

Conference Paper

Analysis of Modified Mechanical Properties in the Repair by SMAW Welding of Plow Discs in Andean Agricultural Areas

Análisis de propiedades mecánicas modificadas en la reparación por soldadura SMAW de discos de arado en zonas agrícolas andinas

E. Calderón Freire^{1*}, A. Tenicota García¹, D. D González Riofrío², K. R Parra Hernández²

IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA RED
ECUATORIANA DE
UNIVERSIDADES Y
ESCUELAS POLITÉCNICAS Y
IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA TECNOLOGÍA
EMPRENDIMIENTO E
INNOVACIÓN
SECTEI-ESPOCH 2022

Corresponding Author: E.
Calderón Freire; email: edis-
son.calderon@epoch.edu.ec

Published: 9 November 2023

Production and Hosting by
Knowledge E

© E. Calderón Freire
et al. This article is distributed
under the terms of the
Creative Commons
Attribution License, which
permits unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and
source are credited.

¹Grupo de investigación de Mantenimiento (GIMAN). Carrera de Mantenimiento Industrial. Facultad de Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
²Tesistas del Grupo de investigación de Mantenimiento (GIMAN). Facultad de Mecánica Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ORCID

E. Calderón Freire: <https://orcid.org/000-0002-3955-8162>

Abstract

The objective of this contribution is to analyze the results of the technical studies of mechanical properties in standard plow discs, after their repair by manual arc welding with a SMAW coated electrode, commonly used in tillage tasks in Andean agricultural areas. For the repair process, the available, convenient, and easily acquired resources are implemented, such as consumables, equipment, and accessories necessary for the procedure. The nature of the base material was initially determined, by means of a spark spectrometry study for the case of worn plow discs, in such a way that the characteristic alloying elements of AISI-SAE 1340 steel are evident. The base of the original material allows defining and implementing essential and non-essential variables of the SMAW welding process according to AWS D1.1 and D14.3; therefore, the lap joint is designed, comprising of a worn disc plus similar sacrificial metals of identical conditions. As a conventional part of the welding processes, the quality control of the welds is carried out by means of penetrating inks under the ASTM E-165 standard, the respective measurements of the mechanical properties achieved, maintain analog factory hardness values of 37 HRC and increases the hardenability of the lap-type weld bead. Finally, it is concluded that the repair process contributes to a sustainable and efficient alternative that preserves the average hardness and improves hardenability, which are necessary to withstand the operational context that induces the typical premature wear of clayey and humid soils.

Keywords: *Hardness, hardenability, plow disc, welding, agricultural soil.*

Resumen

El presente aporte tiene el objetivo de analizar los resultados de los estudios técnicos de propiedades mecánicas en discos de arado estándar, posterior a su reparación por soldadura de arco manual con electrodo revestido SMAW, de uso común en labores de labranza de zonas agrícolas andinas. Para el proceso de la reparación, se implementan los recursos disponibles, convenientes y de fácil adquisición, como consumibles, equipos y accesorios necesarios para el procedimiento. Se determina inicialmente la naturaleza del material base, mediante un estudio de espectrometría de chispa para el caso de discos de arado desgastados, de tal manera se evidencia los elementos aleantes característicos del acero AISI-SAE 1340.

 OPEN ACCESS



La base del material original permite definir e implementar variables esenciales y no esenciales del proceso de soldadura SMAW según AWS D1.1 y D14.3, por lo tanto, se diseña la junta de traslape, que comprende de un disco desgastado más metales similares de sacrificio de condiciones idénticas. Como parte convencional de los procesos de soldadura se realiza el control de calidad de las soldaduras mediante tintas penetrantes bajo la normativa ASTM E-165, las respectivas mediciones de las propiedades mecánicas conseguidas, mantienen valores de dureza de fábrica 37 HRC análogos y la templabilidad aumenta en el cordón de soldadura de tipo traslape. Finalmente, se concluye que el proceso de reparación contribuye con una alternativa sustentable y eficiente que conserva la dureza promedio y mejora la templabilidad, necesaria para soportar el contexto operacional que induce el desgaste prematuro típico de terrenos arcillosos y húmedos.

Palabras Clave: Dureza, templabilidad, disco de arado, soldadura, suelo agrícola.

1. Introducción

Para los procesos industriales y agrícolas, la tecnificación es una necesidad que motiva el incremento productivo [1], sea con maquinarias automáticas, semiautomáticas y de uso manual que facilitan las actividades de labranza del suelo. En países andinos en desarrollo como el Ecuador, el sector agrícola ocupa el cuarto lugar de las áreas estratégicas que generan ingresos económicos, y una de las provincias de la región sierra centro como Chimborazo cuenta con una agricultura creciente en tecnología bajo el apoyo público y privado. Según cifras del Banco Central del Ecuador, muestra que Chimborazo está dentro de las provincias que más aporta con el cultivo de hortalizas [2], y con los cantones de territorios fértiles extensos que tienden a producir productos agrícolas cosechados que requieren de aireación de la tierra, alrededor de 19.7 mil hectáreas, corresponde al 26.5% de crecimiento respecto a anteriores años al 2020. Sin embargo, las tecnificaciones en la agricultura son limitadas debido a la falta de conocimiento de los operadores en el área de mantenimiento lo que ha disminuido la vida útil de componentes mecánicos en los equipos y maquinaria agrícola. Además, en el país el sector agropecuario no es un eje prioritario, con los limitados recursos disponibles solo se ha provocado un retraso en su desarrollo y productividad [3].

Estudios previos desarrollados con la finalidad de estudiar la factibilidad de producción agrícola [4], [5], han identificado que varias provincias agrícolas como en Chimborazo, existe un número reducido de productores que puedan adquirir materias primas y material de calidad para la producción agrícola, así como también la comercialización y el financiamiento para poder producir a gran escala. Por lo mencionado, es evidente, el bajo nivel de alianzas tecnológicas que apoyen al agro y frenan la producción tecnificada en las provincias de la sierra ecuatoriana, por lo tanto, la comercialización carece de precio justo y el financiamiento es limitado.



Los equipos agrícolas tienen mecanismos que permiten labrar la tierra de forma rápida, de tal manera que facilita la labranza primaria, que consiste en abrir y preparar la tierra para la producción agrícola [6]. El arado con discos es una herramienta agrícola cuya función principal es voltear y airear los diferentes tipos de suelos, entre los cuales se encuentran los suelos abrasivos, terrenos pedregosos, arcillosos, húmedos, densos, y con grandes raíces [7]. Las condiciones de los terrenos apropiados para la siembra que existen en el Ecuador hacen que los herramientas del agro, que entran en contacto con ellos sean quebradizos, por lo que se reduce la vida útil porque las condiciones de trabajo son variantes y particulares de cada terreno y ubicación geográfica.

Sin embargo, los discos de arado están propensos constantemente al desgaste, fracturas e impactos, de ese modo los propietarios de tractores se responsabilizan de los gastos operativos los cuales se exceden debido a las inapropiadas actividades de mantenimiento que generan elevados valores de producción. La diferencia entre arados de disco convencional y arados de rastra, son una muestra de las múltiples variables en el momento de decidir el mejor procedimiento de recuperación [8]. En el sector agrícola, las propiedades mecánicas de los discos de arado son sumamente importantes, para que mantengan y mejoren la resistencia al desgaste y resistencia a la fragilidad. La recuperación mediante procesos de soldadura de este tipo de herramientas, requiere aumentar la dureza y la templabilidad y, por lo tanto, deben modificarse los elementos aleantes como carburos al cromo y tungsteno para que el resultado pueda acoplarse a cualquier contexto operacional en los procesos agrícolas que requieren de alta durabilidad [9].

Las alternativas propuestas para mejorar los elementos aleantes provistos por el material de aporte en la soldadura, es decir, mediante la utilización de diferentes electrodos, es muy costosa, ya que soldar los elementos con electrodos de difícil adquisición y elevado precio, incrementan el problema costo beneficio en la reparación, además el desconocimiento de los resultados técnicos se ha evidenciado en la adquisición y cambio por nuevos discos [10]. En la actualidad son muy pocos los agricultores y operarios de tractores que realizan una revisión visual de los discos de arado, para recurrir posteriormente a un técnico soldador y recuperar la superficie perdida o quebrada, pero en realidad la mayoría prefiere cambiar el disco.

La soldadura por arco eléctrico manual con electrodo sólido revestido SMAW, es uno de los procedimientos correctivos para recuperar herramientas agrícolas más comunes en la provincia de Chimborazo [11], pero, la ausencia del personal especializado y procedimientos de soldadura bien definidos han mostrado pocos beneficios. Para realizar el proceso de reparación por soldadura en los discos de arado, al igual que en otros ámbitos [12], se debe analizar su material base, con ello se puede seleccionar el



consumible adecuado, definir las variables del procedimiento, y de esta manera se puede entregar un resultados similar o mejor que el elemento original, desde el punto de vista mecánico.

Los tractoristas que buscan economizar en el medio, hacen lo posible por recuperar las condiciones de las herramientas de arado a bajo costo, ya que al reducirse la disponibilidad de los discos de arado es posible que la reparación mediante un proceso de soldadura pueda aportar con mejor costo beneficio que la compra de uno nuevo. El disco de arado es construido con características mecánicas que toma en cuenta los factores del suelo que inciden en el desgaste, fracturas e impactos, como el caso del acero 15B30 [13], que en diseño se formulan varias condiciones de resistencia y duración en el tiempo [8].

Los resultados de la fabricación o mantenimiento de los discos de arado pueden ser evidenciados mediante análisis metalográfico, evaluación de la dureza, impacto, tenacidad, entre otros ensayos, los cuales permiten determinar las características técnicas del material. Los discos de arado son hechos de materiales que resisten el impacto y el desgaste, su composición química varía dependiendo de su procedencia, con más de diez elementos aleantes se determina el tipo de acero para cumplir con una función requerida. La composición del acero junto con el tratamiento térmico hace que el producto obtenga características específicas de dureza, templabilidad y tenacidad parecidas o superiores, y se pueda responder y contrarrestar el desgaste por abrasión, cargas de flexión, choques y torsiones.

Esta investigación se fundamenta en analizar las propiedades mecánicas de dureza y templabilidad que resultan de la reparación por soldadura SMAW, en discos estándar de arado, mediante la reutilización de discos desgastados para establecer como alternativa de solución de un caso específico de contexto operacional controlado en la zona andina agrícola de la provincia de Chimborazo, con la finalidad de poder encontrar un resultado de rentabilidad en la reparación por soldadura se debe reducir el tiempo de intervención, costo de materiales e insumos, y costo de mano de obra, en los casos de discos de una dimensión estándar de similares condiciones y factores de trabajo, características suelo, y sector de estudio, naturaleza en las fracturas y/o desgastes bajo mismas condiciones controladas.

2. Materiales y Métodos

El proceso de labrar la tierra es sumamente desgastante y laborioso, el uso de maquinaria agrícola y la utilización de diferentes materiales, permite reducir la energía



empleada para dicha labor. Se ha considerado conveniente explicar los tipos de arados, para entender de forma específica la recuperación de estos elementos mecánicos.

2.1. Arado de discos.

El arado de discos se utiliza como primer paso para el laboreo del suelo, para ello se utiliza la fuerza de tracción de un vehículo agrícola, tiene como objetivo esponjar y airear el terreno además de mezclar los restos de la cosecha anterior o los elementos que se encuentren previamente en la superficie a trabajar. Entre sus ventajas es brindar excelentes resultados tratando terrenos pedregosos con abundante raíces y vegetación, como también en suelos arcillosos, pegajosos, tierras sueltas y terrenos abrasivos. Una de las desventajas es dejar los campos desiguales por lo tanto necesita más operación para arreglar la superficie y obtener una buena cama de siembra [14].

2.2. Tipos de rastras de discos.

Rastras ordinarias: Consiste en rastras de discos de un solo efecto que tiene dos grupos, uno de estos consta de un conjunto de discos que giran iguales con un eje que pasa por sus centros. Se puede variar el ángulo que forman, están dispuestas de tal manera que el suelo se mueve siempre hacia afuera del centro de la rastra.

Rastras de dos grupos o en tándem: En este tipo de rastras una sección camina detrás de la otra, se les conoce como rastras de doble efecto porque la sección trasera vuelve a su lugar los surcos formados por la primera.

Rastras de discos compensados: Tienen dos grupos de discos, el uno está colocado detrás del otro, este tipo de rastras dejan nivelado el suelo, este tipo puede trabajar cerca de arbustos y árboles con bajo ramaje.

En este estudio intervienen 98 personas involucradas en el sector pecuario de la zona sierra andina, a través de encuestas realizadas al sector tractorista del cantón Chambo de la provincia de Chimborazo (Figura 1).

Se toma en cuenta un total de 130 individuos con un 95% en el nivel de confianza; el tiempo de vida útil de los discos que pertenecen al arado de rastra multidisco, es de dos años cuando trabajan en óptimas condiciones. En el planteamiento de los valores referenciales para la investigación, se considera los datos del trabajos especializados[11], donde define el desgaste de los discos de arado dado en campo al 0.02 lb en 16 horas, es decir una tasa de desgaste de 0,00125 lb/h, en ese sentido, en 8 horas de trabajo de una jornada laboral normal se ha perdido 0.28 g/día.



Figura 1

Barrio el Batán-Chambo.

La reparación de discos de arado es limitada a los costos que oscilan entre 3 USD a 20 USD. Este antecedente representa la principal desventaja para el sector agrícola de la región centro del país, debido al tinte artesanal del mantenimiento correctivo se traduce en una solución provisional que desencadena en fracturas y desgastes por debajo de los valores de referencia.

Las jornadas de trabajo de los distintos tractoristas hace que el tiempo sometido a desgaste de los elementos de arado se modifique en una semana, entre un valor estimado de cuarenta a sesenta horas de trabajo, ya que operan en función a las necesidades de los agricultores. En ocasiones esta rutina de trabajo se puede extender dependiendo la temporada y el clima para el cultivo.

A continuación (Figura 2.a) se encuentran dos discos dentados nuevos con y sin recubrimiento polimérico de diámetro inicial de 24 pulgadas, y también (Figura 2.b) se encuentran los discos desgastados, en esta figura el disco ubicado en la izquierda es de fundición colombiana, mientras que el segundo disco ubicado a la derecha es de procedencia brasileña. Estos discos han sido ocupados en terrenos de similares características del sector del cantón Chambo por lo que se evidencia el desgaste de diferente manera en cada uno de ellos.

Las encuestas realizadas de la muestra inicial de 98 personas, se han identificado en el caso de estudio, que el costo de adquisición de un nuevo disco de arado estándar de 24 pulgadas oscila entre 34 USD a 50 USD, sin contar con demás herramientas y

accesorios de labranza. Aunque de manera individual es un precio accesible para discos de tamaño estándar, esto depende del material, del tamaño y de la procedencia.



Figura 2

(a) Discos de arado nuevos, (b) Discos de arado desgastado.

En el mercado nacional existen dos modos de fabricación de discos de arado que involucran a dos países de procedencia, como Colombia y Brasil, de tal manera que se estima un costo de 35 USD y 45 USD respectivamente, conociendo que la rastra tiene un total de veinte y cuatro discos, el costo operativo del componente total alcanza un valor promedio de 840 USD y 1.080 USD.

Para determinar el tipo de aleación del acero al que pertenecen las probetas se realiza la comparación de porcentajes de carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel, molibdeno, fósforo, azufre, entre otros, con los datos calculados en la espectrometría de emisión óptica, este paso permite la correcta selección del material de aporte, variables esenciales y variables no esenciales para el proceso de soldadura. La espectrometría como base fundamental del ingeniero de materiales abre un espacio sumamente importante en el hallazgo de componentes microestructurales y de composición atómica de una aleación [15].

Uno de los ensayos más comunes para determinar la composición química de los metales es la espectrometría de emisión óptica (OES), también conocida como espectrometría de emisión de chispa, este tipo de ensayo es el más utilizado en diferentes procesos industriales. El equipo utilizado para la investigación es el espectrómetro de chispa BRUKEN Q2 ION, del laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica ESPOCH (Figura 3).

El proceso de soldadura SMAW se aplica en la recuperación de los discos de arado, se inicia con la unión de traslape con bisel simple con electrodos E-6011 para el pase de raíz y E-6013 para el pase caliente y relleno de peinado, de tal manera que se injertaron fragmentos de discos reciclados de material similar, donde el diámetro estándar de 24



Figura 3

Espectrómetro de Emisión óptica BRUKER Q2 ION.

in del disco de arado sirve de referencia para remediar el desgaste. Posteriormente en la forma de reparación se utiliza electrodos E-7018 elaborando un mallado cruzado sobre los fragmentos soldados y aprovechar el electrodo de bajo hidrogeno para incrementar la dureza en las muescas que deben trazarse cruzadas.

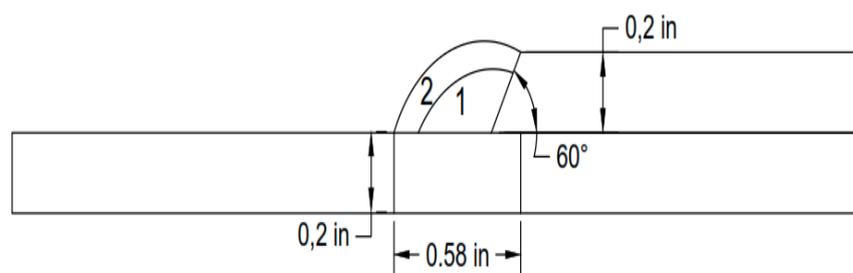


Figura 4

Discos de arado nuevos.

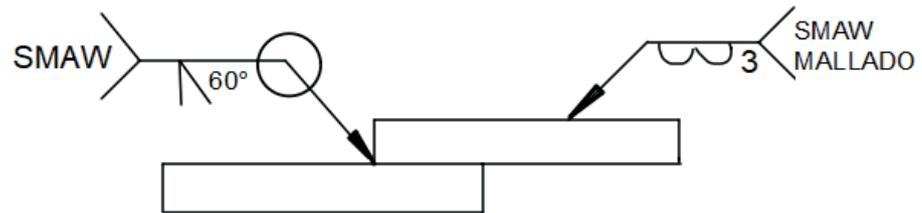


Figura 5

Discos de arado desgastado.

La técnica utilizada se resume en oscilaciones de forma circunferencial y/o zigzag, posición plana 1G con detalle del diseño de la junta con bisel simple dimensionada y simbolizada, (Figuras 4 y 5).

La dureza es una característica importante de los materiales, se refiere a la resistencia de penetración de un elemento metálico, bajo la norma ASTM E-18. Este ensayo consiste en presionar un indentador en la muestra a estudiar, el indentador puede ser una bola de tungsteno o un cono esférico con la punta de diamante. El tipo de penetrador y la carga que se utiliza determinan la escala de dureza (Figura 6).

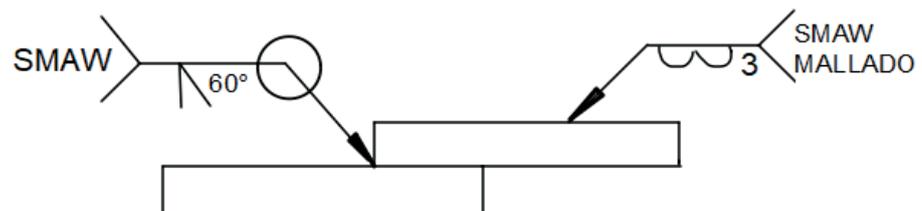


Figura 6

Durómetro.

Los ensayos de dureza son necesarios porque sirven para determinar la resistencia a la tracción, la plasticidad y la elasticidad del material, indica también la resistencia al desgaste mecánico que puede sufrir los materiales cuando se genera distintas aplicaciones.

Estos elementos como el tipo de disco, las etapas de labranza del suelo, los métodos de identificación positiva del material y la selección del procedimiento adecuado de reparación por soldadura, permiten establecer la base fundamental para presentar los resultados obtenidos después de reparar dichos elementos y realizar el ensayo de dureza para comparar valores de las especificaciones. Adicional se realizan ensayos no destructivos de tintas penetrantes para verificar posibles discontinuidades, basados en la norma ASTM E-165, así como ensayos metalográficos para evaluar los posibles



cambios microestructurales, después de realizar un tratamiento térmico de la zona reparada por soldadura.

3. Resultados y Discusiones

Los resultados obtenidos de la espectrometría se presentan (Tabla 1), y son comparados con los datos normalizados del material análogo (Tabla 2), por lo tanto, se selecciona el material similar dentro del grupo de aceros al carbono [16].

Tabla 1

Elementos aleantes resultados de los ensayos de la espectrometría de chispa.

	% C	% Mn	%P	%S	%Si	%Ni	% Cr	% Mo
Ensayo 1	0.682	1.864	<0.0030	<0.0030	0.331	0.031	0.068	0.036
Ensayo 2	0.373	1.477			0.274	0.047	0.251	0.036
Ensayo 3	0.413	1.626			0.198	0.047	0.070	0.051
Media	0.489	1.656	<0.0030	<0.0030	0.268	0.042	0.129	0.041

Tabla 2

Composiciones de aceros al carbono y aleados de contenido medio de carbono.

Steel	C	Mn	P.máx	S.máx	Si	Ni	Cr	Mo	Other
AISI-SAE 1340 Steels									
1340	0.38-0.43	1.60-1.90	0.035	0.040	0.20-0.35	---	---	---	---

Se determina que el material de estudio se trata de una aleación de acero que contiene aproximadamente entre 1,4% y 1,8% de manganeso. El análisis de probetas por espectrometría es desarrollado en primera instancia con una probeta desbastada y para ello se procede con el pulido técnico adecuado. Los elementos encontrados establecen que los aceros de las probetas son designados como AISI-SAE 1340 para ambos casos analizados, el cual es un acero al manganeso conocido por su alta resistencia a la abrasión e impacto, ideal para considerarse como herramienta debido a que, el manganeso aporta a la dureza y tenacidad de los aceros.

Mediante ensayos metalográficos del acero AISI-SAE 1340 que consiste en comparar los patrones disponibles en referencias especializadas y las observaciones a través del microscopio óptico, a un aumento de 550x y un ataque químico de nital del 2% al 5% en las probetas de discos de arado, teniendo concordancia y similitud entre probetas (Figura 7).

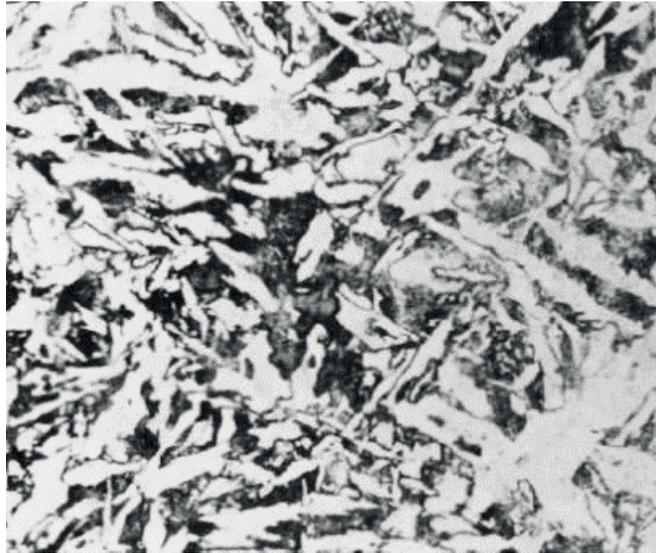


Figura 7

283-4047 steel forging.

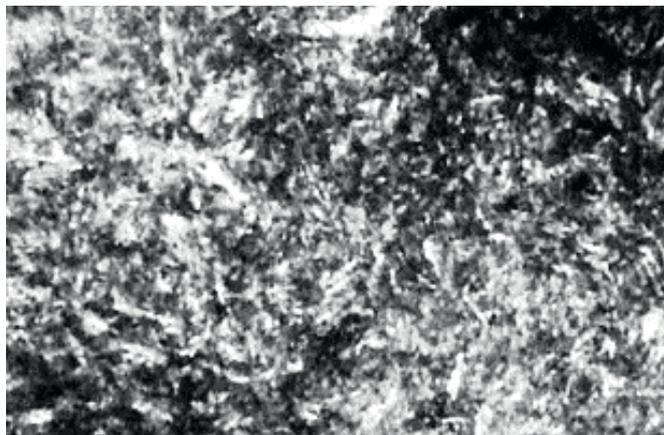


Figura 8

Disco estándar de soldadura N°:2, zona de desgaste.

Todos los resultados mostrados en las microestructuras responden a la aplicación del procedimiento ASTM-E-407, con ataque químico Nital del 5%. La microestructura representa la metalografía de un disco de arado desgastado en la zona de mayor desprendimiento de material del elemento estándar de soldadura, la estructura contiene placas de ferrita, parte blanca, y perlita fina zonas oscuras (Figura 8).

La soldadura inicia con la identificación de los elementos aleantes constitutivos en porcentaje del metal base del disco de arado, cuyo proceso empieza por la limpieza de los discos de arado desgastados mediante herramientas de desbaste mecánico y materiales considerando el cuidado de la salud. El proceso de soldadura se resume en



3 actividades: la elaboración del pase de raíz, elaboración de recargues en caliente y elaboración de peinados (mallado de soldadura). En cada elaboración de cordones de soldadura se realiza labores de limpieza entre pases y el cumplimiento de condiciones térmicas apropiadas.

En la reparación por soldadura SMAW de los discos de arado provenientes de dos tecnologías de fundición diferentes se seleccionaron los consumibles exequibles en costo y de alta disponibilidad bajo la especificación AWS A5.5, (E6011, E6013 y E7018). Posterior a la limpieza se procede con el corte de una muestra mediante disco apropiado de sección mínima 30 cm², para obtener probetas adecuadas. Operaciones y actividades fundamentales para el desarrollo de varios ensayos a experimentar a lo largo del proceso de reparación técnico (Figura 9).



Figura 9

Elaboración de la pega del elemento injerto bajo ángulo de trabajo apropiado.

La principales variables esenciales y no esenciales del proceso de reparación son: los electrodos seleccionados del estándar AWS A5.5 de 1/8 in., E6011 para el primer pase de raíz en polaridad directa DCEN, el electrodo E6013 para pases de terminados o peinado bajo polaridad invertida DCEP o AC, y E7018 para soldar recargues en caliente DCEP, para generar el efecto de recocido o precalentamiento del acero AISI 1340, ASTM A229, A234H a una velocidad de avance aproximada entre (53.81 a 44.71) mm/min, según el cálculo del aporte de calor según ISO / TR 18491: 2015 o EN 1011-1 y calificación del WPS/PQR bajo norma EN ISO 15614-1 [18].

El mallado de 3 cordones cruzados se utiliza el electrodo E7018, el cual es usado en posición plana, de tal manera que se presentan características mecánicas superiores a los usados en el pase de raíz y relleno de los bordes del material de sacrificio a insertar.

Para el ensayo de dureza se procede a extraer una probeta de cada disco ensayado, pudiendo medir la dureza en dirección radial y dirección tangencial al disco de arado.

Para una mejor identificación se decide denominar a las direcciones de análisis como lado A y lado B, el valor promedio de la dureza es 39.6 HRC (Rockwell C) (Figura 10)

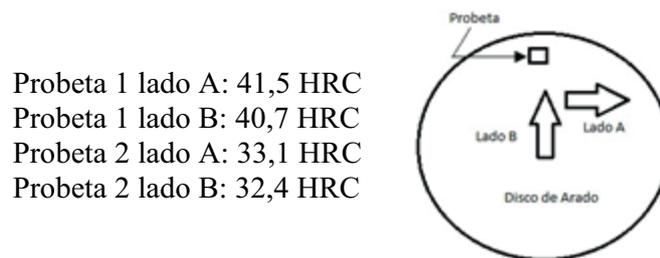


Figura 10

Esquema de extracción de probeta del material base del disco de ardo.

Sin embargo, lo central de esta investigación es el análisis de las propiedades mecánicas modificadas con la presencia de un cordón de soldadura en el metal base y un tratamiento térmico de temple simulando las condiciones de un ensayo Jominy [19], en una probeta equivalente (Figura 11).

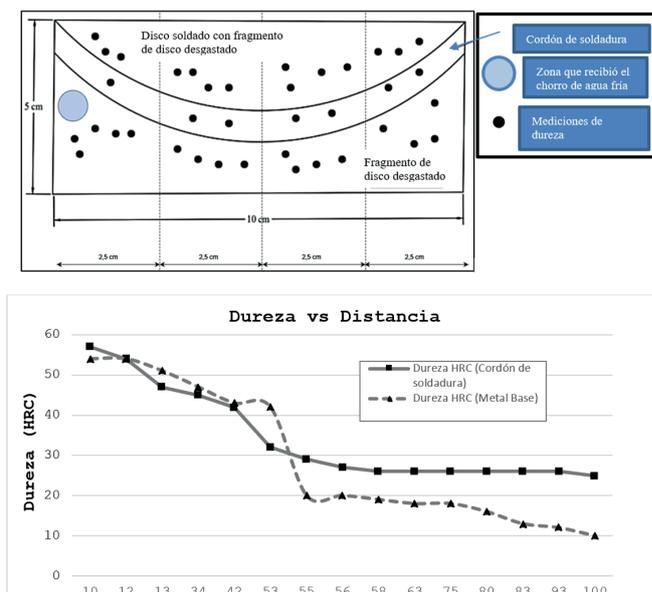


Figura 11

Esquema de extracción de probeta del material base del disco de ardo.

Una vez realizado el procedimiento de temple bajo las siguientes consideraciones; temperatura de 825 °C durante 20 minutos con enfriamiento brusco con agua, se obtuvo una profundidad de endurecimiento a una distancia máxima de 53 mm desde el extremo en contacto con el agua de refrigeración, después la dureza disminuye considerablemente a lo largo de la probeta hasta el extremo que no fue templado,

estos valores tiene correlación con el nivel de dureza determinado al material ASTM A255-10 [20].



Figura 12

Microestructura a 200x de la unión soldada a traslape entre dos discos recuperados.

El análisis metalográfico del cordón de soldadura en el cual se realiza dos pases, el primero un cordón de raíz con electrodo E6011 y el segundo de relleno con electrodo E6013, como se observa (Figura 12), tanto el material base como los materiales de aporte se funden de forma uniforme, formando un solo cuerpo lo que es idóneo, ya que indica que puede trabajar de forma compacta, resistiendo el desgaste que se presente en el trabajo.

Debido a la composición química del metal y en base a su carbono equivalente (CE), el metal tiene baja soldabilidad, por lo que se realiza el precalentamiento del disco antes de realizar su proceso de soldadura. La naturaleza curva del disco representa dificultad al momento de realizar los estudios previos, así como la soldadura en los mismos. Sin embargo, analizando en el sector plano del disco de arado, es decir en las muescas se obtiene las probetas que permiten el análisis del material tanto la espectrometría, la microestructura, el ensayo de dureza, así como la validación del estado de la soldadura mediante los ensayos no destructivos del tipo líquidos penetrantes [21].

4. Conclusiones

La propuesta de analizar las propiedades mecánicas de un disco estándar de arado mediante un proceso de soldadura se origina por la necesidad de personal técnico capacitado para brindar soluciones oportunas en el sector agrícola del cantón Chambo, se establece un presupuesto estimado de hasta un 44% menos del valor original de un disco de arado nuevo, donde los costos contemplan el valor de los electrodos utilizados, mano de obra, energía eléctrica y adquisición de insumos complementarios.



Las condiciones de trabajo de los elementos recuperados son variables directas en la vida útil de la herramienta, por lo que es conveniente someter a ensayos de campo durante tiempos prolongados para analizar su desempeño.

La espectrometría de chispa permite determinar el material de los discos de arado con una composición equivalente al acero designado AISI-SAE 1340 mismo que se trata de un acero al manganeso con aproximadamente un 0,40% de carbono, aunque posee baja soldabilidad, la capacidad del técnico soldador permite mantener la unión firme y resistente capaces de soportar pruebas en taller.

Las placas de ferrita, parte blanca con perlita fina parte oscura, son las microestructuras reconocidas en el análisis microscópico. El ensayo de dureza permite evidenciar un valor de 36,9 HRC, del material base, afirmando que se trata de un acero al manganeso y es apto para el trabajo agrícola. Luego de haber implementado las labores de reparación por soldadura, se puede incrementar hasta en un 46% la dureza del elemento en el extremo templado.

El control de calidad del disco recuperado se realiza mediante inspección visual y tintas penetrantes de acuerdo con ASTM E-165, se observan los cordones de soldadura de raíz y pase caliente con E6011 y E6013 respectivamente, donde no presentan imperfecciones que deroguen en defecto según AWS D1.1 y AWS D14.3, no obstante, se localizan pequeñas mordeduras y poros en la soldadura de recargue para generar el mallado elaborado con electrodo E7018.

References

- [1] JACS Yat. “Evaluación de sistema de agricultura vertical tecnificado para producción de cultivos agrícolas que minimicen la inseguridad alimentaria en Camotán, Chiquimula.”
- [2] Blanco-Capia LE. El sector agropecuario frente al COVID-19. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. 2020;8(1):1–2.
- [3] Rosales VQ. El índice de orientación agrícola (IOA) como mecanismo de análisis del gasto público agropecuario ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*. 2018;3(3):133–141.
- [4] CR Pino Vizueta, “Producción de cerveza artesanal aplicando guía de importación de materias primas.” 2018.
- [5] CR Santos Calderón, “Mejoramiento de la competitividad de la asociación Ñukanchik Ñan a través del incremento de producción de materia prima por el eficiente balance alimentario del bovino.” Universidad Nacional de Chimborazo, 2017.



- [6] Moysiadis V, Sarigiannidis P, Vitsas V, Khelifi A. Smart farming in Europe. *Computer Science Review*. 2021;39:100345.
- [7] Vega AM. Siembra y trasplante de cultivos hortícolas y flor cortada. SA: Ediciones Paraninfo; 2020.
- [8] Restrepo Henao LA. “Arado de disco superficial (arado rastra).” 2018.
- [9] Sevilla LM, Pineda JC, Toro A. Relación microestructura resistencia al desgaste de recubrimientos duros ricos en cromo y tungsteno aplicados por soldadura electrica (SMAW). *Dyna (Medellin)*. 2004;71(144):165–171.
- [10] Valle AE. Diseño y Optimización de un Arado Reversible por Gravedad. Peru: Pontificia Universidad Catolica del Peru-CENTRUM Catolica; 2019.
- [11] Mora Bagua CJ, Copa Mullo E. Diseño y construcción de un arado de discos para ser acoplado al motocultor YTO DF-15I para la zona de Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2017.
- [12] Niebles EE, Arnedo WG. Procedimientos de Soldadura y Calificación de Soldadores: una Propuesta de Enseñanza y Guía de Aplicación para la Industria. *Revista Información Tecnológica*. 2009;20(3):19–30.
- [13] Restrepo HS. Propiedades mecánicas del acero 15B30. *Revista Universidad EAFIT*. 2001;37(124):66–75.
- [14] JD Berlijn. “Manuales para educación agropecuaria: arados de discos.” 1983.
- [15] Cantellano MA, Zetina LM. “La espectroscopia y su tecnología: un repaso histórico y su importancia para el siglo XXI,” *Latin-American. Journal of Physics Education*. 2015;9(4):13.
- [16] Okamoto H, Massalski TB. *Binary alloy phase diagrams*. OH, USA: ASM Int Mater Park; 1990. p. 12.
- [17] Davis J. Casting, forming, and forging. *Gear Solutions*. 2013;11(5):24–35.
- [18] Palomo IL. “La norma UNE-EN ISO 15614-1: 2018.” *Sold y Tecnol unión*. 2018;29(152):45–47.
- [19] Barrera Rojas MÁ, Ramírez Torres A “Implementación de ensayos para la determinación de la templabilidad en acero AISI/SAE 4140 y AISI/SAE 1045 método de ensayos Jominy Acorde con la norma ASTM A255-10 (2014) en el taller de tratamientos térmicos de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central,” 2016.
- [20] AS A255. *Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel*. PA: ASTM International West Conshohocken; 2003.
- [21] Lovejoy D. *Penetrant testing: A practical guide*. Springer; 1991.