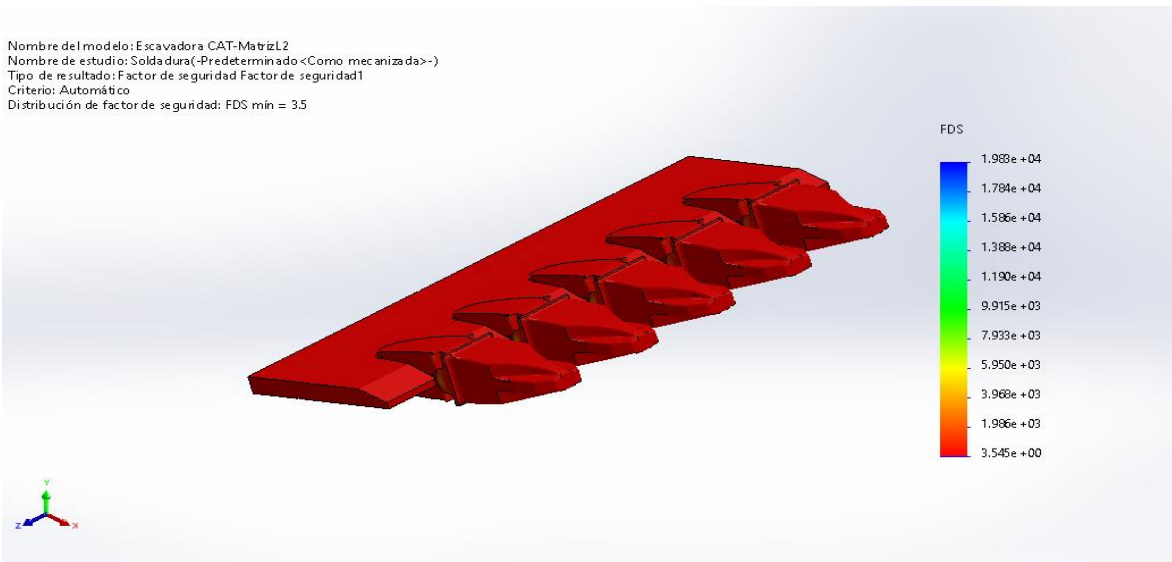
desplazamiento resultantes, con mínimo 0.000e+00mm Nodo: 96 y un máximo de 9.559e-02mm Nodo: 34809

Figura 9. Deformaciones unitaria estático Excavadora CAT – Matriz 2



Las deformaciones unitaria estático Excavadora CAT – Matriz 2 en base del tipo ESTRN referente a la deformación unitaria equivalente, cuenta con un mínimo 1.746e-07 y un máximo 3.417e-04

Figura 10. Factor de Seguridad Excavadora CAT – Matriz 2

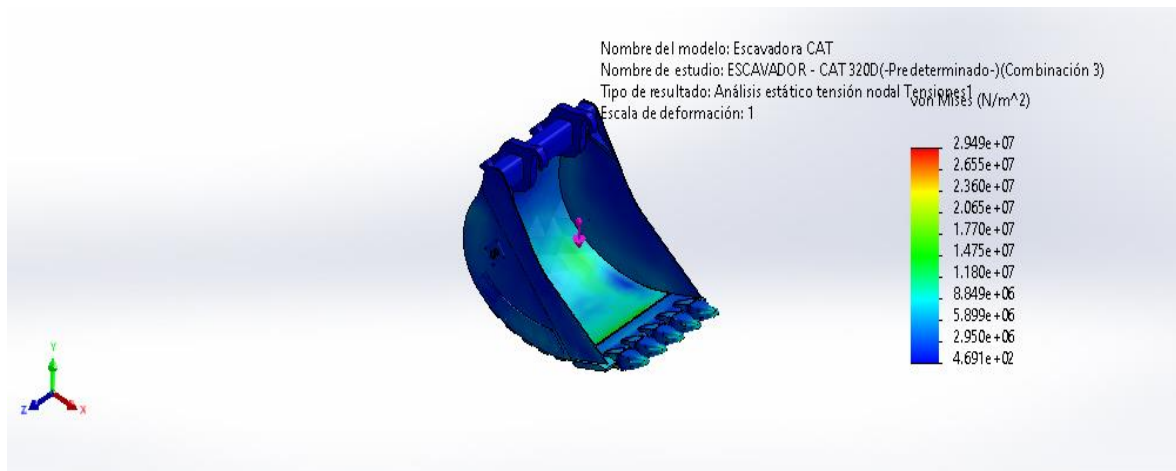


El factor de seguridad de la excavadora CAT – Matriz 2, en base del tipo automático con un mínimo 3.545e+00 Nodo: 50405 y con máximo 1.983e+04 Nodo:

35645.

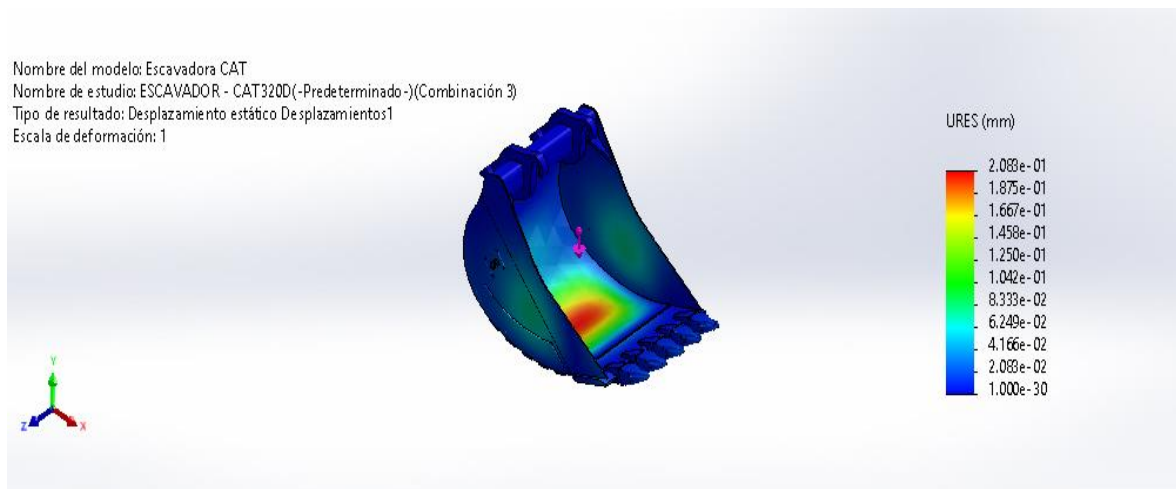
Cucharón del Cargador frontal

Figura 11. Escavadora CAT-ESCAVADOR - CAT 320D-Tensiones-Tensiones1



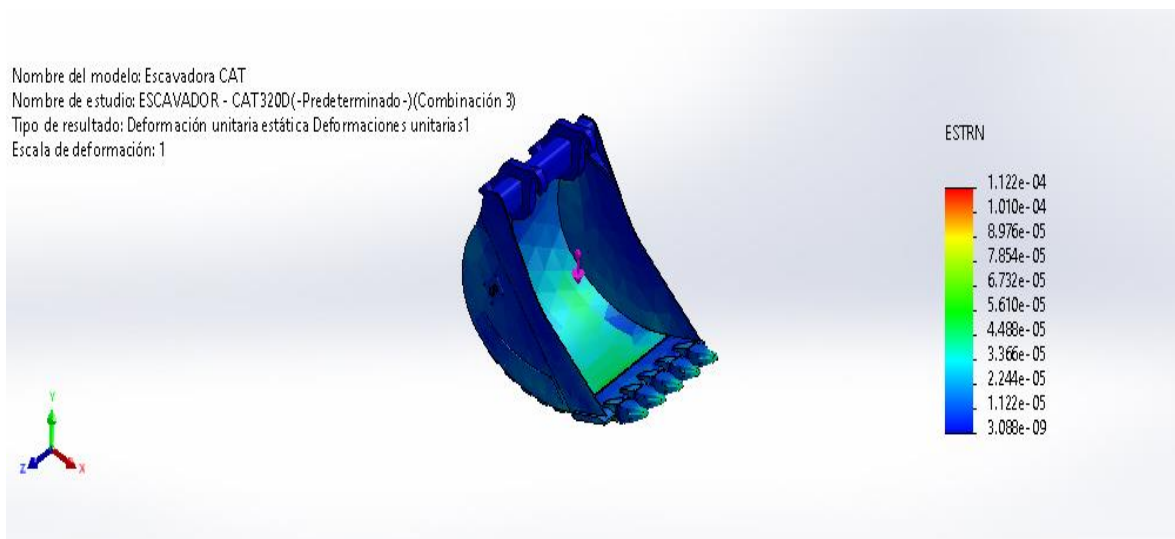
En el análisis del análisis estático de la tensión nodal del cucharón del cargador frontal en base del tipo VON: Tensión von, presenta un mínimo de $4.691e+02\text{N/m}^2$ Nodo: 11167 y un máximo $2.949e+07\text{N/m}^2$ Nodo: 24886

Figura 12. Desplazamiento estatico del cucharón



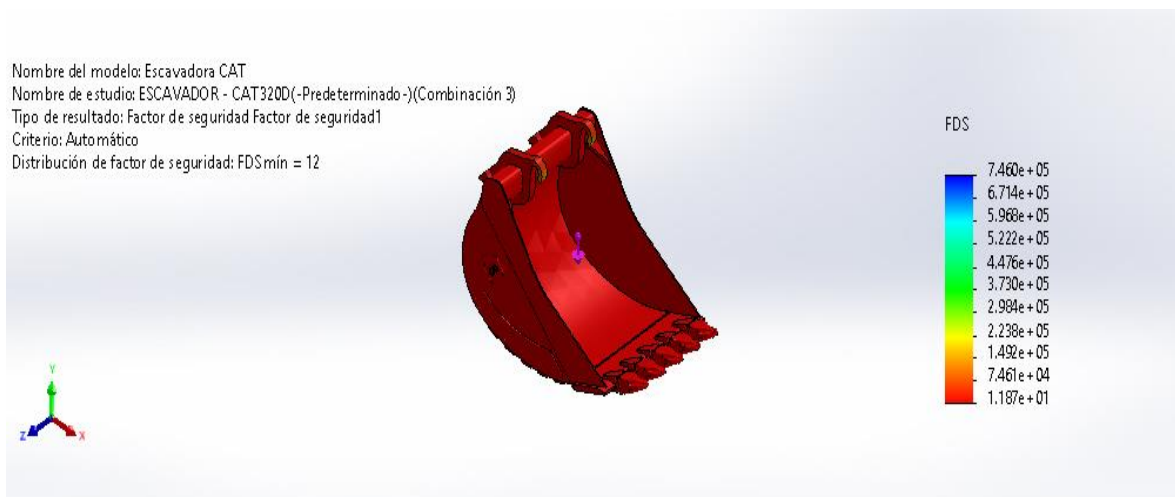
El desplazamiento estático del cucharón del cargador frontal, en base del tipo URES que son los desplazamientos resultados, obtiene un mínimo $0.000e+00\text{mm}$ Nodo: 7895 y un máximo $2.083e-01\text{mm}$ Nodo: 9608

Figura 13. Deformación unitaria estática del cucharón



La deformación unitaria estática referente a las deformaciones unitarias del cucharón del cargador frontal, en base del tipo ESTRN: Deformación unitaria equivalente presenta un mínimo de $3.088e-09$ Elemento: 5337 y máxima $1.122e-04$ Elemento: 19238

Figura 14. Factor de seguridad del cucharón



El factor de seguridad $FOS_{min} = 12$ del cucharón del cargador frontal de tipo automático obtiene un mínimo de $1.187e+01$ Nodo: 24886 y un máximo de $7.460e+05$ Nodo: 11167. Posterior de haber realizar el análisis por elemento finitos, se obtiene que permite incrementa la vida útil de las herramientas de corte en los cargadores frontales en un 30%, debido que el uso de esta genera mayor volumen e trabajo y mayor área de trabajo de penetración.

4.4. Realizar la evaluación económica de la recuperación de las herramientas de corte

Tabla 12. Costos de herramientas nuevas

	Cucharón	Dientes de cucharon
Nuevo	580 hrs	690 hrs
Reparadas	754 hrs	897 hrs
Diferencia hrs	174 hrs	207 hrs
Costo por hora	\$ 358,00	\$ 358,00
Beneficio obtenido	\$ 62.292,00	\$ 74.106,00

Fuente. Elaboración propia

En la determinación de la vida útil de las herramienta se realizó una comparación del rendimiento del cucharón, así como de los dientes mismo, de tal forma se demuestra un diferencia de horas en beneficio de 174 hrs, mientras que para los dientes de 207 hrs, por lo cual se valorizó en \$ 136.398,00

Tabla 13. Estado de Resultados

Año	0	1	2	3
Ingresos		\$136.398,00	\$143.217,90	\$150.378,80
costos operativos		\$0,00	\$0,00	\$0,00
depreciación		\$0,00	\$0,00	\$0,00
GAV		\$100,00	\$105,00	\$110,25
Utilidad antes de impuestos		\$136.298,00	\$143.112,90	\$150.268,55
Impuestos (29.5%)		\$40.207,91	\$42.218,31	\$44.329,22
utilidad después de impuestos		\$96.090,09	\$100.894,59	\$105.939,32

El estado de resultados, fue desarrollado en base de 3 años, asumiendo las utilidad antes de impuesto equivalente al beneficio obtenido de la vida útil, posterior ser disminuyó los impuestos de la renta equivalente en un 29,5%.

Tabla 14. Flujo de caja

Año	0	1	2	3
Utilidad después de impuestos		\$96.090,09	\$100.894,59	\$105.939,32
Depreciación		\$0,00	\$0,00	\$0,00
Inversión	\$45.000,00	\$96.090,09	\$100.894,59	\$105.939,32
FNE	-\$45.000,00	\$96.090,09	\$100.894,59	\$105.939,32
Ingresos		\$136.398,00	\$143.217,90	\$150.378,80
Egresos	\$45.000,00	\$40.307,91	\$42.323,31	\$44.439,47

Fuente. Elaboración propia

En el flujo de cada, se consideró los ingreso obtenido del valorizado de la vida útil, mientras que los egresos constan de lo invertido para reparar a los cucharones por soldadura.

Tabla 15. Evaluación de sensibilidad

VAN	\$205.332,37
TIR	210,3%
VAN Ingresos	\$355.341,90
VAN Egresos	\$150.009,53
B/C	2,37
TMAR	10%

En la evaluación económica, se obtuvo un valor actual neto, para la tasa de descuento de la propuesta es VAN= \$205.332,37, demostrándose que se genera beneficios posterior de haber logrado cubrir todos los costos, siendo viable en la recuperación de las herramientas de corte. La tasa de interna de retorno, es de 210,3% siendo mayor al costo de capital de 10%, por ende la recuperación de las herramientas de corte genera beneficios, significando un incremento de la rentabilidad. Seguidamente, el análisis de beneficio/costo es de \$2,34 dólares .

V. DISCUSIÓN

Se planteó como primer objetivo específico, recopilar información sobre el material base y de las cargas aplicadas a las herramientas de corte, encontrándose que el cucharón de los cargadores frontales se emplea primordialmente para la carga en canteras y minas a cielo abierto, está realizado con material base de AISI 1020 Acero laminado en frío, asimismo que los dientes del cucharón del cargador frontal permiten, facilitar el recojo de los materiales idealmente el tamaño se basa de acuerdo al material que se planea movilizar, el material conformado de los dientes del cucharón es de AISI 1015 denominado Acero estirado en frío (SS), con un coeficiente de Poisson 0,29 con un coeficiente de dilatación térmica de 1.2×10^{-5} /Kelvin, los resultados se sustentan con el aporte de De la Rosa et al. (2020) resaltan que las operaciones de mecanizado desempeñan un papel importante en la industria metalmeccánica, debido que su desarrollo empezó en el surgimiento a que se denomina mecanizado de alta rapidez, con el que la optimización de la calidad superficial, la precisión dimensional y los tiempos de producción a lo largo de la construcción de elemento metálico se obtienen mediante operaciones de mecanizado, trazándose como fin de detectar la conducta del desgaste demanda un elevado número de recursos, que se puede reducir al conseguir modelos predictivos basado en simulación numérica.

Los resultados difieren con el aporte teórico de Rehman et al. (2022) que deduce que el cargador frontal es el más común, pero el volcado de acarreo de cargado es necesario en la minería subterránea y su gran tamaño de una barrera inherente a su evaluación con el análisis efectivo, siendo el cucharón es la parte más grande de las máquinas y la experimentación física para las mejoras de diseño es tediosa y financieramente costosa. Muhammad y Frimpong (2021) sostiene que la presencia de una gran carga útil, combinada con el peso propio del cucharón, da como resultado una carga de tensión extrema de todo el conjunto frontal de la pala, especialmente el conjunto dientes, está sujeto a las fuerzas resistivas de formación, donde la mayoría son de naturaleza dinámica.

El segundo objetivo específico planteado, es realizar un análisis comparativo de diferentes procedimientos de soldadura a fin de poder proponer el más adecuado para alargar la vida útil de las herramientas de corte, deduciendo que los procedimientos de soldadura, basado en las diferentes cargas, se evaluó que la

soldadura que permitirá alargar la vida útil es la MIG – ER80S – D2 concerniente a un alambre sólido de acero de alta resistencia, recubierto de cobre que proporciona soldaduras de calidad de rayos cuando se emplea en acero al carbono y de baja aleación.

Los resultados se sustentan con el aporte de Fernández (2020) encuentran que no son aproximaciones realizadas mediante un software de simulación por lo que numéricamente no se alcanzan valores reales, donde se puede suponerse el mismo comportamiento que se obtendría experimentalmente. Los resultados se sustentan con el aporte teórico, Raquel (2021) sostiene que el método de elementos finitos, consta del procedimiento general para la resolución de problemas empleando elementos finito, donde consiste en establecer el problema, su geometría y propiedades de los materiales, con el propósito de decidir si se puede modelar empleando el software de elementos finito disponibles.

El tercer objetivo específico, modelar en 3D la herramienta de corte recuperada por soldadura, determinar los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la herramienta de corte recuperadas bajo cargas críticas usando el software SolidWork, se refieren el factor de seguridad $FOS_{min} = 12$ del cucharón del cargador frontal de tipo automático obtiene un mínimo de $1.187e+01$ Nodo: 24886 y un máximo de $7.460e+05$ Nodo: 11167, posterior de haber desarrollado el análisis por elemento finitos, se obtiene que permite incrementa la vida útil de las herramientas de corte en los cargadores frontales en un 30%, debido que el uso de esta genera mayor volumen e trabajo y mayor área de trabajo de penetración.

Los resultados se sustentan con el aporte de Villagómez (2020) estima que la labor primario del suelo involucra la relación de herramientas con la tierra, involucrando el cálculo de las fuerzas que trabajan sobre un bosquejo realizado en CAD, con la utilización de simulación por elementos finitos que tiene la posibilidad de juntar los comportamiento de la vida real, lo cual crea esfuerzos en el modelo, considerando el deterioro constante y su siguiente almacenamiento de fallas, donde la iniciativa es producir un modelo factible que el cliente logre seleccionar de forma fácil dependiendo de las propiedades del suelo donde se labora. García (2020) destacó la estructura química, dureza, así como el temple superficial, lo cual fue sometido el pin, asimismo se realizó en base de los estudios computaciones de

esfuerzos, con la deformación en programa de diseño electromecánico tales como el SolidWorks, para de esta forma poder establecer la conducta de los esfuerzos, para así de esta manera comprobar su estabilidad.

De acuerdo a los resultados, se sustenta con el aporte teórico Andras et al. (2021) sustenta que la determinación correcta de su estado técnico, la evaluación del desgaste y la fatiga del material estructural mediante la estimación de la vida útil restante son de suma importancia tanto desde el punto de vista económico como de seguridad, lo cual permite un funcionamiento posterior al tiempo que garantiza una seguridad adecuada y menores costos La transferencia de carga se acompaña del movimiento relativo de los dientes del engranaje y del piñón con deslizamiento, de dicha forma la tensión de las capas superficiales, causada por las presiones de contacto, que aparece en los flancos de los dientes, mientras que los flancos de los dientes se deslizan al mismo tiempo (Markovic et al., 2021).

Finalmente, el cuarto objetivo específico, difieren a la vida útil de las herramientas de corte recuperadas usando software SolidWorks bajo carga críticas combinadas y evaluar económicamente la recuperación de la herramienta de corte con su ampliada vida útil, fue desarrollado mediante una comparación del rendimiento del cucharón, así como de los dientes mismo, de tal forma se demuestra un diferencia de horas en beneficio de 174 hrs, mientras que para los dientes de 207 hrs, por lo cual se valorizó en \$ 136.398,00 dólares.

De acuerdo a lo encontrado, se sustenta con el aporte teórico Eduard (2020) deduce que el desgaste de los dientes del cucharón suceden cuando experimentan los dientes, mediante una fricción constante con el material en el que está trabajando la excavadora, comparando con lo dientes desgastado con los nuevos, además los dientes son consumibles y una parte integral del costo de funcionamiento de una máquina, se debe controlar su desgaste y uso, así que intente controlar y minimizar las variaciones en estos dientes y reduzca los costos asociados con el uso de estos.

El monitoreo del desgaste de los dientes es necesario para tener bien controladosu consumo. Sin embargo, la tarea es manual, se requiere que el equipo este completamente parado y sobre todo disponer de una persona que pueda realizarla inspección, esta persona seria conocido como inspector GETS. **La reparación por medio de soldadura** en la mayoría de casos resulta generalmente

más económica ya que para obtener una pieza nueva puede requerir de mucho tiempo y también la parte nueva adquirida tiene un costo mayor al de la reparación de la parte dañada. Muchos componentes y piezas dedesgastan continuamente, particularmente en maquinaria de los sectores de construcción y agrícola, partes de máquinas herramientas e incluso de vehículos. En ocasiones las piezas reparadas resultan ser más empleadas que las piezas que vienen de fábrica, donde los metales y/o aceros de bajo carbono pueden ser reparados sin afectar negativamente a la vida útil de la pieza.

En la deformación convencional, cuando se aplica una fuerza de tracción uniaxial a la barra, dada que se conduce a la dirección de la fuerza, con dicho alargamiento se llama albeo, en lo cual la deformación convencional se establece como la relación entre el cambio de longitud en la dirección de la fuerza aplicada y longitud original de la muestra en consideración (Beer et al., 2010).

Los dientes se desgastan de muchas maneras diferentes, determinadas por su aplicación, es decir, el propósito de la excavadora, el tipo de material y el tipo de dientes, lo que define el impacto del desgaste del material en los dientes. Una forma corresponde al desgaste de los cuatro lados expuestos al suelo, corresponde al desgaste lateral de los dientes y determina el desgaste del espesor del diente. El ultrasonido se utiliza para medir este desgaste. La segunda forma de pensar en cuantificar el desgaste corresponde a la longitud del diente (generalmente la punta del diente es la que primero entra en contacto con el material). Esta forma de desgaste se cuantifica fácilmente midiendo con una cinta métrica desde el extremo inferior (raíz) hasta el punto máximo de la punta (Caterpillar, 2015).

Método de elemento Finito (MEF) es el procedimiento general para la resolución de problemas utilizando elementos finito, resumiéndose en los siguientes pasos: establecer el problema, su geometría y propiedades del materiales, con el propósito de decidir si se puede modelar empleando el software de elementos finitos disponible; creando una geometría, asignando propiedades del material, aplicando las condiciones de contorno, tales como soporte o restricciones y finalmente someter las cargas en el modelo; mallar el modelo empleando el tipo de elementos finitos seleccionado; analizar todo el modelo FE creado y finalmente evaluar e interpretar los resultados (Raquel, 2021).

VI. CONCLUSIONES

1. Se recopiló información sobre el material base y de las cargas aplicadas a las herramientas de corte, encontrándose que el cucharón de los cargadores frontales está realizado con material base de AISI 1020 Acero laminado en frío, asimismo que los dientes del cucharón del cargador frontal está con el material conformado de los dientes del cucharón es de AISI 1015 denominado Acero estirado en frío (SS), con un coeficiente de Poisson 0,29 con una coeficiente de dilatación térmica de 1.2×10^{-5} /Kelvin.
2. Se realizó un análisis comparativo de diferentes procedimientos de soldadura a fin de poder proponer el más adecuado para alargar la vida útil de las herramientas de corte, deduciendo que los procedimientos de soldadura, basado en las diferentes cargas, se evaluó que la soldadura que permitirá alargar la vida útil es la MIG – ER80S – D2 concerniente a un alambre sólido de acero de alta resistencia, recubierto de cobre que proporciona soldaduras de calidad de rayos cuando se emplea en acero al carbono y de baja aleación.
3. Se modeló en 3D la herramienta de corte recuperada por soldadura, determinar los esfuerzos, deformaciones y factor de seguridad de la herramienta de corte recuperadas bajo cargas críticas usando el software SolidWork, se refieren el factor de seguridad FOSmin = 12 del cucharón del cargador frontal de tipo automático obtiene un mínimo de 1.187×10^1 Nodo: 24886 y un máximo de 7.460×10^5 Nodo: 11167, posterior de haber desarrollado el análisis por elemento finitos, se obtiene que permite incrementar la vida útil de las herramientas de corte en los cargadores frontales en un 30%, debido que el uso de esta genera mayor volumen e trabajo y mayor área de trabajo de penetración
4. Se determinó la vida útil de las herramientas de corte recuperadas usando software SolidWorks bajo carga críticas combinadas y evaluar económicamente la recuperación de la herramienta de corte con su ampliada vida útil, fue desarrollado mediante una comparación del rendimiento del cucharón, así como de los dientes mismo, demostrándose una diferencia de horas en beneficio de 174 hrs, mientras que para los dientes de 207 hrs, por lo cual se valorizó en \$ 136.398,00 dólares.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear la metodología desarrollada en la investigación, en otros componentes del cargador frontal y otros mecanismos para aumentar su vida útil, mejorando las condiciones operativas .
2. Se recomienda a los futuros investigación de elementos finitos, profundizar en la recuperación de los componentes del cargador frontal, para encontrar alargar la vida útil que se verá reflejado en la rentabilidad de la empresa.
3. Se recomienda a la gerencia operativa de las empresa minera, considerar los resultados del estudio, con el propósito de obtener conocimiento en cuanto al beneficio de la recuperación de las herramientas de corte del cargador frontal mediante soldadura.

REFERENCIAS

- Alan, D., & Cortez, L. (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica. Redes* 2017.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>
- Andras, A., Mihai, S., Brinas, I., Dumitru, F., Ioana, D., & Korosi, E. (2021). *Prediction of Material Failure Time for a Bucket Wheel Excavator Boom Using Computer Simulation. Journals*. <https://doi.org/10.3390/ma14247897>
- Andras, A., Radu, S., Brinas, I., Popescu, F., Ioana, D., & Biro, E. (2021). *Prediction of Material Failure Time for a Bucket Wheel Excavator Boom Using Computer Simulation. Journals*. <https://doi.org/10.3390/ma14247897>
- Attanasio (2018) FEM simulation of tool wear in drilling Proc. Eng.
- Binder M. (2019) An advanced numerical approach on tool wear simulation for tool and process design in metal cutting Simul. Modell. Pract. Theory
- Chatterjee, S. (2019) Simulation and optimization of machining parameters in drilling of titanium alloys Simul. Modell. Pract. Theory
- Dalbosco, M., Silva, G., Schmitt, P., Pinotti, L., & Boing, D. (2021). *Improving fatigue life of cold forging dies by finite element analysis: A case study. Journal of Manufacturing Processes*. Recuperado el 28 de 08 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.01.039>
- De la Rosa, J., Pérez, R., & Trinchet, C. (2020). *Predicción del desgaste de la herramienta de corte por el método de los elementos finitos. Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación*. <https://www.eumed.net/rev/rilcoDS/10/desgaste-herramienta.pdf>
- Díaz, R. H. (2018). *Cálculo numérico de las propiedades térmicas efectivas de un compuesto por elementos finitos. Ingenius, (18), 14-20*. <https://doi.org/10.17163/ings.n18.2017.02>
- Erdi, M., & Mustafa, G. (2018). *Finite Element Modelling of Cutting Forces and Power Consumption in Turning of AISI 420 Martensitic Stainless Steel. EMchanical Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s13369-018-3204-4>
- Fernández, F. (2020). *Diseño de una práctica de análisis por elementos finitos del corte ortogonal para la asignatura Procesos de Fabricación Aeronáutica*.

- Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/101365>
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la investigación. Manual Autoformativo Interactivo*.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- García, E. (2020). *Análisis de fallas para la determinación del desgaste de pines de unión en los cilindros hidráulicos de una excavadora CAT 336*. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57216>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- INDURA. (2022). *Alambre tubular para soldadura de aceros baja aleación. INDURA 81T1-Ni1*.
- Karandikar, J. (2019). *Machine learning classification for tool life modeling using production shop-floor tool wear data*. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.192>
- Markovic, S., Arsic, D., Nikolic, R., Lazic, V., Raktovic, N., Hadzima, B., . . . Ulewicz, R. (2021). *Analysis of the Welding Type and Filler Metal Influence on Performance of a Regenerated Gear*. *Journals*. <https://doi.org/10.3390/ma14061496>
- Muhammad, R., & Frimpong, S. (2021). *Fatigue failure modeling and life expectancy of the dipper-teeth assembly of a mining shovel*. *Engineering Failure Analysis*. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105110>
- Pruyabrata, S., Patra, K., Singh, V., & Ramesh, S. (2020). *Modeling Dynamic Stability and Cutting Forces in Micro Milling of Ti6Al4V Using Intermittent Oblique Cutting Finite Element Method Simulation-Based Force Coefficients*. *J. Manuf. Sci. Eng* <https://doi.org/10.1115/1.4047432>
- Recubrimiento Protector. SMAW*. (2022).
- Rehman, A., Awuah, K., Sherizadeh, T., & Guner, D. (2022). *Use of scaled discrete element model of rubber tyre loader buckets for draft prediction*. *Biosystems Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.12.003>
- Sadehgifar, M., Javidikia, M., Songmene, V., & Jahazi, M. (2020). *Finite element simulation-based predictive regression modeling and optimum solution for grain size in machining of Ti6Al4V alloy: Influence of tool geometry and*

- cutting conditions. Simulation Modelling Practice and Theory* .
<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102141>
- Sreemulu, D., Sagar, Y., & Rao, C. (2018). *Finite Element Modeling and Machining of Al 7075 Using Coated Cutting Tools. Materials today proceedings.*
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.530>
- Villagómez, J. (2020). *Análisis y diseño de un arado de vertedera universal utilizando análisis por elemento finito. Servicios Generales de información.*
<http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2253>
- Yildiz, A., Kurt, A., & Yagmur, S. (2020). *Finite element simulation of drilling operation and theoretical analysis of drill stresses with the deform-3D. Simulation Modelling Practice and Theory.*
<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102153>
- Yu, H., Han, Z., Zhang, J., & Zhang, S. (2021). *Bionic design of tools in cutting: Reducing adhesion, abrasion or friction. Wear.*
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203955>
- Malakizadi, A. (2019) Inverse identification of flow stress in metal cutting process using Response Surface Methodology Simul. Modell. Pract. Theory
- Wan, L. (2018) Numerical analysis of the formation of the dead metal zone with different tools in orthogonal cutting Simul. Modell. Pract. Theory
- Buchkremer, S. (2018) Finite-element-analysis of the relationship between chip geometry and stress triaxiality distribution in the chip breakage location of metal cutting operations Simul. Modell. Pract. Theory
- Endo H. (2019) Accuracy estimation of drilled holes with small diameter and influence of drill parameter on the machining accuracy when drilling in mild steel sheet Int. J. Mach. Tools Manuf.
- Kalidas, S. (2018) Experimental investigation of the effect of drill coatings on hole quality under dry and wet drilling conditions Surf. Coat. Technol.
- Jayaganth H. (2018) Experimental studies on drilling of 410 stainless steel Mater. Today

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Independiente Fuerzas que generan el desgaste en el cucharón	Es la fuerza que ejerce la cuchara con la tierra al ser removidas (Cesar, 2017)	Determinar el desgaste de los dientes del cucharón	Milímetros	Razón
Dependiente Tiempo de vida útil	La vida útil es el período en el que se espera utilizar el activo que parte de la empresa y a su vez, el tiempo durante el cual se produce la amortización (Edisson, 2020)	Determinar el aumento de la dureza	Grado Brindell	

Anexo 2. Autorización del uso de información de la empresa

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Wilmer David Tincó Riquez
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
identificado con DNI 18215717, en mi calidad de Gerente General
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)
del área de Transporte
(Nombre del área de la empresa)
de la empresa K & V Maquinarias SAC
(Nombre de la empresa)
con R.U.C N° 20539967526 ubicada en la ciudad de Trajillo

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor(a, ita,) Wilmer David Tincó Riquez
(Nombre completo del o las estudiantes)

Identificado(s) con DNI N° 18215717 de la () Carrera profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:

..... Información de las herramientas de corte de cargadores frontales conformada por fichas técnicas así como fotos de la misma
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su () Informe estadístico, () Trabajo de Investigación, () Tesis para optar el Título Profesional.

() Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

- () Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, o
() Mencionar el nombre de la empresa.

K & V MAQUINARIAS S.A.C.

Wilmer
Wilmer Tincó Riquez
GERENTE GENERAL

Firma y sello del Representante Legal

DNI: 18215717

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

Wilmer
Firma del Estudiante

DNI: 18215717

Firma del Estudiante

DNI:

Trujillo, 06 de diciembre de 2022

Señor (a):
Tinco Riquez Wilmer David
Gerente General
K&V MAQUINARIAS SAC
Presente.-

Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del ... ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines netamente académicos /de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada: "Determinación de la vida útil en herramientas de corte recuperadas con soldadura para el uso en cucharones de cargadores frontales". En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.


Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Wilmer David Tinco Riquez
DNI 18215717


Anexo 4. Ficha técnica de la soldadura



INDURA
Tecnología a su Servicio

INDURA 81T1-Ni1

Rev.01-151113



• Alambre tubular para soldadura de aceros baja aleación

Clasificación:

ASME IIC SFA 5.29

E 81T1-Ni1

Características y Campos de usos:

- Alambre tubular con requerimiento de CO2 como gas de protección
- Diseñado para soldadura de aceros de alta resistencia a la tracción del orden de 590MPa
- Aplicaciones típicas incluyen maquinarias, construcción naval, puentes y fabricaciones en general
- Utilizable en toda posición
- Alta tenacidad a baja temperatura
- Proporciona un arco suave con bajos niveles de salpicadura y excelente apariencia del cordón

Análisis Típico del metal depositado (% en peso)

Gas	C	Si	Mn	Ni	Mo	----
CO2	0.04	0.35	1.17	0.92	0.2	----


Propiedades mecánicas típicas del metal depositado:

Gas	Esf. Fluencia en 0.2% MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v 120 J a -30°C
CO2	590	650	28	120 J a -30°C

Parámetros de Soldadura y Datos

Diámetro, mm	1.2	1.6
Int. de Corr., A	160 - 220	200 - 280
----	----	----
----	----	----

Posición de Soldadura



CCEP

INDURA 81T1-Ni1

INDURA S.A. – Centro de Servicio al Cliente 600 600 3030 – www.indura.net

Anexo 5. Ficha técnica del recubrimiento protector

SMAW

Recubrimiento Protector



CITODUR 1000

Electrodo para recargue de gran resistencia a la corrosión oxidación y abrasión severa. El material depositado es una fundición blanca con alto contenido de cromo (36%), por lo que, se recomienda aplicar 2 pases para que el relleno no se desprenda. En la mayoría de los casos, para obtener las características deseadas, es recomendable usar una cama cojín apropiada en función a las características del material base o los desgastes presentes. Gracias a su alto contenido de carburos de cromo, el depósito conserva la resistencia a la abrasión severa aún a temperaturas elevadas (hasta 1000°C). Los cordones que deposita son perfectamente lisos, libres de poros, sin salpicaduras ni inclusiones de escoria. El material de aporte es no maquinable, pero puede ser forjado y templado.

Clasificación	
AWS A5.13 / ASME SFA-5.13	EFeCr-A8
DIN 8555	E10 - UM 60 CGRZ

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
4,00	1,10	0,60	máx. 0,020	máx. 0,020	-	-	36,00	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]	Dureza
Sin tratamiento	-	-	-	-	58 - 62 HRC

Conservación del Producto
<ul style="list-style-type: none"> Mantener en un lugar seco y evitar humedad. No requiere almacenamiento bajo horno. Resecado de 300°C a 350°C por 2 horas.

Posiciones de Soldadura
P, H.

Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente alterna(AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo	-	-	-	120	150	180	-
Amperaje máximo	-	-	-	140	160	230	-

Aplicaciones

- Para recuperar y recubrir piezas que están expuestas a desgaste por abrasión severa y bajo impacto.
- Usado en la industria minera, siderúrgica, construcción, ladrillera, cementera, agrícola y todas aquellos sectores donde los materiales están expuestos a desgaste abrasivo severo.
- Ideal para la recuperación y protección de dientes, cucharas, baldes y cubos de draga, sinfines de transporte, paletas de mezcladoras, uñas de palas, bombas de arena, aletas de ventiladores, etc.
- Para ollas, moldes y bordes de cucharas de fundición, que sufren desgaste por abrasión o erosión de escorias o metal líquido a temperaturas elevadas.

Anexo 6. Galería de fotos



Cucharón del cargador frontal

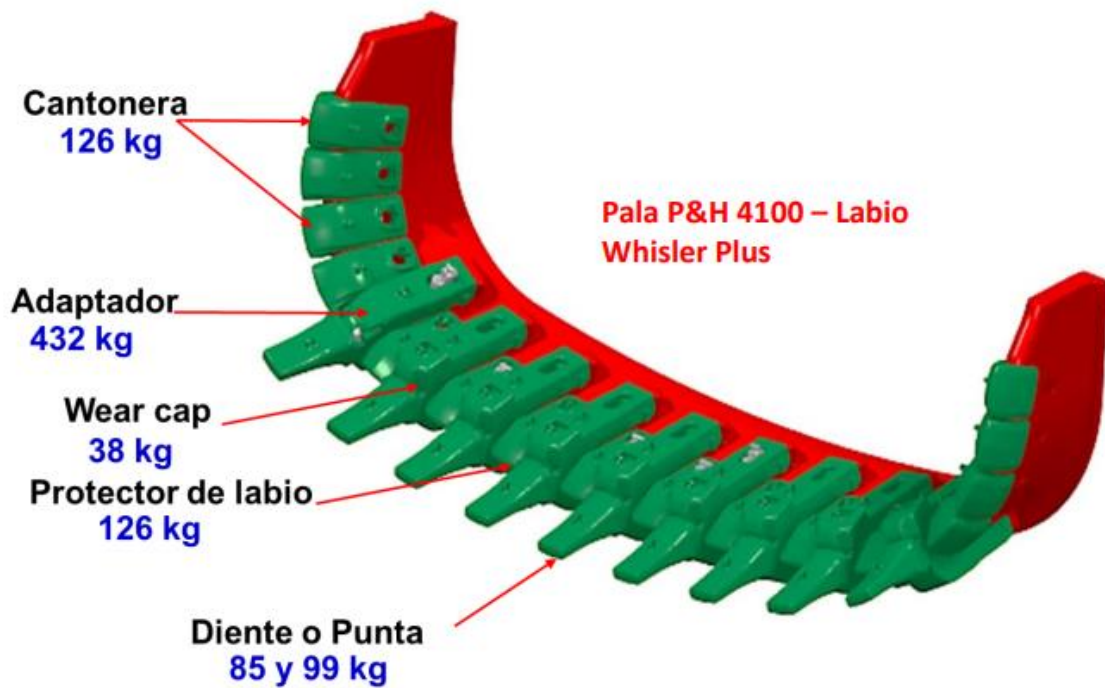


Reparación de las herramientas de corte



PETRAX importador exclusivo de puntas TURBO.

Dientes del cucharón



Pesos de los componentes de las herramientas de Corte

Anexo 7. Ficha técnica de la máquina de la soldadura

FLEXTEC® 650X

Fuente de Corriente Multiproceso para Aplicaciones en Industria Pesada

CARACTERÍSTICAS

Fuente de corriente multiproceso de hasta 815 amps de corriente de soldadura para una variedad de aplicaciones, incluyendo construcción, astilleros e industria pesada. La Tecnología CrossLink® incorporada controla el arco sin necesidad de cables eliminando costes, aumentando la calidad y mejorando la productividad y seguridad en el lugar de trabajo. La Flextec® 650X funcionará con un amplio rango de tensión de entrada y tiene una clasificación IP23 para funcionamiento y almacenamiento en el exterior. La compatibilidad con devanadores no es un problema – La Flextec 650X funcionará con prácticamente cualquier devanador Lincoln Electric®

Sencilla. Fiable. Flexible. La Flextec®650X es adecuada para cualquier aplicación en industria pesada.



Procesos

Electrodo, TIG, MIG, Hilo Tubular, Arco Sumergido, Carbón-Aire

Salida

CC CV DC

Entrada

3 50 Hz

¿Por qué FLEXTEC® 650X?

Sencillo

- Amplio rango de tensión de entrada
- Fácil selección de procesos con un solo botón
- La respuesta rápida de arco proporciona arco suave y apariencia consistente de cordón
- El almacenamiento de memoria permite al usuario una rellamada fácil a los procesos críticos o repetitivos con los devanadores que dispongan de dicha función
- Control sinérgico sobre la velocidad de alimentación y voltaje con los devanadores Power Feed®

Fiable

- Componentes diseñados para trabajar de forma eficaz durante largos periodos de tiempo en ambientes sometidos a altas temperaturas
- Diseñada para uso exterior y condiciones extremas (IP23)

Flexible

- Ideal para soldadura con hilo de gran diámetro o electrodo en chapa gruesa
- Compatible con la mayoría de los devanadores Lincoln Electric®, incluyendo los modelos de brazo y columna, portátiles across-the-arc, CrossLink® o modelos equipados ArcLink®
- Características superiores de arco, en todos los procesos DC, electrodo y TIG

ESPECIFICACIONES

Producto	Tensión de red 50-60Hz	Factor Marcha	Rango Corriente	Corriente entrada @ Potencia nominal	Dimensiones A1 x An x L (mm)	Peso (kg)
K3615-1	380/460/575V3	750A/44W60% 650A/44W100%	10-815A	61/50/40 / 57/47/38	554 x 410 x 745	74.8

CONTROLES FRONTALES

1.	Display amperaje
2.	LED Térmico
3.	Dial Control Salida
4.	Control Hot Start
5.	Mando Selector Proceso Soldadura
6.	Conexiones de Salida Positivo y Negativo
7.	Luz Indicador VRO (Voltage Reduction Device)
8.	Display Voltaje
9.	Luz Indicador CrossLine
10.	Interruptor de Encendido
11.	Dial Control Fuerza de Arco
12.	Interruptor Selección Local/Remoto
13.	Interruptor Selector On/Remoto Terminales de Soldadura
14.	Interruptor Selector Polaridad Voltímetro Devanador
15.	Interruptor automático para devanadores 42V y periféricos Arclink
16.	Selector devanador 42V o 115V
17.	Control Remoto de Salida (Conector Universal 12-pins)
18.	Conector Devanador 14-pins
19.	Conector Arclink 5-pins



Accesorios

- K3091-1 Interruptor Multiproceso
- K2909-1 Adaptador 12-pins a 6-pins
- K870-2 Amptrol Pedal con 6-pins Conector Anfenol
- K3059-4 Carro para Inverter y devanador con plataforma para una botella
- K4068-1 Kit montaje soporte carro Inverter



K3059-4
Carro para Inverter y devanador
con plataforma para una botella

Aplicaciones

- Fabricación General
- Estructural
- Generación de Potencia
- Astilleros
- Offshore
- Tubería
- Fabricación Pesada

Devanadores Recomendados

- LN-25X
- LN-25 PRO DUAL
- FLEX FEED® 84 SINGLE BENCH
- FLEX FEED® 84 DUAL BENCH
- POWER FEED® 84

Tecnología CrossLine™: Solucionando Problemas en el lugar de Trabajo

Con CrossLine, obtendrá control de voltaje en el devanador sin un cable de control adicional.

- Reduce el desorden en el lugar de trabajo eliminando cables de control molestos
- Elimina movimientos innecesarios del personal en el lugar de trabajo
- Suprime la necesidad de arrastrar cables alrededor del lugar de trabajo
- Control total del voltaje en el devanador, obteniendo ajustes correctos en cada soldadura
- Compensa con precisión la caída de tensión en los cables de gran longitud
- Evita ajustes involuntarios de la máquina por ayudantes u otros operarios



Anexo 8. Información relevante

Porcentaje de Desgaste de puntas									
N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10
73%	73%	79%	79%	79%	79%	68%	68%	68%	68%
79%	90%	79%	79%	79%	84%	75%	73%	68%	68%
83%	95%	95%	85%	95%	100%	98%	90%	84%	83%
13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
13%	42%	38%	38%	38%	35%	36%	33%	35%	13%
23%	48%	46%	48%	48%	46%	44%	44%	46%	25%
71%	71%	68%	73%	58%	58%	73%	65%	68%	65%
81%	84%	84%	90%	79%	79%	82%	76%	81%	81%
92%	92%	88%	96%	83%	83%	88%	83%	83%	83%
100%	100%	100%	108%	100%	100%	100%	96%	96%	96%
0%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
0%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19%	29%	29%	31%	33%	33%	29%	31%	33%	29%
42%	54%	54%	60%	63%	60%	57%	57%	59%	54%
73%	89%	90%	95%	103%	98%	95%	94%	95%	95%
76%	93%	92%	97%	103%	101%	99%	94%	96%	95%
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6%	10%	8%	8%	10%	8%	8%	8%	6%	8%
21%	27%	27%	27%	33%	31%	29%	29%	27%	73%
63%	71%	71%	71%	79%	75%	67%	63%	63%	63%
63%	71%	71%	71%	79%	79%	69%	65%	63%	63%
63%	75%	75%	75%	83%	79%	75%	71%	71%	71%
71%	79%	79%	81%	88%	88%	79%	75%	73%	75%
75%	83%	83%	96%	96%	92%	83%	79%	77%	79%
83%	92%	90%	96%	104%	104%	100%	88%	88%	88%
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	1%
2%	4%	4%	2%	6%	8%	5%	5%	5%	4%
9%	16%	14%	15%	22%	18%	14%	14%	13%	10%
24%	21%	21%	21%	22%	22%	22%	22%	28%	19%
31%	40%	37%	39%	47%	46%	37%	36%	34%	31%
36%	47%	45%	45%	53%	53%	43%	43%	43%	40%
50%	57%	57%	55%	66%	66%	55%	55%	55%	52%
50%	66%	62%	64%	72%	72%	62%	64%	62%	59%
50%	66%	62%	64%	72%	72%	62%	64%	62%	59%
57%	66%	64%	66%	76%	76%	64%	64%	64%	59%
55%	64%	60%	60%	64%	60%	60%	62%	59%	55%
62%	71%	69%	69%	79%	78%	67%	67%	66%	62%
71%	79%	79%	78%	88%	88%	78%	78%	76%	72%
79%	93%	90%	90%	98%	97%	88%	88%	84%	83%
0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17%	22%	21%	21%	24%	21%	21%	22%	22%	21%
21%	21%	21%	22%	22%	22%	22%	22%	22%	21%
57%	41%	36%	40%	41%	40%	36%	40%	40%	34%
57%	55%	52%	52%	55%	53%	52%	52%	55%	45%
59%	74%	72%	76%	79%	76%	72%	72%	76%	71%
17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
24%	34%	31%	34%	36%	38%	33%	34%	33%	33%
38%	43%	50%	55%	59%	60%	55%	59%	62%	52%

Lecturas de puntas en (mm) distancia C									
N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10
406	456	456	432	432	406	456	456	456	456
400	440	430	420	410	410	440	450	450	450
432	431	431	431	406	406	406	432	432	393
431	385	385	422	435	435	415	433	430	385
425	382	380	415	410	410	395	420	420	380
435	400	390	420	420	425	410	430	435	390
420	390	380	400	410	410	390	420	420	370
420	390	380	400	410	410	390	420	420	370
420	390	380	400	410	410	390	420	420	370
385	360	360	370	370	380	370	385	390	350
385	360	360	370	370	380	370	385	390	350
385	360	360	370	370	380	370	385	390	350
387	368	360	370	372	380	367	388	390	354
380	370	360	370	370	375	365	390	390	355
375	360	355	365	370	375	360	385	390	350
375	360	355	365	370	370	360	385	385	350
375	360	355	365	370	370	360	385	385	350
370	360	350	360	360	360	360	375	380	340
335	328	338	320	320	318	315	330	325	335
620	620	620	620	620	620	620	620	620	620
600	605	610	600	600	595	600	600	610	600
590	605	590	590	580	585	590	595	600	595
560	575	565	560	555	550	570	565	570	560
540	555	550	540	535	530	555	545	555	545
515	540	520	510	490	490	520	520	530	520
505	530	520	505	480	480	510	515	515	505
485	505	490	475	450	450	480	485	500	485
440	470	445	420	405	400	430	440	465	445
435	465	440	415	400	395	430	430	450	435
435	465	440	415	400	395	430	430	450	435
570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
525	530	520	520	505	510	520	525	530	535
485	505	495	482	468	475	490	490	500	510
370	400	380	360	340	350	370	370	380	380
570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
570	570	570	570	570	570	570	570	570	570



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CESAR DANY SIALER DIAZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Determinación de la vida útil en herramientas de corte recuperadas con soldadura para el uso en cucharones de cargadores frontales", cuyo autor es TINCO RIQUEZ WILMER DAVID, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 07 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CESAR DANY SIALER DIAZ DNI: 16731363 ORCID: 0000-0002-7430-9524	Firmado electrónicamente por: SIALERDC el 20-12- 2022 16:38:57

Código documento Trilce: TRI - 0477632