



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ANÁLISIS DE LA DUREZA Y TEMPLABILIDAD EN UN DISCO
ESTÁNDAR DE ARADO MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN
PROCESO DE SOLDADURA ESPECÍFICO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

DIANA DOMINING GONZÁLEZ RIOFRÍO

KEVIN ROBERTO PARRA HERNÁNDEZ

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ANÁLISIS DE LA DUREZA Y TEMPLABILIDAD EN UN DISCO
ESTÁNDAR DE ARADO MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN
PROCESO DE SOLDADURA ESPECÍFICO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA/O EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: DIANA DOMINING GONZÁLEZ RIOFRÍO

KEVIN ROBERTO PARRA HERNÁNDEZ

DIRECTOR: Ing. ALEX GIOVANNY TENICOTA GARCÍA

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Diana Domining González Riofrío & Kevin Roberto Parra Hernández

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, DIANA DOMINING GONZÁLEZ RIOFRÍO Y KEVIN ROBERTO PARRA HERNÁNDEZ, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de Noviembre de 2022



Diana Doming González Riofrío

C.I: 060444755-7



Kevin Roberto Parra Hernández

C.I:060510256-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **ANÁLISIS DE LA DUREZA Y TEMPLABILIDAD EN UN DISCO ESTÁNDAR DE ARADO MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROCESO DE SOLDADURA ESPECÍFICO** realizado por los señores: **DIANA DOMINING GONZÁLEZ RIOFRÍO Y KEVIN ROBERTO PARRA HERNÁNDEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-25
Ing. Alex Giovanni Tenicota García DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-25
Ing. Edison Fernando Calderón Freire MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-25

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a Maricela y Luis mis padres, a Kelly mi hermana y a mi familia, a Gustavo, Alex, Marco, Julio, Belisario, Lupita, seres muy queridos por mí que siempre vivirán conmigo a través de recuerdos.

Kevin

Este trabajo dedico a mis padres Fernando González y Vilma Riofrío, quienes con su amor, sacrificio, esfuerzo y apoyo me han acompañado, formado y guiado en todo el trayecto de mi vida. A mis hermanas Maylyng y Valentina González Riofrío que son las personas que me inspiran cada día a luchar y no rendirme. A mis abuelitos/as, tíos/as, primos/as por sus consejos y apoyo incondicional. A una persona que se adelantó, pero estoy segura que desde el cielo comparte esta alegría conmigo, mi abuelito Luchito González. A Kevin quién me ha acompañado y luchado junto a mí en esta hermosa etapa llamada vida politécnica.

Diana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la vida para llegar a lograr muchos objetivos trazados durante la vida politécnica, agradezco a mis padres por el apoyo, soporte y consejos, a mi hermana por estar siempre como amiga y compañera, a la carrera de Mantenimiento Industrial y sus docentes por la guía y conocimientos brindados y finalmente agradezco a Diana, por creer en mí y motivarme a luchar por todos mis sueños.

Kevin

Agradezco a mis padres por ser mis compañeros y aliados de sueños y metas. A la carrera de Mantenimiento Industrial por abrirme sus puertas y permitir formarme profesionalmente, a toda la planta docente por impartirme sus conocimientos y experiencias, especialmente a los Ingenieros Alex Tenicota y Edison Calderón por su apoyo y guía en el desarrollo de este trabajo de Integración Curricular.

Diana

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Definición del problema.....	3
1.3. Justificación del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. <i>Objetivo general.</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos.</i>	5
1.5. Hipótesis.	5
1.5.1. <i>Variable dependiente</i>	5
1.5.2. <i>Variable independiente</i>	5
1.6. Equipos y herramientas de labrado.....	6
1.6.1. <i>Equipos</i>	6
1.6.2. <i>Herramientas</i>	8
1.7. Arado de discos	9
1.7.1. <i>Tipo de arado de discos</i>	9
1.7.2. <i>Componentes del arado de discos</i>	9
1.7.3. <i>Tipos de rastras de discos</i>	10
1.7.4. <i>Discos de las rastras</i>	11
1.7.5. <i>Composición de los discos de arado</i>	12
1.7.6. <i>Promedio de vida útil de los discos de arado</i>	13
1.7.7. <i>Tiempo de operación de los discos de arado</i>	14
1.7.8. <i>Costo operativo de los discos de arado</i>	14
1.7.9. <i>Costo de mantenimiento de los discos de arado</i>	14
1.8. Procesos de soldadura.....	15
1.8.1. <i>Soldadura por arco de metal protegido S.M.A.W</i>	15

1.8.1.1.	<i>Equipo</i>	16
1.8.1.2.	<i>Materiales</i>	17
1.8.1.3.	<i>Aplicaciones</i>	18
1.8.1.4.	<i>Diseño y preparación de las uniones</i>	18
1.8.1.5.	<i>Procedimientos de soldadura</i>	19
1.8.1.6.	<i>Calidad de soldadura</i>	20
1.8.1.7.	<i>Recomendaciones de seguridad</i>	21
1.8.2.	<i>Soldadura y corte con flama de oxígeno y acetileno</i>	21
1.8.3.	<i>Soldadura por resistencia eléctrica</i>	21
1.8.4.	<i>Soldadura con arco metálico y gas G.M.A.W</i>	22
1.8.5.	<i>Soldadura con arco de tungsteno y gas G.T.A.W</i>	22
1.9.	Espectrometría de emisión óptica	23
1.10.	Ensayo de dureza Rockwell C	24
1.11.	Ensayo de templabilidad Jominy	25
1.12.	Ensayos no destructivos para inspección de soldadura	25
1.13.	Metalografía	26
1.14.	Contexto operacional	27
1.15.	Análisis agrícola en el cantón Chambo	28
1.15.1.	<i>Características geográficas</i>	28
1.15.2.	<i>Tipo de suelo</i>	28

CAPÍTULO II

2.	PROCESO DE SOLDADURA DE DISCOS ESTANDÁR DE ARADO	30
2.1.	Espectrometría de emisión óptica (OES)	30
2.1.1.	<i>Composición química del material base</i>	32
2.2.	Metalografía	33
2.2.1.	<i>Preparación de probetas para metalografía y ensayos</i>	34
2.2.1.1.	<i>Discos desgastados</i>	34
2.2.1.2.	<i>Resultados de micrografía</i>	38
2.2.2.	Soldadura	40
2.2.2.1.	<i>WPS</i>	42
2.2.2.2.	<i>Selección de electrodo</i>	44
2.2.3.	Ensayos	46
2.2.3.1.	<i>Dureza</i>	46
2.2.3.2.	<i>Ensayo Jominy</i>	48
2.2.4.	Inspección	50

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	52
3.1.	Análisis de resultados	52
3.2.	Comparación de resultados	52
3.2.1.	<i>Espectrometría</i>	52
3.2.2.	<i>Metalografía y microestructura</i>	52
3.2.3.	<i>Ensayo de dureza</i>	53
3.2.4.	<i>Ensayo Jominy</i>	54
3.2.5.	<i>Soldadura</i>	55
3.4.	Validación de la hipótesis	59
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Especificaciones de la AWS para electrodos cubiertos.....	17
Tabla 1-2:	Procedimiento para el análisis de probetas espectrometría de emisión óptica...30	
Tabla 2-2:	Espectrometría de emisión óptica, muestra N°1.....	32
Tabla 3-2:	Espectrometría de emisión óptica, muestra N°2.....	32
Tabla 4-2:	Espectrometría de emisión óptica, muestra N°3.....	32
Tabla 5-2:	Promedio de los porcentajes de elementos compuestos de las muestras	33
Tabla 6-2:	Composiciones de aceros al carbono y aleados contenido medio de carbono ...33	
Tabla 7-2:	Metalografía de las probetas de los discos desgastados.	34
Tabla 8-2:	Resultado de inclusiones no metálicas con aumento de 10X	36
Tabla 9-2:	Resultado de micrografía con aumento de 50X	38
Tabla 10-2:	Proceso de soldadura SMAW en discos de arado desgastados.....	40
Tabla 11-2:	WPS con electrodos E6011 y E6013.....	42
Tabla 12-2:	WPS con electrodos E7018.....	43
Tabla 13-2:	Condiciones de trabajo para selección de electrodo	44
Tabla 14-2:	Características electrodo E6011	44
Tabla 15-2:	Características del electrodo E6013	45
Tabla 16-2:	Características del electrodo E7018	45
Tabla 17-2:	Ensayo de dureza en probetas de discos desgastados	46
Tabla 18-2:	Promedio de dureza de discos desgastados.	47
Tabla 19-2:	Elementos aleantes de los materiales para ensayo Jominy	48
Tabla 20-2:	Procedimiento ensayo Jominy	49
Tabla 21-2:	Calidad del proceso de soldadura.....	50
Tabla 1-3:	Dureza de las probetas: cordón de soldadura y metal base.....	53
Tabla 2-3:	Valores de dureza del ensayo Jominy, probeta cordón de soldadura.....	54
Tabla 3-3:	Valores de dureza del ensayo Jominy, probeta metal base.....	54
Tabla 4-3:	Microestructura cordones de soldadura bajo el microscopio aumento de 20X..	56
Tabla 5-3:	Probetas del cordón de soldadura.....	59
Tabla 1-3:	Validación de la hipótesis	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Arado de discos.	6
Ilustración 2-1:	Bomba de presión.	7
Ilustración 3-1:	Rastras ordinarias de discos.	10
Ilustración 4-1:	Arado de rastra de dos grupos.	11
Ilustración 5-1:	Discos dentados, escotados o con muescas.	12
Ilustración 6-1:	Discos de arado dentados desgastados.	13
Ilustración 7-1:	Diagrama esquemático del proceso de soldadura SMAW	16
Ilustración 8-1:	Espectrómetro Bruker Q2 ION	23
Ilustración 9-1:	Durómetro.	24
Ilustración 10-1:	Máquina de ensayo Jominy.	25
Ilustración 11-1:	Metalografía del acero al manganeso.	26
Ilustración 12-1:	Arado de terreno en el barrio El Batán-cantón Chambo.	27
Ilustración 13-1:	Suelo humífero parte alta del cantón Chambo.	28
Ilustración 14-1:	Suelo arenoso en la parte baja del cantón Chambo.	29
Ilustración 1-2:	283-4047 steel forging	38
Ilustración 1-3:	Esquema de la probeta para el ensayo Jominy.	54
Ilustración 2-3:	Distancia vs. dureza de la probeta con cordón de soldadura	55
Ilustración 3-3:	Distancia vs. dureza de la probeta del metal base	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA A AGRICULTORES

ANEXO B: ENCUESTA A TRACTORISTAS

ANEXO C: ESPECTOMETRÍA DE PROBETA 1

ANEXO D: ESPECTOMETRÍA DE PROBETA 2

ANEXO E: TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

RESUMEN

Con el presente trabajo se analizó la dureza y templabilidad en un disco estándar de arado mediante el desarrollo de un proceso de soldadura específico, con el propósito de recuperar los discos de arado desgastados a través de una metodología de investigación bibliográfica, comparativa y pruebas en laboratorio. Para el análisis de las propiedades de dureza y templabilidad se implementaron ensayos de espectrometría, microestructura, dureza y Jominy, en probetas provenientes de discos desgastados, reparados por soldadura y nuevos, identificadas del material AISI/SAE 1340 según el análisis de espectrometría. En la reparación del disco de arado se analizaron dos procesos de soldadura SMAW que se adaptaron en varios puntos de la norma AWS D1.1 y D14.3; para recuperación del diámetro estándar del disco y soldadura con recargue tipo mallado. El primer proceso fue definido en una unión a traslape con bisel simple, uso de electrodos E6011 en el pase de raíz y E6013 en el relleno, de tal manera que se recuperó el diámetro original de 22 y 24 pulgadas con la conservación de la dureza estándar. En el segundo proceso de soldadura se realizó el mallado en los fragmentos soldados con los electrodos E7018 con la finalidad de prolongar la vida útil de las piezas soldadas, ya que el cordón de soldadura estará expuesto al desgaste directamente. Las pruebas de laboratorio permitieron determinar si las propiedades de los discos de arado reparados mediante soldadura han mejorado y puedan ser insertados nuevamente al trabajo de campo. Mediante el contraste de hipótesis bilateral se determinó que el promedio de la dureza del disco reparado se encuentra en la zona de aceptación, afirmando que la recuperación de un disco estándar de arado por soldadura mejora la dureza y la templabilidad en la zona de desgaste.

Palabras claves: <ANÁLISIS DE DUREZA>, <ANÁLISIS DE TEMPLABILIDAD>, <PROCESO DE SOLDADURA>, <DISCO DE ARADO>, < AISI/SAE 1340>

2280-DBRA-UPT-2022



SUMMARY

This work analyzed the hardness and hardenability of a standard plow disk through the development of a specific welding process. The purpose was to recover the worn plow disks through a bibliographic, comparative research methodology and laboratory tests. The hardness and hardenability properties were analyzed. Spectrometry, microstructure, hardness and Jominy tests were implemented, in identified specimens of the AISI/SAE 1340 material according to the spectrometry analysis and from worn discs, repaired by welding and new ones. In the repair of the plow disc. Two SMAW welding processes were analyzed that were adapted in various points from the AWS D1.1 and D14.3 standard; recovery of the standard diameter of the disc and welding with mesh-type overlay. The first process was defined in a simple bevel overlap joint, using E6011 electrodes in the root pass and E6013 in the filling, in such a way that the original diameter of 22 and 24 inches was recovered with the conservation of the standard hardness. In the second welding process, the mesh was carried out on the welded fragments with the E7018 electrodes in order to prolong the useful life of the welded pieces, since the weld bead will be directly exposed to wear. The laboratory tests allowed to determine if the properties of the plow discs repaired by welding have improved and they can be inserted again in the field work. Through the contrast of bilateral hypotheses, it was determined that the average hardness of the repaired disc is in the acceptance zone, affirming that the recovery of a standard plow disc by welding improves the hardness and hardenability in the wear zone.

Keywords: <HARDNESS ANALYSIS>, <HARDENING ANALYSIS>, <WELDING PROCESS>, <PLOW DISC>, <SPECTROMETRY >



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema
C.I: 060335706-2

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola es un eje fundamental en la economía del Ecuador, la provincia de Chimborazo perteneciente a la región Sierra aportando a la producción agrícola del país. El cantón Chambo debido a sus características geográficas presenta diferentes tipos de tierras, por lo tanto, existe una gran cantidad de superficie que está destinada al cultivo. El mantenimiento es un problema en este campo industrial debido a que ni la tecnología ni las técnicas están al alcance de agricultores y operarios de tractores, por falta de capacitación en este sector.

La superficie de trabajo requiere elevadas características mecánicas en las herramientas y maquinaria, para esto, es necesario analizar la dureza y la templabilidad de un disco estándar de arado. Adicional se pretende recuperar la superficie del disco, mediante un proceso de soldadura buscando mantener las características mecánicas del elemento ya que por fábrica son de un solo cuerpo. Esta investigación se centra en la hipótesis que busca la recuperación de un disco estándar por soldadura que mejora la dureza y la templabilidad en la zona de desgaste.

Para elegir un proceso de soldadura que esté acorde a las necesidades mecánicas que requiere el disco y accesibles tanto en costo como en facilidad de la adquisición de los materiales, se necesita identificar el tipo de material del elemento ya que la información no se encuentra disponible en catálogos ni en sitios web. Se realizó una espectrometría para determinar el porcentaje de los elementos químicos que conforman al disco, comparando estos resultados con el Metal Handbook para determinar que es un acero AISI 1340, o acero al manganeso. Partiendo de este resultado se elaboran probetas del material de estudio para observar su microestructura y confirmar sus elementos.

Para el proceso de soldadura se analiza el material, características y propiedades como también los electrodos existentes en el mercado y su composición. Los electrodos E6011, E6013 Y E7018 son factibles para el desarrollo del proceso de soldadura SMAW. A través del electrodo E6011 se realiza el precalentamiento de los fragmentos a las muescas del disco desgastado, con el electrodo E6013 se realiza el pase de raíz obteniendo una soldadura uniforme. Con el electrodo E7018 se realiza el mallado en los fragmentos soldados buscando prolongar la vida útil del disco de arado recuperado.

El contraste de hipótesis bilateral permite asignar un valor diferente al de la hipótesis nula, en este caso se desea conocer si el proceso estándar de soldadura a aplicarse puede mejorar la dureza y la templabilidad del disco reparado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En este trabajo de integración curricular se realiza conversaciones y encuestas con agricultores y tractoristas del cantón Chambo uno de los sectores con más producción agrícola en la provincia de Chimborazo, con el fin de recabar información sobre las necesidades y problemas generados en los equipos y herramientas de labrado que surgen al trabajar la tierra.

La tecnificación en los procesos industriales y agrícolas es la respuesta a la necesidad de incrementar la productividad, sean maquinarias automáticas, semiautomáticas y de uso manual que agilizan las actividades. El sector agrícola ocupa el cuarto lugar en las áreas estratégicas que generan ingresos económicos en la provincia de Chimborazo junto con el sector industrial de manufactura han venido creciendo en tecnología bajo el apoyo público y privado. Sin embargo, la agricultura se viene realizando de una manera limitada con la tecnificación, ya que varias comunidades poseen tractores agrícolas, pero la falta de conocimiento en el área de mantenimiento de los operadores ha hecho que disminuya su vida útil.

El arado de discos es una herramienta agrícola cuya función principal es voltear los diferentes tipos de suelos, entre ellos terrenos pedregosos, suelos abrasivos, densos y con grandes raíces produciendo un excelente mullimiento y aireación de estos. Las condiciones, de los diferentes tipos de suelos que existen en el Ecuador, hacen que los discos sean quebradizos, por lo que su vida útil es corta quedando inhabilitados al haber cumplido su tiempo de trabajo. Sin embargo, están propensos constantemente al desgaste, fracturas e impactos por lo que para los operarios resulta costear gastos inapropiados en el mantenimiento como también generan elevados valores de producción, notando así valores que oscilan entre 7000 USD y 10000 USD, por lo que representa para la comunidad agrícola altos costos de operación según conversaciones y encuestas realizadas previo a este trabajo.

En la actualidad los operarios realizan una evaluación de manera visual de los discos de arado para recurrir posteriormente a un soldador que recupere la superficie perdida. Esta práctica supone una posible ayuda para la economía de los grupos de personas que se benefician con el tractor agrícola, 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.

(Mora y Copa, 2017: pp. 56-57), en la tesis “Diseño y construcción de un arado de discos para ser acoplado al motocultor YTO DF-15L para la zona de Ecuador”, ha realizado el diseño de estos elementos tomando en cuenta los factores del suelo que inciden en el desgaste, fracturas e impactos. En dicho trabajo también se evidencia la construcción de los discos de arado con ensayos de Espectrometría, Microestructura, Impacto y Dureza, que son sumamente importantes para este tipo de herramientas agrícolas ya que permiten determinar las características técnicas del material.

(Cevallos et al, 2017: p. 52) en el artículo científico “Chimborazo: Una reflexión sobre su sector agropecuario” analizan que en la provincia de 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 que mencionan que es evidente, el bajo nivel de alianzas por lo que representa el freno a la producción, la comercialización a precio justo y la obtención de financiamiento.

(Romero y Fajardo, 2019 p. 102) en la tesis “Optimización del prototipo de arado de disco aplicando la norma ISO 25119 para mejorar el rendimiento, seguridad y ergonomía del motocultor YTO DF 15L del MAGAP de Chimborazo” mencionan que el desgaste de los discos de arado a los que sometieron a pruebas de campo, han generado un resultado de desgaste de 0.02 lb en 16 horas, por lo que se tiene una tasa de desgaste de 0,00125 lb/h por lo que determinan que para un día de trabajo que conta de 8 horas laborables el disco de arado sufre un desgaste de 0.28 g/día.

1.2. Definición del problema

En el sector agrícola del cantón Chambo se requiere contar con elevadas características mecánicas en los discos de arado, tales como dureza y templabilidad para ser parte del contexto operacional de los procesos agrícolas que requieren alta durabilidad a bajo costo. Sin embargo, el problema radica en el desconocimiento de los resultados de la reparación de los discos de arado mediante un proceso de soldadura, ya que no se ha considerado la naturaleza de los materiales y los estudios técnicos metalográficos en investigaciones anteriores.

1.3. Justificación del problema

El Ecuador es un país agrícola, sus condiciones climatológicas y la distinta variedad de suelos facilita el cultivo de distintos tipos de plantas, esta actividad representa un gran aporte a la economía de los habitantes y un aporte al PIB del Ecuador, hace más de 30 años en el país se busca evolucionar todo el sector agropecuario hacia una condición de alta productividad con la

implementación de adelantos científicos y técnicos. Según el Banco Central del Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2021 p 22) en el “Reporte de coyuntura del sector agropecuario” muestra que Chimborazo está dentro de las provincias que más aporta con el cultivo de hortalizas, además de que en los diferentes cantones el porcentaje de territorio que se destina a esta actividad económica va en alza, durante el 2020 la superficie total de productos agrícolas cosechados va de 19,7 mil hectáreas representando un 26,5 % de crecimiento respecto a año anteriores.

Uno de los trabajos especializados en mecanización agrícola en el país como (Yela, 2021 p. 7), menciona que el Ecuador junto a los demás países de América Latina muestra atrasos significativos en la adquisición de maquinaria y nuevas tecnologías para el sector. En adición a lo mencionado los problemas varían según los sistemas de producción, tamaño de terrenos, condiciones agroecológicas y situación socioeconómica de los productores. Un ejemplo particular es la provincia de Chimborazo, en donde los agricultores no reciben ayuda técnica para la compra de nuevas maquinarias y el mantenimiento en la misma. Entre las causas de esta problemática se encuentra la falta de investigación, la mala administración por parte de las autoridades de las distintas comunidades, convirtiéndose en una verdadera problemática para la conservación y operación de estos equipos.

La soldadura es uno de los procedimientos correctivos más comunes que se encuentran en la provincia, sin embargo, la ausencia de personal especializado y procedimientos normados que guíen los procesos, no se obtiene el beneficio esperado. Antes de realizar la soldadura en los discos de arado se debe analizar el material con el que están constituidos, en base a este análisis se buscan procedimientos y materiales acorde a nuestras muestras, para ponerles nuevamente en funcionamiento y cumplan con su función requerida.

Existen pocas investigaciones relacionado al mantenimiento de maquinaria agrícola, siendo el Ecuador un país agropecuario, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la carrera de Mantenimiento Industrial mediante acuerdos interinstitucionales ha colaborado con diversas comunidades a través de prácticas laborales y prácticas de servicio comunitario brindando soporte en la gestión y en la reparación de distinta maquinaria agrícola. A través del mantenimiento basado en la condición se pretende establecer métodos de reparación normados que mejoren las propiedades mecánicas de los discos de arado. El mantenimiento en el país se encuentra en una etapa infantil ya que se lo viene realizando de una manera empírica, a través de esta investigación se pretende: aportar al campo agrícola con procesos específicos de soldadura y dar a conocer a la carrera, ya que viene creciendo a pasos agigantados y tiene mucha aceptación en distintos campos industriales.

El objetivo de esta investigación es analizar las propiedades mecánicas como la dureza y templabilidad de la superficie reparada mediante un proceso de soldadura normado y diseñado para contrarrestar el desgaste de los discos estándar de arado, por tanto, se busca reutilizar el material de los discos desgastados reduciendo así los costos de producción concurrentes que se generan al adquirir discos nuevos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la dureza y templabilidad en un disco estándar de arado mediante el desarrollo de un proceso de soldadura específico.

1.4.2. Objetivos específicos

Describir el contexto operacional que influye en el desgaste de un disco estándar de arado.
Fundamentar las características y criterios técnicos del proceso estándar de soldadura, análisis metalúrgico y control de calidad a emplear en la recuperación de un disco de arado.
Desarrollar un proceso específico de recuperación de discos de arado mediante soldadura.
Analizar los resultados obtenidos de templabilidad y dureza del disco estándar de arado.

1.5. Hipótesis

La recuperación de un disco estándar de arado por soldadura mejora la dureza y la templabilidad en la zona de desgaste.

1.5.1. Variable dependiente

Templabilidad y dureza

1.5.2. Variable independiente

Proceso de recuperación por soldadura

1.6. Equipos y herramientas de labrado

El arado ha marcado la historia de la agricultura, pues de arados arrastrados por tracción humana o arado de arrastre animal que datan del año 3400 a.C., en Mesopotamia, Egipto y Chipre, con el paso de la tecnología se ha podido trabajar la tierra en menor tiempo y con menos esfuerzo humano y animal permitiendo la facilidad del cultivo.

La preparación del terreno para la siembra precisaba el uso de útiles como los palos, azadas, zapapicos y palas, que trabajan la superficie del suelo más no lo voltean y que hasta la actualidad se utilizan antes del paso de los arados ligeros. La aradura ha sido considerada como un arte y el arado como tal es la herramienta principal para ejecutar este arte.

1.6.1. Equipos

Los equipos agrícolas constan de un grupo de mecanismos que permiten trabajar la tierra de una manera rápida, estos nos permiten realizar la labranza primaria que consiste en abrir y preparar la tierra para su producción agrícola.

Arado: Es un equipo agrícola que está diseñado para abrir surcos en la tierra; entre sus componentes se encuentra: cuchilla, reja, talón, vertedera, cama, mancera y timón los mismos que se pueden observar en la figura 1-1. Estos elementos permiten cortar y nivelar la tierra a ser cultivada. Existen varios tipos de arados, entre los más conocidos se encuentran:



Ilustración 1-1: Arado de discos.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

- Arado de discos
- Arado de vertedera
- Arado superficial
- Arado de subsuelo

Rastra: Es un equipo que realiza labranza secundaria, en ocasiones también se puede realizar la primera labranza del suelo. Está diseñado para desintegrar la tierra que ha sido removida por el arado. Este equipo agrícola está compuesto por un armazón de madera o metal, dientes y enganche que lo une al tractor.

Bomba de presión: El equipo que se muestra en la ilustración 2-1 tiene como objetivo principal fumigar los diferentes tipos de suelos que van a ser cultivados; consta de un depósito de líquido, una bomba de presión, boca, tapa, tanque, válvula de presión, manguera, correas, llave y la boquilla por donde sale el líquido para fumigar, sea éste: insecticida, fungicida o herbicida.



Ilustración 2-1: Bomba de presión.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Sembradora de siembra directa: Equipo agrícola que permite colocar las semillas sobre la cama de siembra, con elementos de apertura y tapado de surco sin un laboreo previo. Este tipo de equipo solo trabaja la parte del suelo en donde se va a depositar la semilla. Es necesario tener en cuenta que el tipo de surco depende de la forma en la que se encuentra depositada la semilla.

Abonadora: Equipo agrícola diseñado para la distribución de fertilizantes; entre sus componentes de encuentra: la tolva o depósito del abono, tubo de caída del fertilizante y distribuidor del fertilizante.

Empacadora: Está diseñado para empacar la paja de los cereales u otras plantas herbáceas forrajeras cultivadas en balas.

1.6.2. Herramientas

Las herramientas agrícolas son instrumentos que se utilizan de manera manual para labrar y remover la tierra, deshierbar, abrir zanjas, transportar abono o material, plantar, abonar, limpiar, cosechar y colectar los productos agrícolas sembrados etc. En la mayoría de las ocasiones están diseñadas y construidas con materiales reutilizables y en desuso, como palos de escoba, tubos de agua y de gas, varillas de construcción lisas, rejillas de cocina, mangos y palos, planchuelas y hasta la chapa que componen los gabinetes de Pc. (Maggio, 2017 p. 23).

Barretones: Palancas de acero terminadas en hoja planta y semiplanta con un mango de mediana longitud.

Carretillas: Son cargos pequeños que tienen una rueda y sirven para cargar y descargar material agrícola, sea arena, tierra, abonos.

Escardillas: Son herramientas con extremo en forma de pala; es de metal con borde inferior de filo cortante; sirve para remover la tierra.

Palas: Son láminas de metal, preferiblemente acero, que se usan para labrar la tierra; pueden ser de punta o de forma ancha; tienen borde inferior con filo cortante y mango largo de madera terminado en un asa de metal.

Picos: Son instrumentos compuestos de una parte de acero cuyos extremos terminan en forma de pala rectangular, por un lado, y por la tierra en forma vertical; tiene una pala rectangular con borde inferior de filo y mango de madera o metal.

Rastrillos: Es una herramienta agrícola que está diseñado para cubrir o rastrillar semillas; tienen una parte horizontal de metal y se encuentra formada por dientes delgados o gruesos según el uso. En el área de jardinería también se utiliza para nivelar el suelo, remover la tierra, etc.

Regaderas: Son envases de metal con depósito para agua, con un tubo que termina en una pieza redonda con muchos agujeros pequeños; sirve para regar plantas.

Trasplantadora: Son pequeñas palas de metal en forma de cuchara pequeña, se les considera herramientas ergonómicas polivalentes ya que pueden desempeñar varias funciones. de bordes afilados y mango de madera. Sirven para sacar semillas, nivelar y preparar los suelos como también plantar semillas.

1.7. 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. Una de sus ventajas es que brinda excelentes resultados de laboreo en terrenos pedregosos con abundante raíces y vegetación, como también en suelos arcillosos, pegajosos, tierras sueltas y terrenos abrasivos.

Una de sus desventajas es que deja los campos desiguales por lo tanto necesita más operación para arreglar la superficie y obtener una buena cama de siembra. (D. Berlijn, 1983 p. 9)

1.7.1. Tipo de arado de discos

Hay tres tipos principales de arado de discos: directamente montados, semimontado y remolcado.

El arado directamente montado conecta al tractor con mecanismos de enganche de uno, dos o tres puntos, éstos pueden conectarse en menos de un minuto, y pueden operar con un sistema hidráulico.

El arado de discos semimontado se arrastra con una barra de tiro del tractor, se levantan moviendo una palanca que está en la parte delantera del arado, la dirección de la rueda trasera se controla mediante una barra larga que está en el tiro del tractor, permitiendo que el arado siga correctamente las curvas y los extremos del campo a cultivarse.

Los arados de discos remolcados tienen tres ruedas para soportarlos, pueden arrastrarlos cualquier tractor que tenga suficiente fuerza. La rueda trasera produce la potencia necesaria para levantar el arado empleando un sistema hidráulico. (A. Stone, et al, 1985 pp. 223 - 224)

1.7.2. Componentes del arado de discos

El arado de discos está compuesto de varios elementos como:

Bastidor: Permite amarrarse al tractor con el yuguillo y también para sujetar el resto de los elementos. Constituye el armazón del arado en donde se montan los cuerpos del arado, el sistema de enganche al tractor y la rueda limitadora de profundidad. (Mora y Copa, 2017: p. 13)

Soporte: Es la unión entre el disco y el bastidor. Este soporte depende del número de discos a utilizar y de la potencia del tractor para soportar a los discos.

Buje: Se encuentra al final del soporte, en este elemento se encuentra situado el eje con el rodamiento permitiendo sujetar el disco labrador. Es la parte mecánica que necesita más atención.

Discos: Es la parte del arado que realiza el trabajo directo con el suelo, constan de 4 o 5 tornillos que los sujetan y también permiten el cambio de estos si se encuentran desgastados o con roturas.

Limpiador o rascador: Permite desprender la tierra que se adhiere al disco, permitiendo así un mejor volteo del suelo

Rueda de apoyo: Trabaja como timón evitando que el arado de discos salga de su trayectoria y también marca la profundidad del trabajo de los discos. Esta rueda tiene una inclinación que permite contrarrestar fuerzas opuestas por los discos de arado.

1.7.3. Tipos de rastras de discos



Ilustración 3-1: Rastras ordinarias de discos.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

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. Como se puede observar en la ilustración 3-1, las rastras ordinarias constan en la mayoría de las ocasiones con 5 discos que se encuentran de manera inclinada para una mejor penetración del suelo.

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. Como se puede observar en la ilustración 4-1, la rastra de dos grupos se caracteriza por utilizar un número mayoritario de discos, su estructura los agrupa de tal manera que en los 4 ejes se encuentran 6 discos de manera vertical que permiten oxigenar de mejor manera la tierra a labrar.



Ilustración 4-1: Arado de rastra de dos grupos.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

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 arboles con bajo ramaje.

1.7.4. Discos de las rastras

Los discos de las rastras son los encargados de trabajar directamente con el suelo, estos se sujetan a la rastra por 4 o 5 tornillos para poder reemplazarlos si sufren algún tipo de desgaste o rotura. En la mayoría de las ocasiones los discos de arado se encuentran fabricados de aceros fuertes que sean resistentes al desgaste y tengan una dureza uniforme. Los discos de arado se encuentran entre los 22 a 32 pulg, siendo los discos de 22 y 24 pulg los más ocupados y a nivel del Ecuador los discos estándar que se ocupan para el trabajo del suelo.

Discos lisos: Pueden ser de sección regular o tener centros ondulados, la concavidad de los discos puede afectar la capacidad para penetrar, pulverizar, voltear e invertir la tierra.

Discos achatados: Tienen el centro plano para adaptarse a los separadores y cojinetes planos, suelen ser más fuertes que los discos lisos.

Disco Auburn: Tienen forma de un plato redondeado cerca del filo, su curvatura es más fuerte por lo que se debe evitar, este tipo de disco en suelos arenosos.

Discos dentados, escotados o con muescas: Sirven para terrenos con ramajes u hojarasca, al girar los discos las muescas producen un efecto cortante muy intenso al mismo tiempo las partes entre las escotaduras penetran profundamente y voltean la hojarasca.



Ilustración 5-1: Discos dentados, escotados o con muescas.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la ilustración 5-1, se observan dos discos dentados de diferente diámetro, el primero con diámetro de 22 pulg, marca bellota de procedencia española con un recubrimiento polimérico de color azul marino, mientras que el segundo disco de diámetro 24 pulg de procedencia colombiana tiene un recubrimiento polimérico de color negro mate.

1.7.5. Composición de los discos de arado

Los discos de arado son hechos de materiales que resisten al impacto y el desgaste, su composición química varía dependiendo de su procedencia, un acero para laboreo agrícola está compuesto por más de diez aleaciones que interactúan unas con otras, estos elementos son: carbono, boro, manganeso, entre otros, en base al proceso productivo se determina el tipo de acero para cumplir con una función requerida.

En la actualidad obtener un producto con mucha dureza y alta resistencia al desgaste no tiene mucha dificultad, el problema de estos procedimientos es que el producto no recupera su forma inicial por lo que se rompe fácilmente.

La composición del acero junto con el tratamiento térmico hace que el producto obtenga unas características específicas: la dureza, flexibilidad y tenacidad inciden a la hora de determinar la calidad de las piezas de desgaste. Una pieza de cambio agrícola se considera de calidad cuando es: resistente al desgaste y tiene una flexión adecuada en los choques y torsiones, además, recupera la geometría inicial y no se rompe.

1.7.6. Promedio de vida útil de los discos de arado

Según información conseguida a través de encuestas realizadas a tractoristas del cantón Chambo, el tiempo de vida útil de los discos que pertenecen al arado de rastra multidisco, es de dos años cuando trabajan en óptimas condiciones.

Este tiempo se puede reducir ya que en el trabajo que se realiza diariamente están expuestos a fracturas y desgaste dependiendo el tipo de suelo o el sector en el que trabajan por lo que necesariamente deben ser cambiados, ya que no cumplen con los parámetros de profundidad de suelo para realizar el trabajo.

En la ilustración 6-1, se encuentran dos discos dentados desgastados de diferente marca y diámetro, el primero marca bellota de diámetro inicial 24 pulg, mientras que el segundo disco es de marca Tatum de procedencia brasileña.

Estos discos han sido ocupados en diferentes sectores del cantón Chambo por lo que se evidencia el desgaste de diferente manera en cada uno de ellos.



Ilustración 6-1: Discos de arado dentados desgastados.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

1.7.7. Tiempo de operación de los discos de arado

Las jornadas de trabajo de los distintos tractoristas hace que el tiempo de trabajo en una semana varíe 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 jornada de trabajo se pueden extender dependiendo la temporada y el clima para el cultivo.

1.7.8. Costo operativo de los discos de arado

Los valores de los discos oscilan entre los 34-50 USD que se considera un precio accesible para discos de tamaño estándar, esto depende del material, del tamaño y de la procedencia de estos. Se los puede encontrar en la ciudad de Riobamba en distintos almacenes que se dedican a la comercialización de productos agrícolas entre los que se encuentran herramientas y demás accesorios de labranza.

En el mercado existen dos tipos de discos que se puede adquirir, los de origen colombiano y de origen brasileño, los colombianos tienen un costo de 34 USD y el brasileño 43 USD, siendo un coste importante ya que la rastra tiene un total de veinte y cuatro discos dando un valor de costo operativo con discos de procedencia colombiana de 816 USD y en los discos brasileños un total de 1.032 USD.

1.7.9. Costo de mantenimiento de los discos de arado

Mediante las encuestas realizadas a los tractoristas mencionan que prefieren adquirir nuevos discos de arado para reemplazarlos en el caso que estos lleguen a fracturarse o sufran un desgaste abrasivo, sin embargo, los discos utilizados no los desechan ya que estos sirven como materiales para elaborar una herramienta de labranza que se le conoce como rahuadora, la misma que se encarga de formar los surcos en la superficie de acuerdo con el tipo de semilla que se va a cultivar. En ocasiones también se utiliza como material para realizar parrillas para asados, dado que el material resiste al calor.

Pocas veces se ha llevado a reparar los discos y en estos casos el valor que pagan por el proceso de soldadura que se realizan en estos oscila entre los 3 USD a los 20 USD, este mantenimiento correctivo la mayoría de las ocasiones no representa una ayuda a los operadores ya que, al realizarse de una manera artesanal los discos reparados no duran mucho tiempo y llegan a fracturarse con mayor rapidez y continúan con un desgaste rápido.

1.8. Procesos de soldadura

1.8.1. Soldadura por arco de metal protegido S.M.A.W

El proceso de soldadura SMAW, también conocido como soldadura por arco manual permite la unión de dos metales a través de una fusión localizada, generada por el calor de un arco eléctrico que se da entre el electrodo revestido y el material base. Este tipo de soldadura data de fines del siglo pasado, en donde se utilizaba como metal de aporte una varilla metálica descubierta.

La soldadura por arco de metal protegido es el proceso más utilizado y práctico ya que entre sus características se encuentra la simplicidad de la soldadura, es por ello por lo que se lo considera una soldadura de bajo costo. En la ilustración 7-1, se puede observar el diagrama esquemático del proceso de soldadura por arco sumergido, en donde se observa la composición del electrodo y el proceso de fundición de este en donde se produce gases de protección, escoria, gotas de metal y como resultado final el cordón de soldadura.

La soldabilidad es la facilidad con que un material puede ser unido, logrando propiedades mecánicas que se requieren para la operación y servicio. La norma ISO 581/80 menciona que “un acero se considera soldable, en un grado prefijado, por un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante una técnica adecuada se pueda conseguir la continuidad metálica de la unión, de tal manera que esta cumpla con las exigencias prescritas con respecto a sus propiedades locales y a su influencia en la construcción de la cual forma parte integrante”.

El carbono que influye en la templabilidad y en la dureza final se denomina carbono equivalente (CE), al resultado de ecuaciones en base al porcentaje de los elementos químicos que forman el metal. Este resultado permite apreciar si el material de estudio es un acero con buena o mala soldabilidad en relación con el siguiente enunciado.

- Aceros con $CE < 0,2-0,3\%$ tienen buena soldabilidad.
- Aceros con un $CE > 0,4\%$ tienen riesgo de fisuración en frío en la ZAC.

La fórmula que se muestra a continuación permite el cálculo de este parámetro con alto contenido de carbono.

$$Ce = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \%$$

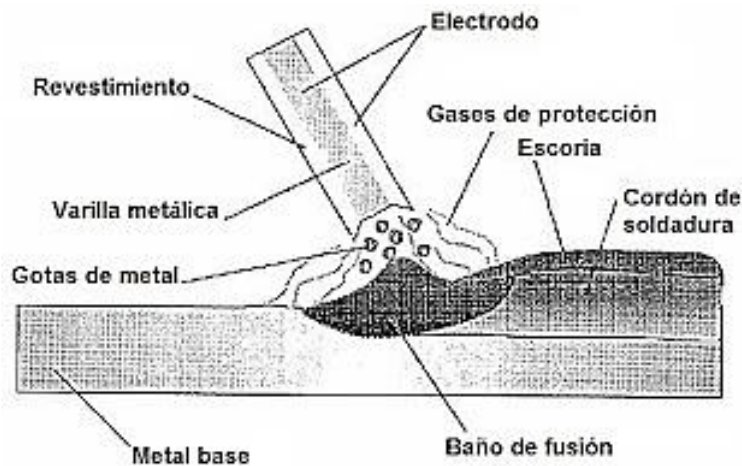


Ilustración 7-1: Diagrama esquemático del proceso de soldadura SMAW

Fuente: Orgiler, 2018 .

1.8.1.1. Equipo

Fuentes de potencia: Para este tipo de soldadura se puede utilizar corriente alterna ca o corriente continua cc, esto depende del electrodo elegido y la corriente que suministra la fuente de potencia.

La corriente influye en el rendimiento del electrodo. La selección de la corriente depende del tipo de electrodos que se van a utilizar. Para la selección de una adecuada fuente de potencia se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Tipo de corriente de soldadura requerida.
- Intervalo de amperaje requerido.
- Posiciones de soldadura.
- Potencia primaria disponible en el lugar de trabajo.

Portaelectrodos: Dispositivo de sujeción que permite controlar y sostener el electrodo. Otra de sus aplicaciones es conducir la corriente de soldadura del cable hacia el electrodo.

Conexión con la pieza de trabajo: Este dispositivo permite conectar el cable de pieza de trabajo a ésta. Su objetivo es producir una conexión fuerte y permitir una soldadura con mayor rapidez y facilidad.

En trabajos ligeros se puede utilizar una pinza tensada con resorte y para corrientes elevadas una abrazadera de tornillo.

Careta: Este elemento de protección personal, sirve para cubrir el rostro, los ojos, el cuello, la frente y orejas del soldador de los rayos directos que emana el arco eléctrico, las salpicaduras y las chispas que se producen al momento de soldar.

Equipo diverso: Para lograr un correcto soldado, se debe tener en cuenta que tanto el metal base como el área de soldadura debe estar libre de impurezas, escoria, suciedad y otros elementos extraños que puedan perjudicar la soldadura.

1.8.1.2. Materiales

Metales base: El proceso de soldadura SMAW, en la mayoría de las ocasiones se utiliza para recubrimientos y uniones en algunos metales base. Para la soldadura por arco de metal sumergido existen los siguientes electrodos:

- Aceros al carbono
- Aceros de baja aleación
- Aceros resistentes a la corrosión
- Hierros colados
- Aluminio y aleaciones de aluminio
- Cobre y aleaciones de cobre
- Níquel y aleaciones de níquel

Electrodos cubiertos: Se clasifican de acuerdo con los requisitos y especificaciones de la American Welding Society (AWS). Los electrodos se clasifican en base a la composición química y propiedades mecánicas del metal de soldadura sin diluir. En la tabla 1-1 se indican los números de especificaciones de la AWS y la clasificación de los electrodos.

Tabla 1-1: Especificaciones de la AWS para electrodos cubiertos

Especificaciones de la AWS para electrodos cubiertos	
Tipo de electrodo	Especificación de la AWS
Acero al carbono	A5.1
Acero de baja aleación	A5.5
Acero resistente a la corrosión	A5.4
Hierro colado	A5.15
Aluminio y aleaciones de aluminio	A5.3
Cobre y aleaciones de cobre	A5.6
Níquel y aleaciones de níquel	A5.11
Recubrimiento	A5.13 y A5.21

Fuente: AWS, 1998

Realizado por: González D. Parra K., 2022.

1.8.1.3. Aplicaciones

Materiales: La soldadura por arco sumergido sirve para unir la mayor de las partes de metales y aleaciones, en ocasiones también permite la soldadura de materiales disimiles. En metales refractarios como el cobalto, tantalio y molibdeno y metales reactivos como el titanio y el zirconio el proceso de soldadura SMAW resulta insatisfactoria la soldadura.

Espesores: Este proceso de soldadura se puede adaptar a cualquier espesor dentro de los límites prácticos y económicos de los metales o aleaciones. La mayoría de los metales a soldarse tienen espesores entre 1/8 y 1.5 pulg, excepto en piezas de trabajo irregulares.

En materiales con espesores menores a 1/16 pulg el metal base se funde de lado a lado y el material derretido se perderá, en otras ocasiones se puede utilizar procedimientos de fijación y soldaduras especiales para que existan un buen proceso de soldadura.

Posición de soldadura: Entre las ventajas que ofrece este proceso de soldadura es que puede soldarse en cualquier posición con la mayoría de los materiales. Se recomienda soldar en posición plana de una manera práctica ya que requiere menos habilidad.

1.8.1.4. Diseño y preparación de las uniones

Tipos de soldadura: Entre los tipos de soldadura que se pueden aplicar en este proceso se encuentra la soldadura por surco que se utiliza para materiales base con espesores no mayores a 1/4 de pulg y si la posición de soldadura es plana. En caso de soldadura por surco se debe tener en cuenta el costo de la soldadura, la idoneidad para la estructura que se considera, la posición de soldadura y la accesibilidad de la unión para soldarla. Otro tipo es la soldadura de filete que requiere de poca o nula preparación para la unión.

Respaldos de soldadura: En el caso de soldaduras con penetración completa se debe empezar desde un lado de la unión a soldar y con un respaldo de soldadura. Estos pueden ser: tira de respaldo, barra de respaldo de cobre, respaldo no metálico y soldadura de respaldo.

Embonamiento: Implica colocar miembros de unión para obtener las dimensiones y alineación específica para el surco. En este caso se debe tener mucho cuidado en los puntos de abertura también a lo largo de la raíz de soldadura ya que estos aspectos influyen en la calidad y economía del proceso de soldadura.

Pre calentamiento: Es recomendable precalentar el área a soldarse antes y después de aplicarse el proceso de soldadura con la finalidad de llegar a las propiedades mecánicas deseadas. Es necesario evitar el sobrecalentamiento ya que puede influenciar en la calidad y propiedades del proceso de soldadura.

1.8.1.5. Procedimientos de soldadura

Diámetro del electrodo: Cuando existe un amperaje y velocidad de desplazamientos idóneos, se produce un excelente tamaño de soldadura y realizado en el menor tiempo posible. Para escoger el diámetro del electrodo se debe tener en cuenta el espesor del material base, la posición de soldadura y el tipo de unión a realizar.

Corriente de soldadura: Dependiendo el electrodo a utilizar se puede soldar con corriente alterna ca o corriente continua cc. La corriente de soldadura, la polaridad y la cobertura del electrodo influyen en la rapidez de fusión de los electrodos.

La corriente continua produce un arco estable y transferencia del metal de aporte más uniforme, mientras que la corriente alterna no presenta golpe de arco lo que permite utilizar corriente de soldadura más elevada y electrodos más grandes.

Longitud del arco: Es la distancia que existe entre el núcleo del electrodo y la superficie del charco de soldadura. Se recomienda utilizar un arco de soldadura con una longitud apropiada para que no se vea afectada la calidad de soldadura. La longitud del arco varía con el tipo de electrodo, el diámetro la composición de cobertura, el amperaje y la posición de soldadura.

Velocidad de recorrido: Es la rapidez con la que se desplaza el electrodo en la unión. Una franja de soldadura con perfil y aspecto correcto corresponde a una velocidad de recorrido adecuada. Entre los factores que influyen en esta característica se encuentra:

- Posición de soldadura
- Condición de superficie del metal base
- Tipo de corriente de soldadura, polaridad y amperaje
- Espesor del material
- Rapidez de fusión del electrodo

Orientación del electrodo: Una orientación correcta depende del tamaño y tipo del electrodo, geometría de la unión y posición de soldadura. Es importante para la calidad de soldadura ya que

una orientación incorrecta causa atrapamiento de escoria, socavamiento y porosidad. Para este paso se debe tener en cuenta los siguientes ángulos: de desplazamiento, de trabajo. En el caso que el electrodo apunte a la dirección de soldadura se usa la técnica derecha con el ángulo de empuje, mientras que si el electrodo apunta a la dirección opuesta a la de la soldadura se trabaja con la técnica de dorso y con el ángulo de arrastre.

Eliminación de escoria: Es importante limpiar la escoria del material base y el área a ser soldada ya que puede producir defectos en el cordón de soldadura que influyan al momento de poner a prueba generando un cordón defectuoso y evitando que los materiales se fundan correctamente.

Estabilidad del arco: La fusión inconsistente, agujeros de respiración, escoria atrapada y porosidades puede producir la inestabilidad del arco. Por esto se debe tener en cuenta los siguientes factores que influyen en la estabilidad del arco:

- Manipulación del electrodo
- Tamaño de las gotas del metal de aporte fundido y escoria
- Voltaje de circuito abierto de la fuente de potencia
- Ionización del trayecto del arco desde el electrodo
- Características de recuperación de voltajes transitorios.

Golpe de arco: Con mayor frecuencia el golpe de arco se presenta en materiales magnéticos como el hierro y níquel al ser soldados con corriente continua cc. En pocas ocasiones se presenta con corriente alterna ca, sin embargo, el golpe es menos severo.

Si existe un golpe de arco puede que la fusión entre el metal base y el material de aporte no se complete y exista exceso de salpicadura imposibilitando el proceso de soldadura.

1.8.1.6. Calidad de soldadura

El cordón de soldadura debe cumplir ciertas cualidades para cumplir la función deseada en el servicio. Por esto debe obtener propiedades mecánicas y físicas requeridas, también es importante la forma y el tamaño de la soldadura y la integridad de la unión soldada.

En el proceso de soldadura Smaw la calidad de la unión soldada depende de la habilidad que posea el soldador. Por eso se debe evitar las siguientes discontinuidades que pueden afectar la calidad de la soldadura:

- Porosidad
- Grietas
- Inclusiones de escoria
- Socavamiento
- Fusión incompleta

1.8.1.7. Recomendaciones de seguridad

El soldador debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones de seguridad para su protección, entre ellas protegerse la piel y los ojos de la radiación que produce el arco de soldadura con una careta con filtro ocular, ropa de lana oscura, guantes y mandil de cuero para protegerse de las quemaduras que produce la salpicadura del arco. Es recomendable soldar en espacios abiertos, si esto resulta complicado el soldador debe estar suministrado de aire auxiliar. Las personas que se encuentren cerca al arco deben protegerse con escudos permanentes o portátiles.

1.8.2. Soldadura y corte con flama de oxígeno y acetileno

Conocido como soldadura oxiacetilénica consta de la unión del oxígeno y acetileno produciendo una flama que aproximadamente alcanza los 3 100° centígrados, una de las ventajas de este proceso de soldadura es que se puede fundir las piezas metálicas sin tener que aplicar presión mecánica. En ciertas ocasiones, se utiliza metal de aporte que consten con características similares al del metal base. El gas combustible que se utiliza en este proceso es acetileno, sin embargo, en varias ocasiones se puede utilizar butano, propano, hidrógeno o gas natural esto depende del trabajo a realizar. Mediante este proceso se puede soldar materiales como el cobre, hierro fundido, aluminio, latón, bronce y magnesio. También permite realizar soldaduras con materiales combinados como: acero con latón, bronce con hierro, fundición con latón, etc.

1.8.3. Soldadura por resistencia eléctrica

La soldadura por resistencia eléctrica se basa en la resistencia que tienen los materiales al flujo de corriente eléctrica. El calentamiento del metal base a soldar se hace a través de la punta de los electrodos de cobre, el cual permite el incremento de la resistencia eléctrica y la diferencia de la conductividad eléctrica. La presión y corriente aplicadas en este proceso permiten la unión de los materiales con propiedades físicas similares o mayores a las del metal base. Se utiliza una fuente de poder con bajo voltaje y alta intensidad de corriente eléctrica. Este tipo de soldadura es muy

utilizado en la industria, especialmente en la producción de carrocerías para autos, electrodomésticos, tubos, componentes eléctricos, etc.

1.8.4. Soldadura con arco metálico y gas G.M.A.W

Es este proceso de soldadura, se produce una fusión entre el arco establecido de un electrodo consumible y el metal base, la protección del arco se da a través de un gas inerte o conocido como activo que es colocado externamente. El sistema de alimentación induce de manera automática al rollo de alambre o electrodo hacia la zona a soldar.

Una de las ventajas más importantes de este tipo de soldadura es que garantiza una soldadura continua, de manera uniforme y libre de escorias e impurezas. El proceso de soldadura G.M.A.W. es el más utilizado en el sector industrial por su eficacia y facilidad de automatización permitiendo soldar materiales como: aceros inoxidable, aceros de baja aleación, magnesio, aluminio, cobre, etc.

1.8.5. Soldadura con arco de tungsteno y gas G.T.A.W

La soldadura de arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas inerte por sus siglas en inglés Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), también se le conoce como TIG, tungsten inert gas, gas inerte de tungsteno.

Es un proceso muy utilizado que se produce cuando se forma un arco entre un electrodo de tungsteno, material no consumible, con el charco de soldadura, se ha vuelto muy importante su uso en la industria debido a la calidad que ofrece en la soldadura y los costos económicos del equipo, los resultados de la soldadura radican en la validez de obtener características metalúrgicas acordes a la pieza soldada.

La soldadura de arco eléctrico con electrodo de tungsteno y gas inerte por sus siglas en inglés Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), también se le conoce como TIG, tungsten inert gas, gas inerte de tungsteno, es un proceso muy utilizado que se produce cuando se forma un arco entre un electrodo de tungsteno, material no consumible, con el charco de soldadura, se ha vuelto muy importante su uso en la industria debido a la calidad que ofrece en la soldadura y los costos económicos del equipo, los resultados de la soldadura radica en la validez de obtener características metalúrgicas acordes a la pieza soldada

1.9. Espectrometría de emisión óptica

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.

Este espectrómetro utiliza una chispa o arco eléctrico para excitar los átomos que están dentro de una muestra, después de la descarga a un voltaje alto, los átomos del metal se excitan primero, después de la desexcitación de los átomos durante la cual emiten fotones de longitudes de ondas definidas, estas, se agregan mediante un análisis óptico a través de una rejilla de difracción, dado que cada longitud corresponde a un elemento específico, un programa de computador completa este proceso ya que muestra la información del análisis cuantitativo y cualitativo realizado en la muestra de estudio.

En la se observa el espectrómetro Bruker Q2 ION analizando una probeta del disco de arado desgastado de procedencia colombiana, esta herramienta se encuentra dispone el laboratorio de materiales de la facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la misma que permite analizar la composición de materiales que no posean fichas técnicas o datos específicos ilustración 8-1, para su análisis.



Ilustración 8-1: Espectrómetro Bruker Q2 ION

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

1.10. Ensayo de dureza Rockwell C

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 el material de estudio, el material del penetrador puede ser una bola de tungsteno o un cono esférico con la punta de diamante, el tipo de penetrador, la carga que se utiliza determina la escala de dureza.



Ilustración 9-1: Durómetro

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la ilustración 9-1, se observa el durómetro que pertenece al laboratorio de materiales de la Epoch, el mismo permite determinar la dureza de los diferentes materiales que se desea analizar. Para determinar la dureza se introduce el penetrador en el material de ensayo bajo una carga preliminar esta debe ser menor a la carga adicional para registrar la profundidad, a continuación, se agrega la carga mayor que aumenta la profundidad. Se mide la diferencia en la posición del penetrador antes y después de la aplicación de la carga mayor, el resultado de esta diferencia es el valor de dureza Rockwell C.

Los ensayos de dureza son importantes ya que 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.

1.11. Ensayo de templabilidad Jominy

El ensayo Jominy, considerado en la industria como uno de los ensayos más sencillos que permite comparar la capacidad relativa de un acero para ser endurecido mediante temple. El procedimiento de este consiste en que una barra de acero de dimensiones normalizadas se calienta hasta la temperatura de austenización, para luego incidir sobre la probeta un chorro de agua en uno de sus extremos.

Para aceros al carbono y aceros de baja aleación este ensayo genera un gradiente de velocidades de enfriamiento, ya que las propiedades térmicas son idénticas para dichas aleaciones. Los tipos de materiales mencionados anteriormente son los más empleados para endurecimiento por temple, para lo cual el ensayo Jominy resulta ser muy útil. (Pilco y Merino, 2021 p. 21)



Ilustración 10-1: Máquina de ensayo Jominy

Fuente: Pilco, E ; Merino, M. 2021

En la ilustración 10-1, se observa una máquina automatizada para ensayo Jominy fabricada como trabajo de titulación tipo proyecto técnico de la carrera de Ingeniería Mecánica, la misma que se basa en la norma ASTM A255 la cual permite detectar el grado de templabilidad de los aceros.

1.12. Ensayos no destructivos para inspección de soldadura

Los ensayos no destructivos son procedimientos que buscan las irregularidades en las superficies soldados, el uso de las tintas penetrantes actualmente es uno de los métodos más usados debido a su simplicidad y a que no requiere el uso de laboratorios para realizar estas prácticas.

Con las tintas penetrantes se puede identificar discontinuidades y defectos en las superficies como: defectos superficiales, subsuperficiales e internos, los líquidos que se utilizan en estas prácticas son las tintas: removedoras, penetrantes y reveladoras, las cuales cumplen una función especial para identificar el error, la normativa que se utiliza para este procedimiento son ASTM-E-165 y ASTM-E-163.

1.13. Metalografía

La metalografía es la ciencia que estudia la microestructura de todos los tipos de aleaciones de metales, en las que se relacionan las características, mecánicas, físicas y estructurales del material. Entre las características estructurales podemos encontrar el tamaño de grano, la distribución y forma de las fases de las aleaciones y también las inclusiones no metálicas como segregaciones o irregularidades que pueden modificar las propiedades mecánicas de los metales.



Ilustración 11-1: Metalografía del acero al manganeso.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

El instrumento principal para realizar el análisis metalográfico es el microscopio metalográfico, en el cual se pueden realizar varios aumentos entre 50X y 2000X para mejorar la visualización de la muestra. (Guzmán, 2013 p. 13)

Como se muestra en la ilustración 11-1, se obtiene mediante el microscopio la microestructura de los diferentes tipos de aceros y sus aleaciones, permitiendo analizar y estudiar este tipo de

materiales. El microscopio para este tipo de análisis se encuentra en el laboratorio de materiales de la Espoch.

1.14. Contexto operacional

La mayoría de los tractores agrícolas trabajan 8 horas día, los cinco días a la semana, en el caso de los tractoristas que trabajan por su cuenta, en varias haciendas cuentan con un propio equipo el mismo que es usado según sea necesario el tiempo que se requiere sin presentar tanto desgaste debido a un menor tiempo de trabajo.

La ilustración 12-1, pone en evidencia el trabajo de los tractores en áreas agrícolas del cantón Chambo, específicamente en el barrio El Batán, que se caracteriza por tener un tipo de suelo húmífero.



Ilustración 12-1: Arado de terreno en el barrio El Batán-cantón Chambo.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En el cantón Chambo se encuentra bien definida dos partes de trabajo en función al tipo de suelo que existe en la zona, la parte baja que se encuentra cerca de la cuenca del río Chambo y la parte alta cercana a los cerros, claramente se diferencia dos tipos de suelo, por la parte alta tenemos suelos húmíferos con tierra negra y abundante agua y por la parte baja tenemos suelos arenosos, arcillosos y más secos.

En los discos de arado de rastra se presentan dos tipos de desgaste marcado, en los discos que operan en la parte alta la tierra presenta mayor resistencia al trabajo de los discos, por lo que los mismos tienden a fracturarse en toda la superficie, mientras que en los terrenos de la parte baja son más abrasivos y tienden a desgastar rápidamente el volumen del disco, al ser los tractores

agrícolas contratados para los diferentes suelos, en los elementos se presenta un desgaste combinado.

1.15. Análisis agrícola en el cantón Chambo

Chambo también conocido como la: “Señora del agro, princesa del río”, es un cantón de la provincia de Chimborazo, reconocido a nivel provincial, y nacional por sus cualidades agrícolas y siendo terrenos en donde se puede producir cualquier tipo alimentos de origen vegetal. A pesar de que es uno de los cantones más pequeños de la provincia, este cantón no cuenta con parroquias, sin embargo, tiene un alto potencial agropecuario y turístico.

1.15.1. Características geográficas

El cantón Chambo se encuentra ubicado en el noroeste de la provincia a 8 km de la ciudad de Riobamba, con una superficie de 162 km². la altitud del sector varía de 2400 a 4730 msnm, las temperaturas cambian de 0 y 15°C, sus límites son: al norte, oeste y sur con el cantón Riobamba y al este con la provincia de Morona Santiago.

1.15.2. Tipo de suelo

El suelo es un componente de la tierra, se le considera como un cuerpo natural del resultado del desgaste de: materia orgánica, minerales, agua y aire, es un sistema heterogéneo, estructurado e irremplazable, que se origina por el desgaste de la roca madre y una mezcla de nutrientes entre materia orgánica e inorgánica que permiten el desarrollo de múltiples organismos. (Fernández, 2019: pp. 19-23)



Ilustración 13-1: Suelo humífero parte alta del cantón Chambo.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

El cantón Chambo al encontrarse cerca del nevado Altar y el volcán Tungurahua, su suelo está acentado sobre andesitas y riolitas, materiales propios de la cordillera de los Andes, por lo que en el sector encontramos suelos podzoles, que contienen un alto contenido de aluminio y hierro son característicos de climas fríos y húmedos, dando lugar a suelos arenosos, pedregosos, arcillosos y húmidos.

La ilustración 13-1, permite observar un terreno del barrio Ulpán tractorado, el tipo de suelo característico de estas áreas geográficas es húmido en donde es necesario tractorar con rastras en donde se puedan añadir un mayor número de discos.

Para lograr una suficiente granulación de suelos arcillosos se debe arar a una velocidad relativamente alta y con un número menor de discos, en cambio en los suelos húmidos de menor cohesión se ara a una velocidad relativamente alta y con un número mayor de discos para evitar una granulación excesiva. (D. Berlijn, 1983 p. 18)

La ilustración 14-1, indica un terreno del barrio El Boliche, el tipo de suelo característico de esta parte geográfica que se encuentra cerca del río Chambo, es arcilloso, lo cual para los tractoristas resulta ser un área en donde los discos de arado se desgastan externamente, es decir pierden con facilidad las muescas que se encuentran en estos.



Ilustración 14-1: Suelo arenoso en la parte baja del cantón Chambo.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

CAPÍTULO II



2. PROCESO DE SOLDADURA DE DISCOS ESTANDÁR DE ARADO.






Para realizar el proceso de soldadura se requiere analizar y determinar distintos parámetros respecto al metal base y el material de aporte. Para esto, se determina un proceso específico que incluye la espectrometría, la metalografía, ensayos de dureza y templabilidad antes y después de la soldadura.

2.1. Espectrometría de emisión óptica (OES)

A continuación, en la tabla 2-1 se detalla el proceso para analizar las probetas derivadas de los discos de arado usados, el mismo que permite determinar la composición del material base. Este paso ayuda a la correcta selección del material de aporte para el proceso de soldadura.

Tabla 1-2: Procedimiento para el análisis de probetas por espectrometría de emisión óptica.

Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía.
Limpieza de los discos de arado desgastados.	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero. • Amoladoras. • Disco de cepillado y limado. • Gafas de protección. • Guantes. • Mandil. 	Se procede a la limpieza de la superficie de los discos desgastados. Como siguiente paso se extrae tres muestras para la espectrometría, la cual permite determinar los porcentajes de los elementos químicos del material de estudio.	
Corte de una muestra del disco desgastado limpio.	<ul style="list-style-type: none"> • Amoladora. • Disco de corte. • EPP. 	Con la amoladora y el disco de corte se extrae una parte del disco limpio de 30 cm ² , para obtener probetas para los futuros ensayos.	

<p>Extracción de una probeta de 1cm², de la muestra obtenida de los discos desgastados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de corte. 	<p>En el laboratorio de materiales de la facultad de Mecánica, con la ayuda de una máquina de corte se extrae una probeta de 1cm².</p>	
<p>Preparación de la probeta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lijas. • Máquina de lijado. • Pulidora 	<p>Posterior a la obtención de la probeta se debe desbastar, para retirar la capa de impurezas que se encuentran en la misma.</p>	
<p>Análisis de probetas por espectrometría.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrómetro de chispa. • Argón. • Ordenador 	<p>Ingresa las probetas de estudio en el espectrómetro para su análisis.</p>	 
<p>Obtención de datos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenador. 	<p>En el ordenador se obtiene el porcentaje de los elementos constitutivos del material a estudio.</p>	

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

2.1.1. Composición química del material base

La espectrometría de emisión óptica se realiza a tres probetas de diferentes discos de arado desgastados de procedencia: española, brasileña y colombiana obteniendo los siguientes resultados que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 2-2: Espectrometría de emisión óptica, muestra N°1.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0,682	0,331	1,864	<0,0030	<0,0030
Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	Al (%)
0,068	0,036	0,031	0,019	0,048
Co (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	W (%)
0,0034	<0,0050	0,0029	0,0097	<0,020
B (%)	Sn (%)	Fe (%)		
<0,0010	0,0094	96,89		

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

Tabla 3-2: Espectrometría de emisión óptica, muestra N°2

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0,373	0,274	1,477	<0,0030	<0,0030
Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	Al (%)
0,251	0,036	0,047	0,026	0,059
Co (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	W (%)
<0,0030	<0,0050	0,058	0,012	<0,020
B (%)	Sn (%)	Fe (%)		
<0,0010	0,013	97,347		

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

Tabla 4-2: Espectrometría de emisión óptica, muestra N°3

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
0,413	0,198	1,626	<0,0030	<0,0030
Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Cu (%)	Al (%)
0,070	0,051	0,047	0,029	0,072
Co (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	W (%)
0,0045	<0,0050	0,041	0,011	<0,020
B (%)	Sn (%)	Fe (%)		
<0,0010	0,017	97,41		

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

En base a los resultados obtenidos en las tablas 2-2, 3-2 y 4-2 se determina que el material de estudio trata una aleación de acero que contiene aproximadamente entre 1,4 y 1,8% de manganeso. Para determinar el tipo de aleación de acero al que pertenecen las probetas se realiza la comparación de porcentajes de carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel, molibdeno, fósforo y azufre de la tabla del Metal Handbook con los datos calculados en la espectrometría de emisión óptica.

Tabla 5-2: Promedio de los porcentajes de elementos compuestos de las muestras

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

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

Tabla 6-2: 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 Steels									
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	0.0005 min B
10B35	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1052	0.47-0.55	1.20-1.50	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1151	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	(a)	.....	.....	.....	.....	.....
1524	0.19-0.25	1.35-1.65	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1527	0.22-0.29	1.20-1.50	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1541	0.36-0.44	1.35-1.65	0.040	0.050	.....	.....	.....	.....	.....
1340	0.38-0.43	1.60-1.90	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	.....	.....	.....
4047	0.45-0.50	0.70-0.90	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	.....	0.20-0.30	.....
4130	0.28-0.33	0.40-0.60	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	0.80-1.10	0.15-0.25	.....
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	0.80-1.10	0.15-0.25	.....
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.035	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	.....
4350	0.48-0.53	0.60-0.80	0.035	0.040	0.20-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30	.....
5046(b)	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	0.20-0.35	.....	.....
5132	0.30-0.35	0.60-0.80	0.035	0.040	0.20-0.35	.....	0.75-1.00	.....	.....
8645	0.43-0.48	0.75-1.00	0.035	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	.....
8650(b)	0.48-0.53	0.75-1.00	0.035	0.040	0.20-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	.....
AMS Steels									
6417	0.38-0.43	0.60-0.90	0.010	0.010	1.45-1.80	1.65-2.00	0.70-0.95	0.30-0.50	0.05-0.10 V (c)
6419	0.41-0.46	0.60-0.90	0.010	0.010	1.45-1.80	1.65-2.00	0.70-0.95	0.30-0.50	0.05-0.10 V (c)
6470	0.38-0.43	0.50-0.70	0.040	0.040	0.20-0.40	0.25 máx.	1.40-1.80	0.30-0.40	0.95-1.30 Al
6485	0.38-0.43	0.20-0.40	0.020	0.020	0.80-1.00	.....	4.75-5.25	1.20-1.40	0.40-0.60 V (c)

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

Con los promedios de los componentes del acero de las probetas emitidos en la tabla 2-5 y los datos de la tabla 2-6 sobre las composiciones de aceros al carbono y aleados de contenido medio de carbono propuesto en el Metal Handbook se determina que es un acero AISI-SAE 1340. Los aceros al manganeso son conocidos por su alta resistencia a la abrasión y al impacto, por lo que son materiales adecuados para la fabricación de herramientas. Una de las ventajas del manganeso es que aporta en la dureza y tenacidad de los aceros

2.2. Metalografía

Para realizar la metalografía se obtiene 6 probetas con cortes transversales y longitudinales. Éstas están efectuadas de la siguiente manera: 2 de discos usados, 2 de discos nuevos y 2 de discos soldados. En el caso de los discos soldados las probetas a analizar son del cordón de soldadura y



de la zona afectada por el calor. Mediante estos cortes se puede analizar cómo se comporta el material al momento de recibir fuerzas externas como también se maneja en la zona de trabajo.







2.2.1. Preparación de probetas para metalografía y ensayos.



Previo a la metalografía y los ensayos Jominy y de dureza, se debe preparar probetas del material base para su estudio, es importante que éstas tengan la superficie libre de impurezas y contaminantes, como también deben encontrarse lo más enderezadas posible ya que estos aspectos pueden perjudicar los resultados a obtenerse, en la tabla 2-7 se detalla el procedimiento a seguir para la metalografía de las probetas de los discos desgastados.

2.2.1.1. Discos desgastados

Tabla 7-2: Metalografía de las probetas de los discos desgastados.

Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía.
Extracción de probetas de la muestra de los discos desgastados.	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de corte. 	De la muestra de los diferentes discos obtenidos previamente, se procede a cortarlos para obtener dos probetas por disco para el análisis metalográfico.	
Elaboración de probetas circulares.	<ul style="list-style-type: none"> • Prensa. • Aceite para lubricar. • Baquelita. 	En la prensa se procede a insertar la probeta, se rellena la superficie de la prensa con dos medidas de baquelita, rociar un poco de aceite en la tapa de la prensa y se la pone a prensar durante 8 minutos.	

			
Desbaste de las probetas.	<ul style="list-style-type: none"> • Lijas de la N° 240 – N° 2000. • Soporte para lija. • Agua. 	<p>En la máquina portaliñas se procede al desbaste de las probetas para la preparación de la superficie, se inicia con una lija N°240, y se termina con una la N°2000, este procedimiento se realiza hasta obtener la superficie tipo espejo, para que en la metalografía se pueda observar claramente la estructura interna del material.</p>	 
Pulido.	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de pulido. • Alúmina 	<p>Se coloca alúmina en la base de la máquina de pulido y durante cinco minutos se pule la probeta.</p>	
Limpieza y secado de la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> • Agua. • Secador. 	<p>Con un chorro de agua se retira el material adherido a la probeta en el proceso de pulido. En un secador se coloca la probeta de manera perpendicular durante 5 minutos para secar la superficie.</p>	
Observación de probetas.	<ul style="list-style-type: none"> • Microscopio óptico. 	<p>En el portaobjetos se coloca la muestra con un aumento de 20X, para observar el tipo de material al que pertenece.</p>	

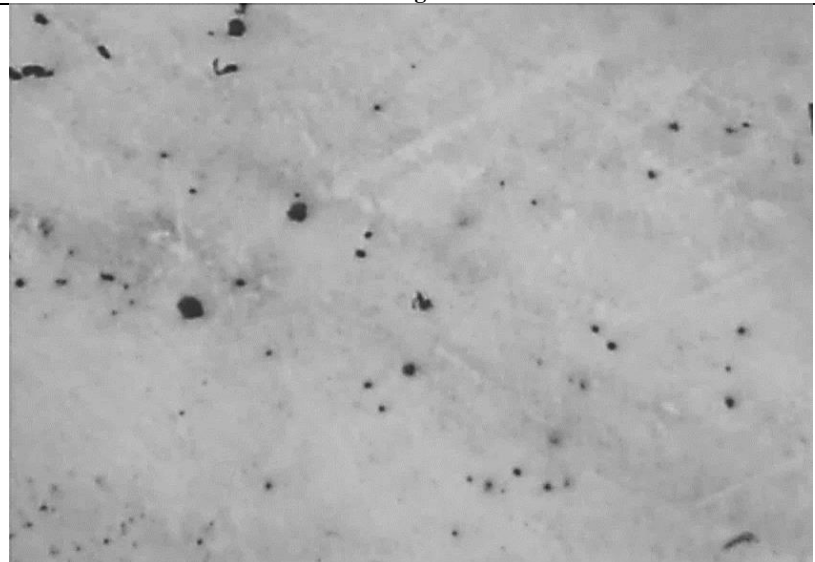
<p>Ataque químico de probetas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material para revelación de superficie. 	<p>En base a la normativa ASTM E 407, de acuerdo con los componentes del material seleccionamos los elementos que son necesarios para atacar la superficie de la probeta y revelar la microestructura de esta.</p>	
<p>Observación de probetas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Microscopio óptico. 	<p>Con un aumento de 50X observamos la microestructura de la muestra.</p>	

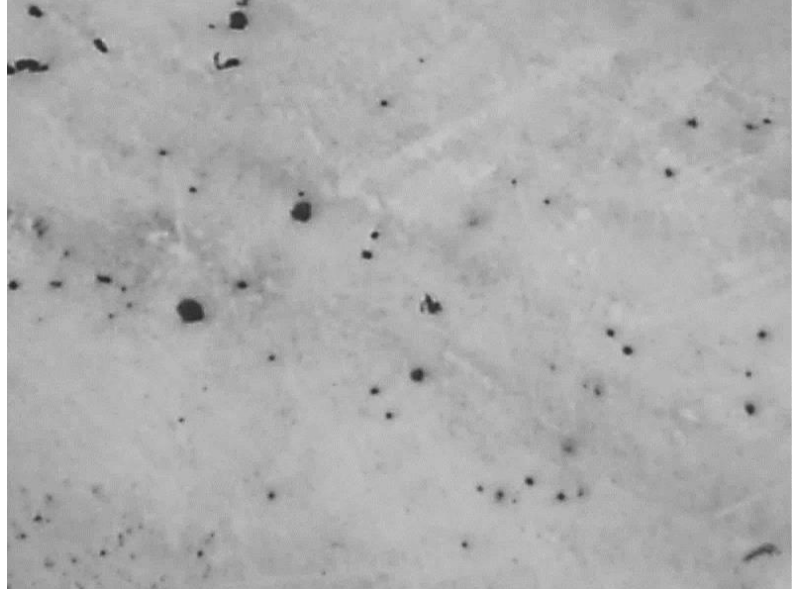
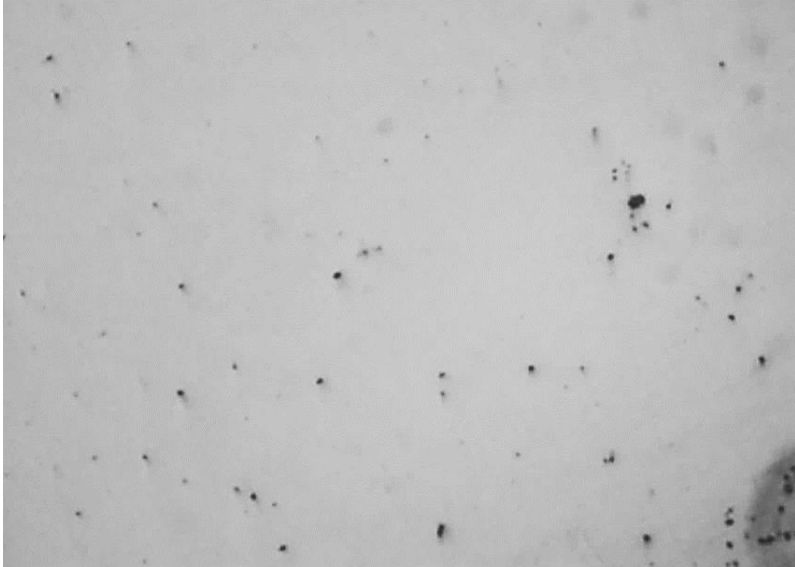

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Inclusiones no metálicas de los discos desgastados

En la tabla 2-8 se observa las inclusiones no metálicas analizadas en las probetas de los discos de arado desgastados con un aumento de 10X.

Tabla 8-2: Resultado de inclusiones no metálicas con aumento de 10X

Imagen	Descripción
	<p>Probeta N°1. Disco estándar de soldadura N°:1, cara externa, lado A.</p>

	<p>Probeta N°2. Disco estándar de soldadura N°:1, cara interna, lado B</p>
	<p>Probeta N°3. Disco estándar de soldadura N°:2, cara externa, lado A.</p>
	<p>Probeta N°4. Disco estándar de soldadura N°:2, cara interna, lado B.</p>

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

2.2.1.2. *Resultados de micrografía.*

Para observar la micrografía de las probetas de los discos desgastados se debe realizar un ataque químico con Nital al 5%, el cual nos permite observar su microestructura, al comparar con el Metal Handbook, se determina el material y estructura. A continuación, en la tabla 2-9 se observa la microestructura de estos.

En la ilustración 1-2, se observa la microestructura de acero AISI/SAE 1340 del metals handbook con un aumento de 550x y un ataque químico de nital al 2%. Se realiza la comparación con la microestructura de las probetas de los discos de arado, teniendo concordancia y similitud entre ambas.

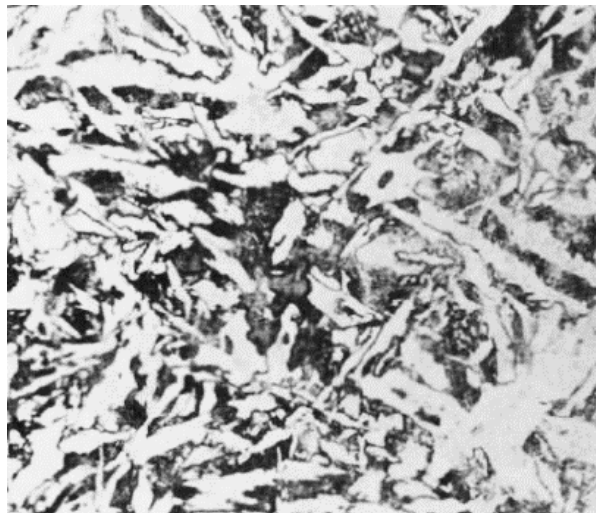
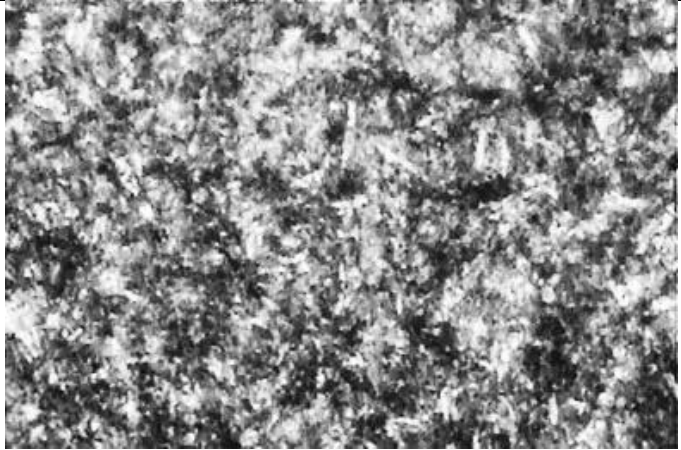
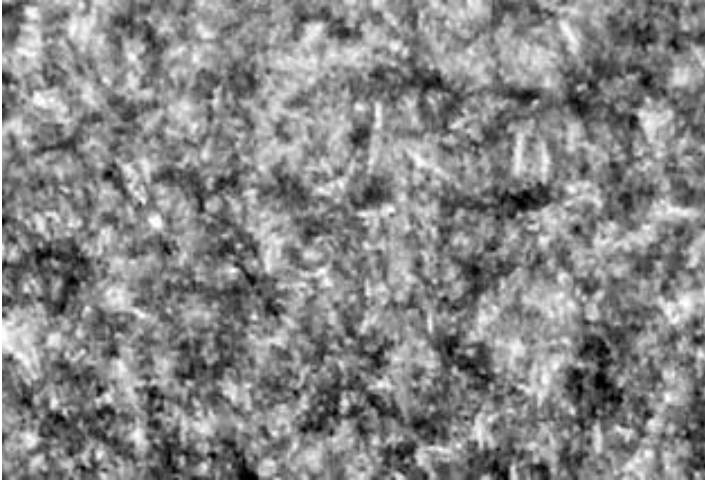
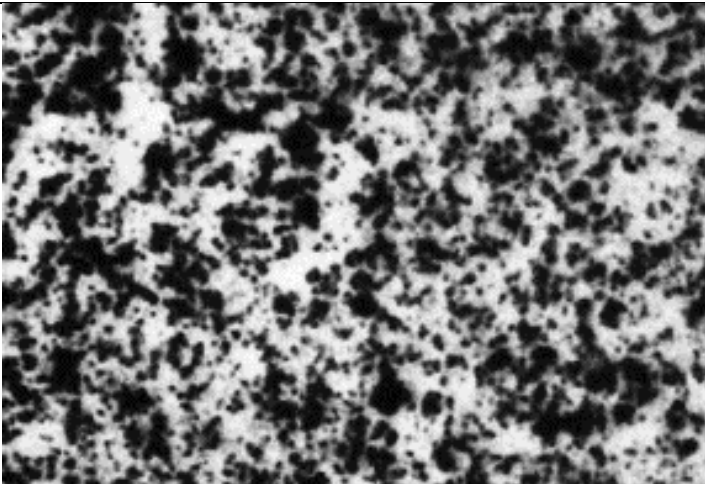
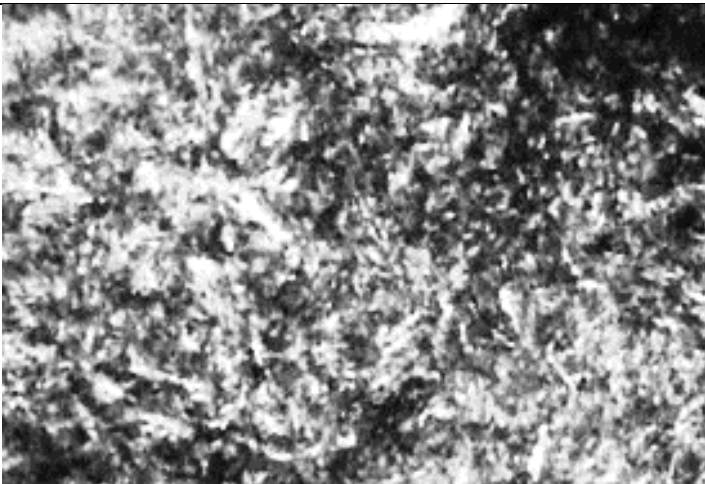


Ilustración 1-2: 283-4047 steel forging

Fuente: Davis, 1998 p. 37.

Tabla 9-2: Resultado de micrografía con aumento de 50X

Imagen	Datos
 <p data-bbox="316 2007 373 2033">500x</p>	<p>Probeta: Disco estándar de soldadura N°:1, cara interna.</p>
	<p>Norma utilizada: ASTM-E-407</p>
	<p>Ataque químico: Nital al 5%</p>
	<p>Composición: La estructura contiene placas de ferrita, parte blanca y perlita fina, parte oscura.</p>





 <p>500x</p>	<p>Probeta: Disco estándar de soldadura N°:1, zona de desgaste.</p>
	<p>Norma utilizada: ASTM-E-407</p>
	<p>Ataque químico: Nital al 5%</p>
	<p>Composición: La estructura contiene placas de ferrita, parte blanca y perlita fina, parte oscura.</p>
 <p>500x</p>	<p>Probeta: Disco estándar de soldadura N°:2, cara interna.</p>
	<p>Norma utilizada: ASTM-E-407</p>
	<p>Ataque químico: Nital al 5%</p>
	<p>Composición: La estructura contiene placas de ferrita, parte blanca y perlita fina, parte oscura.</p>
 <p>500x</p>	<p>Probeta: Disco estándar de soldadura N°:2, zona de desgaste.</p>
	<p>Norma utilizada: ASTM-E-407</p>
	<p>Ataque químico: Nital al 5%</p>
	<p>Composición: La estructura contiene placas de ferrita, parte blanca y perlita fina, parte oscura.</p>



Realizado por: González D. y Parra K., 2022

2.2.2. Soldadura

El proceso de soldadura seleccionado para la reparación de los discos de arado desgastados es el SMAW, los parámetros analizados para su selección son: la fácil adquisición del material de aporte, el bajo costo económico que este proceso genera, la facilidad del proceso de soldadura. En la siguiente tabla 2-10 se muestra el procedimiento de soldadura SMAW.

Tabla 10-2: Proceso de soldadura SMAW en discos de arado desgastados



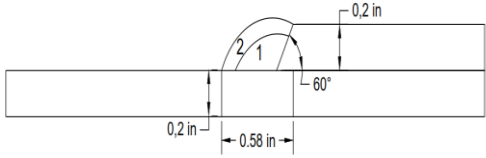
Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía.
Limpieza de discos.	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero • Amoladora • Grata. 	Retirar las impurezas de la superficie de los discos.	
Corte de piezas para soldar.	<ul style="list-style-type: none"> • Amoladora. • Disco de corte. 	Cortar piezas en forma rectangular de los discos reciclados para poder devolver al tamaño estándar.	
Preparación de disco.	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero. 	Limpieza de superficie de óxidos y grasa.	
Elaboración de bisel en las piezas a soldar.	<ul style="list-style-type: none"> • Esmeril 	Elaboración de un ángulo de 45° para formar un bisel.	

<p>Soldar la pieza de aporte con el disco.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de soldadura eléctrica. • Electrodo. 	<p>Seleccionar la polaridad y amperaje adecuado. Primero pasar con el electrodo E6011 y posterior con el E6013.</p>	
<p>Limpeza del cordón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Piqueta. • Cepillo de acero. • Amoladora. • Grata. 	<p>Dar golpes con la piqueta sobre el cordón para retirar la escoria. Con el cepillo de acero retirar las impurezas. Con la grata limpiar las impurezas en el cordón para dar una mejor apariencia.</p>	

Realizado por: González D. y Parra K., 2022



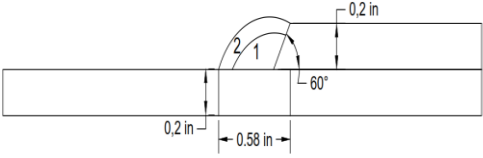
2.2.2.1. WPS

Tabla 11-2: WPS con electrodos E6011 y E6013

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
		ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS N°: 01							
Proceso de soldadura:		SMAW							
Código:		AWS D1.1							
Institución:		Escuela Superior Politécnica de Chimborazo							
Realizado por:		González D., Parra K.			Fecha:	01/06/2022			
METAL BASE				MATERIAL DE APORTE					
Material base	AISI 1340, ASTM A229, A234			Especificación AWS	AWS A 5.5				
Soldado a	AISI 1340, ASTM A229, A234			Clasificación AWS	E6011, EE6013				
Grado	H			Diámetro	1/8 in				
Espesor	0,2 in			TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO					
JUNTA				Temperatura	200°C				
Tipo de junta	Unión a traslape con biselado simple			Otro	La temperatura de pasada debe ser la misma que de precalentamiento				
Ángulo de bisel	60°			CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS					
Abertura de raíz	0,58 in			Globular:	Pulverizado:	Cortocircuito: X			
Dimensión cara raíz				Polaridad y tipo de corriente		DCEN y DCEP			
TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR				Velocidad de desplazamiento					
Tratamiento	Ninguno			TÉCNICA DE SOLDADURA					
Tiempo de temperatura	Ninguno			Movimiento de electrodo	Semicircular y en ocho				
ESQUEMA				Tipo de cordón	Oscilante				
				Pasada	Múltiple				
				Avance	Corto				
				Nro. Electrodo	4				
				Posición	Horizontal, 1G				
				Ángulo de avance	90°				
				Limpieza del cordón	Cepillo de acero, disco de molar y grata				
				PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA					
Pase	Electrodo		Corriente		Voltaje	Velocidad de avance	Dirección	Técnica	Limpieza
	Clase	Diámetro	Tipo	Amperaje					
2	EE6013	1/8 in	DC EP	95	18V		Derecha-izquierda	Ocho	Cepillo y grata
1	E6011	1/8 in	DC EN	85	18 v		Derecha-izquierda	Zigzag	Cepillo, grata y disco de molar

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Tabla 12-2: WPS con electrodos E7018

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
		ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA WPS N°: 01							
Proceso de soldadura:		SMAW							
Código:		AWS D1.1							
Institución:		Escuela Superior Politécnica de Chimborazo							
Realizado por:		González D., Parra K.			Fecha:	01/06/2022			
METAL BASE			MATERIAL DE APORTE						
Material base	AISI 1340, ASTM A229, A234		Especificación AWS	AWS A 5.5					
Soldado a	AISI 1340, ASTM A229, A234		Clasificación AWS	E6011, EE6013					
Grado	H		Diámetro	1/8 in					
Espesor	0,2 in		TEMPERATURA PRECALENTAMIENTO						
JUNTA			Temperatura	200°C					
Tipo de junta	Unión a traslape con biselado simple		Otro	La temperatura de pasada debe ser la misma que de precalentamiento					
Ángulo de bisel	60°		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS						
Abertura de raíz	0,58 in		Globular:	Pulverizado:	Cortocircuito: X				
Dimensión cara raíz			Polaridad y tipo de corriente		DCEN y DCEP				
TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR									
Tratamiento	Ninguno		TÉCNICA DE SOLDADURA						
Tiempo de temperatura	Ninguno		Movimiento de electrodo	Semicircular y en ocho					
ESQUEMA			Tipo de cordón	Oscilante					
			Pasada	Múltiple					
			Avance	Corto					
			Nro. Electrodo	4					
			Posición	Horizontal, 1G					
			Ángulo de avance	90°					
			Limpieza del cordón	Cepillo de acero, disco de molar y grata					
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Pase	Electrodo		Corriente		Voltaje	Velocidad de avance	Dirección	Técnica	Limpieza
	Clase	Diámetro	Tipo	Amperaje					
2	EE6013	1/8 in	DC EP	95	18V	0,3 cm/s	Derecha-izquierda	Ocho	Cepillo y grata
1	E6011	1/8 in	DC EN	85	18 v	0,3 cm/s	Derecha-izquierda	Zigzag	Cepillo, grata y disco de molar

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

2.2.2.2. Selección de electrodo.

Para realizar la siguiente operación se determina que se necesita realizar dos pasados en la superficie de los discos, la primera es el pase de raíz con el cual se pretende fundir las dos superficies del acero AISI 1340 y la segunda busca el relleno y dar mejor estética al trabajo, por otra parte, en los dientes del disco se pretende realizar un mallado que brinde apoyo y evite el desgaste brusco la superficie del disco que está en la zona de trabajo.

En la siguiente tabla 2-12 se encuentra detallado las condiciones de trabajo, para elegir el electrodo.

Tabla 13-2: Condiciones de trabajo para selección de electrodo

Naturaleza del metal base	Metal de alta dureza
Dimensiones de la sección a soldar	
Tipo de corriente de la máquina	AC, DCEN y DCEP
Posición de soldadura	Horizontal, 1G
Tipo de unión y fijación de la pieza	Unión a traslape con biselado simple y relleno/ mallado
Característica del depósito	Resistencia al desgaste abrasivo
Cumplimiento de norma o especificaciones especiales.	AWS D1.1

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Para realizar la selección del electrodo es importante tomar en consideración el factor económico y la soldabilidad del metal base con el metal de aporte, en este caso el electrodo de denominación.

En la tabla 2-13 que se muestra a continuación se presenta las características del electrodo E6011.

Tabla 14-2: Características electrodo E6011

Norma	AWS		E6011
Color de revestimiento	Blanco	Identificación	Punta azul
Análisis del valor depositado	C = 0,08 – 0,12%	Mn: 0,4 – 0,6%	Si: 0,25%
Características	Electrodo celulósico, excelente para soldaduras de penetración, arco estable, potente y el material depositado se solidifica rápido, fácil aplicación con corriente continua y alterna, los depósitos son de alta calidad en cualquier posición		
Posiciones de soldar	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente		
Corriente y polaridad	Para corriente alterna o continua, CA, CCEP y CCEN		
	Ø mm	Ø in	Amperaje (A)
	2,50	3/32	70-90
	3,20	1/8	90-120
	4,00	5/32	120-150
	5,00	3/16	150-180
Aplicaciones	Soldadura para aceros no templables Carpintería metálica Estructuras y bastidores de máquinas Chapas gruesas y metálicas Reparaciones generales Trabajos que requieran alta penetración		
Largo	350 mm	Peso por caja	20 kg/44 lbs

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Debido a su costo y a la fácil soldabilidad del material de aporte y a las características que este brinda se selecciona para realizar el pase de raíz, el precio de venta en Riobamba es de 2,50 USD por kg.

A continuación, en la tabla 2-14 se presenta las características del electro E6013.

Tabla 15-2: Características del electrodo E6013

Norma	AWS		E6013
Color de revestimiento	Gris claro	Identificación	Punta azul
Análisis del valor depositado	C = 0,09 %	Mn: 0,5%	Si: 0,3%
Características	Electrodo rutilico diseñado para depositar cordones y filetes de un excelente aspecto y sobresalientes características mecánicas, de fácil remoción de escoria muchas veces se desprende sola, gran velocidad de avance y poca pérdida por salpicadura		
Posiciones de soldar	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente		
Corriente y polaridad	Para corriente alterna o continua, CA, CCEP y CCEN		
	Ø mm	Ø in	Amperaje (A)
	2,50	3/32	60-85
	3,20	1/8	90-130
	4,00	5/32	140-180
	5,00	3/16	180-240
Aplicaciones	Carpintería metálica por láminas Recipiente sometido o no a presión Calderería Fabricación de puertas y ventanas		
Largo	350 mm	Peso por caja	20 kg/44 lbs

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Para realizar el mallado se experimenta con otro electrodo, en la **tabla 2-15** que a continuación se presenta, muestra las características del electrodo E7018.

Tabla 16-2: Características del electrodo E7018

Norma	AWS		E7018
Color de revestimiento	Gris	Identificación	Punta blanca
Análisis del valor depositado	C = 0,08 %	Mn: 1,00%	Si: 0,6 %
Características	Electrodo básico de baja aleación con revestimiento de bajo hidrógeno, posee polvo de hierro, ideal para aceros de alta resistencia a la tracción, también sirve como acero para construcción, arco estable, poco chisporroteo, con este electrodo se garantiza buenos resultados en inspecciones radiográficas, para trabajos de mayor responsabilidad se debe secarlos por una hora a 350°C.		
Posiciones de soldar	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente		
Corriente y polaridad	Para corriente alterna o continua, CA, CCEP y CCEN		
	Ø mm	Ø in	Amperaje (A)
	3,20	1/8	100-140
	4,00	5/32	140-190
	5,00	3/16	190 a 250
Aplicaciones	Para aceros de mediano y bajo carbono, baja aleación. Para aceros laminados en frío, por sus características de resistencia a la deformación a altas temperaturas. Para soldadura de tuberías a vapor. Calderas de alta presión, tanques. Piezas de maquinaria pesada. Construcciones metálicas en obra. Reparaciones navales. NOTA: Los electrodos húmedos o con manchas de grasa, deben desecharse		
Largo	350 mm	Peso por caja	20 kg/44 lbs

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Por el contexto operativo de los discos de arado se realiza las mallas con el electrodo E7018, tomando en cuenta que son resistentes a trabajos de tracción, además de su fácil adquisición y precio en el mercado.

2.2.3. Ensayos



Entre los ensayos a realizar en los discos de arado desgastados y reparados mediante un proceso de soldadura se encuentra la dureza y Jominy, los cuales permiten analizar las propiedades mecánicas de los materiales antes y después de aplicar el proceso específico de soldadura. Entre las propiedades mecánicas se pretende analizar es la templabilidad y dureza de los discos de arado.

2.2.3.1. Dureza

En la tabla 2-16 se describe el procedimiento a seguir para realizar el ensayo de dureza, la resistencia a la tracción, la plasticidad y la elasticidad del material, indica también la resistencia al desgaste mecánico que puede sufrir los materiales al desgaste mecánico que puede generar distintas aplicaciones. Entre las propiedades que permite analizar la dureza a través del durómetro, se encuentra la resistencia al desgaste mecánico que puede sufrir el disco de arado, en este caso los que se encuentran soldados.

Tabla 17-2: Ensayo de dureza en probetas de discos desgastados

Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía.
Preparación de probetas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pulidora. • Alúmina. • Secadora. 	Preparación de probetas para medir la dureza.	
Medir dureza.	<ul style="list-style-type: none"> • Durómetro. • Cabeza de dureza Rockwell. 	<p>Se coloca la probeta en el durómetro, se realiza una precarga de 100 N y se trabaja con una carga de 1471 N, para determinar la dureza en la escala Rockwell.</p> <p>Medir la dureza en distintas partes de la superficie de las probetas.</p>	

			
Análisis de datos.	<ul style="list-style-type: none"> Cuaderno. 	Tomar más de cinco medidas diferentes para establecer un valor de dureza estándar.	

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Tabla 18-2: Promedio de dureza de discos desgastados.

	Probeta 1 lado A	Probeta 1 lado B	Probeta 2 lado A	Probeta 2 lado B
V1	38.5 HRC	35 HRC	23 HRC	17 HRC
V2	42 HRC	39.5 HRC	33 HRC	36.5 HRC
V3	42.5 HRC	39 HRC	34 HRC	35.5 HRC
V4	44.5 HRC	39 HRC	34.5 HRC	33 HRC
V5	44.5 HRC	42 HRC	34.5 HRC	35.5 HRC
V6	40 HRC	46 HRC	36 HRC	37 HRC
V7	38.5 HRC	42 HRC	37 HRC	32 HRC
PROMEDIO	<i>41.5 HRC</i>	<i>40.7 HRC</i>	<i>33.1 HRC</i>	<i>32.4 HRC</i>
	36.925 HRC			

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la tabla 2-17 se observa los valores emitidos por el durómetro de cada probeta de los discos desgastados con los diferentes cortes, en el cual se determina con el promedio final calculado que con un **36,925 de HRC** trata de un acero al manganeso, determinando así que es una herramienta apta para el trabajo agrícola ya que su dureza se encuentra entre 35 – 45 HRC como especifica el ASABE.

2.2.3.2. Ensayo Jominy.

La templabilidad es una medida de profundidad a la que se endurece el acero cuando se enfría a partir de su temperatura de austenización, este valor se mide cuantitativamente, normalmente anotando la extensión o la profundidad del endurecimiento de una probeta de tamaño y forma estándar, en un enfriamiento normalizado. En el ensayo de temple final, la profundidad del endurecimiento es la distancia a lo largo de la probeta desde el extremo templado que se correlaciona con un nivel de dureza determinado. (ASTM:A255-10, 2014 p. 7).

La norma ASTM A 255, menciona los porcentajes de los elementos aleantes de los materiales que son aptos para realizar este ensayo, en la tabla se detalla la composición química.

Tabla 19-2: Elementos aleantes de los materiales para ensayo Jominy

Elemento	Rango
Carbono	0,10-0,70
Manganeso	0,50-1,65
Silicio	0,15-0,60
Níquel	1,50 máximo
Cromo	1,35 máximo
Molibdeno	0,55 máximo
Cobre	0,35 máximo
Vanadio	0,20 máximo






Fuente: (ASTM:A255-10, 2014)



Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Dada la naturaleza de los discos de arado adaptamos los requerimientos de la norma en el material de estos, por lo tanto, se maquina dos probetas de 20 cm de largo por 5 cm de ancho, tanto del disco desgastado y el disco soldado, por las características del material se llevó el horno a 825 °C, con este procedimiento se puede determinar la templabilidad de los materiales a ser analizados en el cual se determina que la dureza en la zona afectada por el chorro de agua se eleva, mientras que en las áreas alejadas la dureza disminuye.

En la tabla 2-19 se muestra el procedimiento para realizar el ensayo Jominy, para este trabajo el ensayo se realiza de manera casera ya que la máquina de ensayo Jominy construida como proyecto de titulación no se encuentra en las instalaciones de la ESPOCH. Por tal motivo se utilizó los elementos y máquinas que se encuentran disponibles en los laboratorios de la Facultad de Mecánica, permitiéndonos obtener similares resultados.

Tabla 20-2: Procedimiento ensayo Jominy

Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía
Cortar las probetas de 20 cm de longitud por 5 cm de ancho.	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero. • Amoladora y disco de corte. 	Se mecanizo la superficie del disco de arado en donde se realizó el cordón de soldadura para realizar el ensayo.	
Colocar las probetas en el horno.	Horno	Se estableció la temperatura máxima del horno de 825 °C, en base al contenido de carbono de la muestra-	
Calentar el horno hasta los 825 °C.	<ul style="list-style-type: none"> • Horno • Pirómetro 	Una vez que las probetas se encuentran al interior del horno revisar periódicamente la temperatura de este.	
Dejar las probetas en el horno un lapso de 20 minutos a 825 °C.	<ul style="list-style-type: none"> • Horno • Pirómetro 	Cuando el horno alcanza la temperatura de 825°C dejar las muestras durante 20 minutos al interior del horno.	
Enfriar las probetas con un chorro de agua constante en la punta de estas.	<ul style="list-style-type: none"> • Pinzas • Chorro de agua a 15°C 	Colocar rápidamente las probetas en un chorro de agua mientras estas se encuentran en un color rojo cerezo para su enfriamiento.	



Realizar pequeñas muestras de las probetas.	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de corte de muestras • Lija 240 • Cepillo de acero 	Cortar en pequeñas probetas la pieza inicial para su mejor lectura de la dureza, debido a la naturaleza curva de la pieza.	
Analizar la dureza de las probetas post tratamiento térmico.	Durómetro	Realizar las medidas de durezas a diferentes distancias de las probetas.	

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

2.2.4. Inspección

En la tabla 2-20 se realiza el proceso de inspección a través de inspección visual y tintas penetrantes para analizar la calidad del cordón de soldadura de los diferentes procedimientos realizados para la reparación de los discos de arado desgastados.

Tabla 21-2: Calidad del proceso de soldadura

Tarea	Herramientas y materiales	Descripción	Fotografía.
Inspección Visual	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero • Franela • Tiñer • Grata 	Limpia el cordón de soldadura y la zona afectada por el calor de manera rigurosa. Evitar porosidades y salpicaduras del material de aporte.	
Inspección por líquidos penetrantes	<ul style="list-style-type: none"> • Cepillo de acero • Franela • Tiñer • Grata • Cleener • Revelador • Penetrador 	Seguir los pasos de la norma ASTM E-165. <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar la superficie afectada por el calor y el cordón de soldadura con el cleener de manera rigurosa, evitando cualquier contaminante. 2. Secar la superficie con una franela ya 	

		<p>que cualquier residuo impide el ingreso del penetrante.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Aplicar el penetrante en el cordón de soldadura y las zonas afectadas por el calor. Según la tabla 2 de la norma, para herramientas de metal duro se debe esperar un tiempo estimado de 5 minutos. 4. La remoción de penetrante se realiza con el método C, que consiste en limpiar frotando con un paño, franela o toalla seca el exceso de penetrante. 5. Utilizar un paño limpio y sin pelusa paño / toalla ligeramente humedecida con removedor de disolvente para eliminar los restos que quedan de penetrante de la superficie. 6. . Pulverizar el cordón de soldadura y la zona afectada por el calor con el revelador de tal manera que garantice la cobertura parte completa de la región a examinar. 	   
--	--	---	--

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.1. Análisis de resultados

La propuesta de analizar las propiedades mecánicas de un disco estándar de arado mediante un proceso de soldadura se da debido a la necesidad que existe en el sector agrícola del cantón Chambo, en el lugar no existe personal técnico capacitado para brindar soluciones a los problemas que se genera en el lugar.

La reparación de un disco estándar de soldadura es un procedimiento que no se encuentra establecido bajo ninguna norma. El tipo y la forma del disco son aspectos que inciden directamente a la hora de realizar la reparación, estos son de un solo cuerpo debido a que están en contacto con una superficie abrasiva.

Para realizar un proceso de soldadura se parte de la caracterización del material, se observa e identifica su microestructura para poder elegir el material de aporte, se toma de referencia la norma AWS D1.1, adaptándola al trabajo de reparación en los discos desgastados.

3.2. Comparación de resultados

3.2.1. *Espectrometría*

Con la espectrometría se determina el porcentaje de los componentes de las probetas, provenientes de los discos de arado. El resultado a partir de la espectrometría es que los discos están contruidos con un acero de medio contenido de carbono, en donde su principal elemento aleante es el manganeso, la característica principal de estos aceros es que son altamente resistentes al desgaste, además por su composición se determina que es un acero AISI/SAE 1340, de grado H.

3.2.2. *Metalografía y microestructura*

En la metalografía se identifica la microestructura de los discos de arado tanto nuevos, desgastados y reparados con el proceso de soldadura. Para el primer análisis de metalografía se utiliza las probetas de discos desgastados, con la ayuda del ataque químico con nital al 5%, se puede determinar las placas de ferrita que es la parte blanca y perlita fina en la parte oscura, siendo

estas estructuras duras mismas que dada la naturaleza del trabajo del disco funcionan correctamente.

3.2.3. *Ensayo de dureza*

De las cuatro probetas que se obtuvo de los discos desgastados, tomando partes de distintas zonas de trabajo se midió la dureza Rockwell en la escala C dando como promedio los siguientes valores:

- Probeta 1, lado A: 41,5 HRC
- Probeta 1 lado B: 40,7 HRC
- Probeta 2 lado A: 33,1 HRC
- Probeta 2 lado B: 32,4 HRC

Tabla 1-3: Dureza de las probetas: cordón de soldadura y metal base

Dureza cerca del traslape		Dureza del metal base	
Distancia (mm)	Dureza HRC	Distancia (mm)	Dureza HRC
10	57	10	54
12	54	12	54
13	47	14	51
34	45	33	47
42	42	35	43
53	32	39	42
55	29	55	20
56	27	56	20
58	26	60	19
63	26	67	18
75	26	77	18
80	26	81	16
83	26	88	13
93	26	102	12
100	25	117	10

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Se midió la dureza en la zona que fue afectada por la fundición del material de aporte durante el proceso de soldadura dando como resultado, (ver tabla 1-3). Con los valores calculados y haciendo la comparación entre la dureza del disco reparado y el disco desgastado cerca determina que el valor de dureza ha aumentado cerca de la zona afectada por el cordón de soldadura.

3.2.4. Ensayo Jominy

En la probeta que se realizó el proceso de soldadura se tomaron varias mediciones de dureza, para esto se realizaron varias divisiones entre la zona que se encuentra soldada con el retazo del disco para lograr llegar al diámetro nominal de trabajo, y en la parte que se encuentra solo el disco, es decir el metal base como se muestra en la ilustración 1-3.

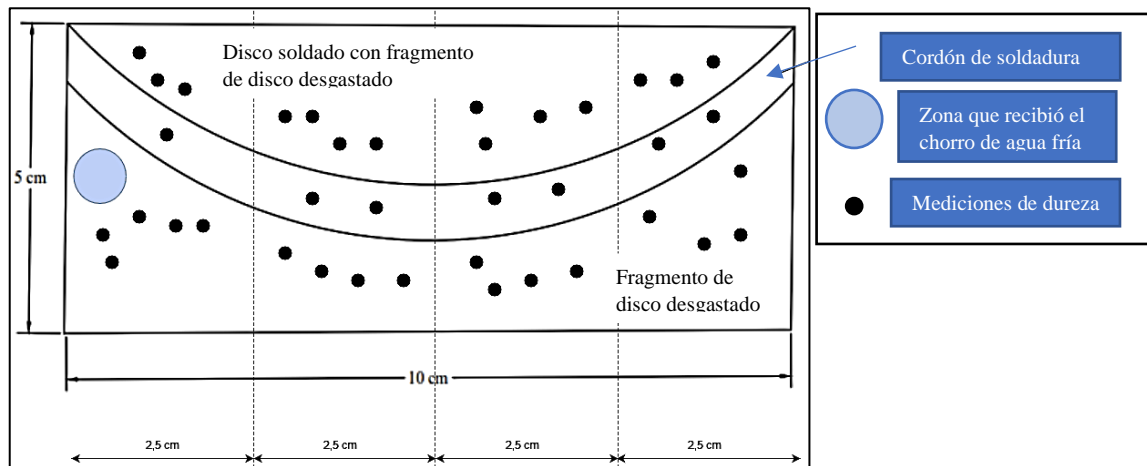


Ilustración 1-3: Esquema de la probeta para el ensayo Jominy.

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la siguiente tabla 3-2 se muestra el resultado de las mediciones en la probeta con el cordón de soldadura en el área que se encuentran las dos piezas soldadas.

Tabla 2-3: Valores de dureza del ensayo Jominy, probeta cordón de soldadura

Distancia (mm)	10	12	13	34	42	53	55	56	58	63	75	80	83	93	100
Dureza (HRC)	57	54	47	45	42	32	29	27	26	26	26	26	26	26	25

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la tabla 3-3 se detalla los valores de dureza obtenidos en la región del metal base, es decir en la región que no se encuentra con cordón de soldadura.

Tabla 3-3: Valores de dureza del ensayo Jominy, probeta metal base

Distancia (mm)	10	12	14	33	35	39	55	56	60	67	77	81	88	102	117
Dureza (HRC)	54	54	51	47	43	42	20	20	19	18	18	16	13	12	10

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

Los valores representados en la tabla 3-2 se encuentran demostrados en la **gráfica 3-1**.

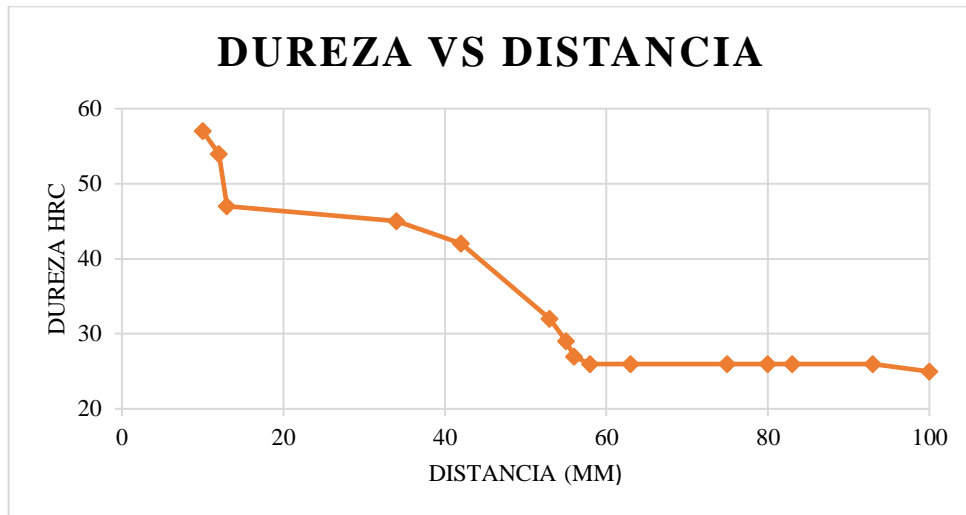


Ilustración 2-3: Distancia vs. dureza de la probeta con cordón de soldadura

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

En la ilustración 2-3, se representan los valores obtenidos en la tabla 3-3.

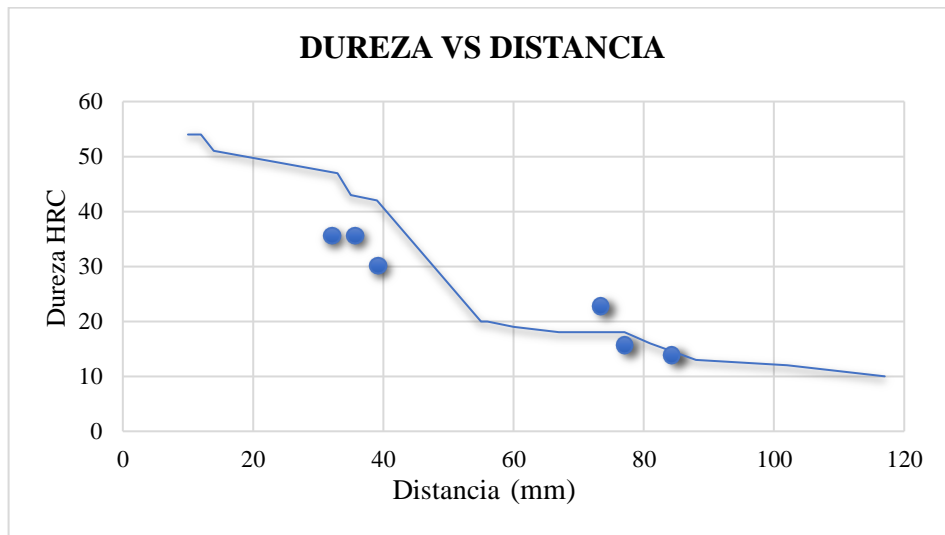


Ilustración 3-3: Distancia vs. dureza de la probeta del metal base

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

3.2.5. Soldadura

La dureza máxima de un acero depende de su porcentaje de carbono, la dureza real bajo del cordón, además del carbono depende de la templabilidad. Un acero con buena templabilidad después de un enfriamiento rápido alcanza la transformación de martensita, lo que eleva su dureza. Un acero con buena templabilidad es un acero difícilmente soldable.

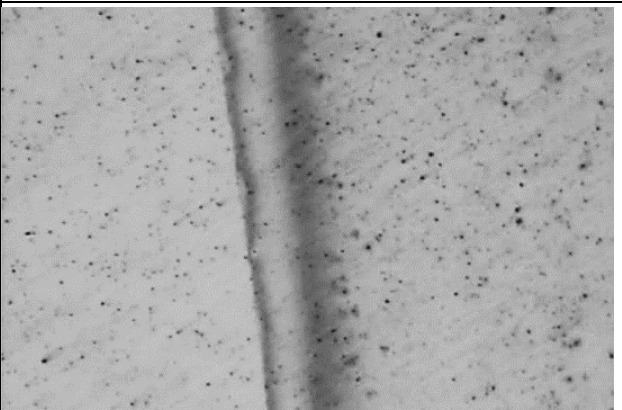
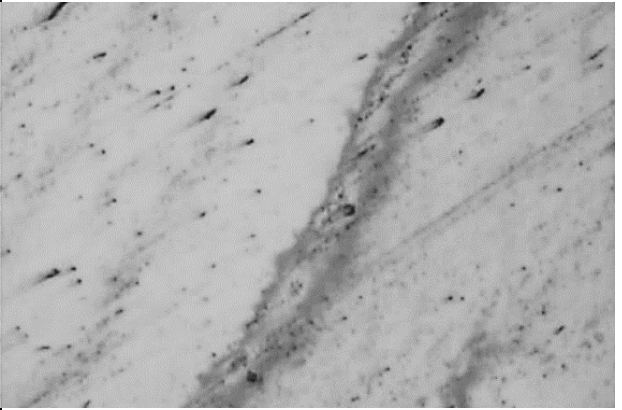
Reemplazando con los datos obtenidos de la tabla 2-3, sobre la espectrometría de emisión óptica de la muestra N° 2, la composición del material base en este caso de disco de soldadura desgastado, obtenemos lo siguiente:

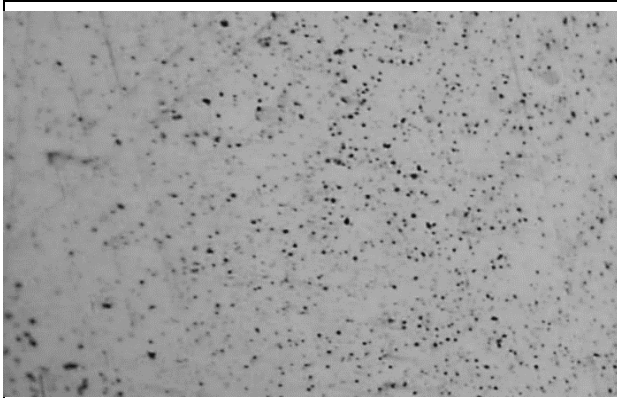
$$C_e = 0,373 + \frac{1,477}{6} + \frac{0,251 + 0,036 + 0,012}{5} + \frac{0,047 + 0,026}{15} \%$$

$$C_e = 0,68$$

El análisis de los cordones de soldadura se realiza de una manera visual en busca todo tipo de discontinuidades en el cordón, además se realizó el ensayo de tintas penetrantes en base a la norma ASTM E 165. En la tabla 4-3 que se muestra a continuación se presenta la microestructura de los cordones de soldadura bajo el microscopio con un aumento de 20X.

Tabla 4-3: Microestructura cordones de soldadura bajo el microscopio con aumento de 20X

Gráfico	Descripción
 <p data-bbox="266 1400 395 1473">200x ↔</p>	<p data-bbox="906 976 1402 1193">Estas imágenes representan los cordones de soldadura que se realizaron en el mallado, se busca reforzar la pieza que se soldó para que los cordones estén expuestos al desgaste para preservar más tiempo el elemento soldado.</p> <p data-bbox="906 1256 1402 1330">Estos cordones se realizaron con el electrodo E7018, con un solo pase.</p>
 <p data-bbox="266 1904 395 1977">200x ↔</p>	

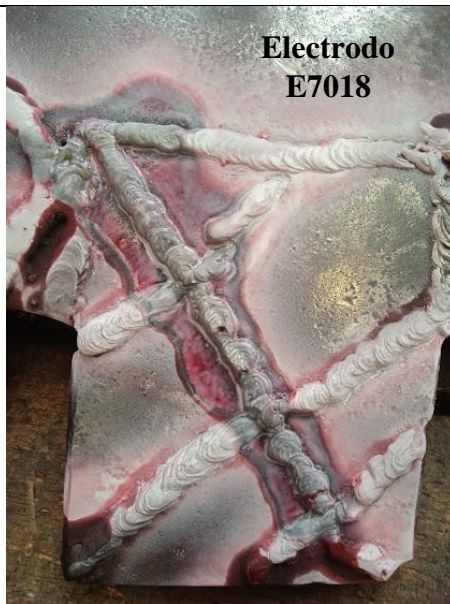


200x



La imagen representa a la unión por traslape entre el disco de cuerpo entero y una parte de otro disco para poder recuperar el diámetro de 24 y 22 pulgadas.

En este cordón se realizó dos pases, el primero fue el de raíz con electrodo E6011 y el segundo fue el de relleno con electrodo E6013, como se observa se fundió las dos piezas metálicas base junto con el material de aporte, formando un solo cuerpo lo que es idóneo ya que indica que puede trabajar de forma compacta, resistiendo al desgaste que se presente en el trabajo.



Electrodo E7018



Electrodos E6011 y E6013

En la inspección para determinar la calidad de soldadura, se realizó mediante dos métodos: el primero de inspección visual determinando que el cordón realizado con el electrodo E7018 presenta porosidades, mientras que los cordones de soldadura realizados con los electrodos E6011 y E6013 se mantienen uniformes, sin presentar ningún tipo de porosidad o escoria.

3.3. Interpretación de resultados

Para el procedimiento de soldadura se analizaron varios factores, entre ellos: el presupuesto, tipo de material del metal base, sus propiedades mecánicas, etc. por lo que el adecuado para este trabajo investigativo fue el SMAW siendo un proceso de soldadura fácil de encontrar en el medio, además los electrodos seleccionados se basan en la fácil adquisición y costos que estos tienen.

Al no contar con procedimientos normados para realizar la reparación de este tipo de herramientas se pudo seleccionar el tipo de corriente y amperaje basado en la norma buscando realizar un trabajo de calidad. El proceso de soldadura aplicado a los discos desgastados mantiene la dureza y la templabilidad en estos por lo que se puede mencionar que se realiza un aporte al sector agrícola en cuanto a la reparación de discos de arado usados con procedimientos económicos y de fácil acceso en las diferentes zonas en donde trabajan.


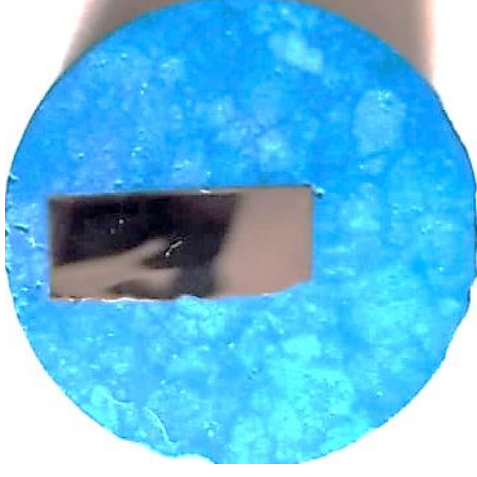
Debido a la composición química del metal y en base a su C_{eq} el metal tiene baja soldabilidad, por lo que se realizó el precalentamiento del disco antes de realizar su proceso de soldadura. La naturaleza curva del disco representa dificultad al momento de realizar los estudios previos, así como la soldadura en los mismos. Sin embargo, analizando en el sector menos cóncavo del disco de arado, es decir en las muescas se pudo obtener las probetas que permitieron el análisis del material tanto la espectrometría y la microestructura.

Al realizar dos pases de soldadura en el cordón que une el disco con la pieza añadida se funde el material, formando un solo cuerpo entre las partes soldadas y el material de aporte. Este resultado es favorable para la reparación de las piezas, ya que, al ser un solo cuerpo, aumenta su dureza y mantiene la templabilidad en el cordón y en sus áreas cercanas.

El pase de raíz funde la parte interna de la unión a traslape y avanza en prosa fundiendo los dos metales, después de limpiar con piqueta y grata se pasa el segundo pase con el electrodo de relleno, sin dejar mucho tiempo que el cordón se enfrié, cumpliendo la función de pase caliente realizando la función térmica de recocido.

Los cordones que forman parte del mallado con el electrodo E7018, debido a la baja soldabilidad del metal base y que estos electrodos tienen un alto contenido de hidrogeno. En el microscopio se observa que el material de aporte no se funde con el metal base completamente, ya que se puede observar que hay una zona que delimita el cordón con el metal.

Tabla 5-3: Probetas del cordón de soldadura

ELECTRODO E7018	ELECTRODO E6011 y E6013
	

Realizado por: González D. y Parra K., 2022

3.4. Validación de la hipótesis

Para realizar la validación de la hipótesis lo hacemos mediante el contraste de hipótesis bilateral en donde la hipótesis nula es igual a la media y la hipótesis alternativa es diferente, en este caso se ha seleccionado el promedio de la dureza de los discos desgastados con un valor de 36,925 HRC, (ver tabla 5-3).

Datos:

$$u = u_0 \longrightarrow H_0 = 36.925 \text{ HRC}$$

$$u \neq u_0 \longrightarrow H_1 \neq 36.925 \text{ HRC}$$

N = 15 Medidas

$$\sigma = 11,03005994$$

$$\alpha = 0,05$$

Denominaciones:

H0: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alternativa

N= Número de mediciones o muestra

xi= Dureza HRC (Disco soldado)

X= Valor medio

σ = Desviación estándar

Z= Estadístico

α =Nivel de significancia → Proyectos de investigación relacionado con los consumidores

Tabla 6-3: Validación de la hipótesis

Xi	xi-X	(xi-X) ²
57	22,7333333	516,804444
54	19,7333333	389,404444
47	12,7333333	162,137778
45	10,7333333	115,204444
42	7,7333333	59,804444
32	-2,2666667	5,1377778
29	-5,2666667	27,7377778
27	-7,2666667	52,804444
26	-8,2666667	68,337778
26	-8,2666667	68,337778
26	-8,2666667	68,337778
26	-8,2666667	68,337778
26	-8,2666667	68,337778
26	-8,2666667	68,337778
25	-9,2666667	85,871111
Total		1824,93333

Realizado por: González D. y Parra K., 2022.

Media Aritmética

$$X = \frac{57+54+47+45+42+32+29+27+26+26+26+26+26+26+25}{15}$$

$$X = 34,2666667$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\text{xi}-X)^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1824,93333}{15}}$$

$$\sigma = 11,03005994$$

Estadístico

$$z = \frac{X - u_0}{\sigma / \sqrt{N}}$$

$$z = \frac{34,26666667 - 36,925}{11,03005994 / \sqrt{15}}$$

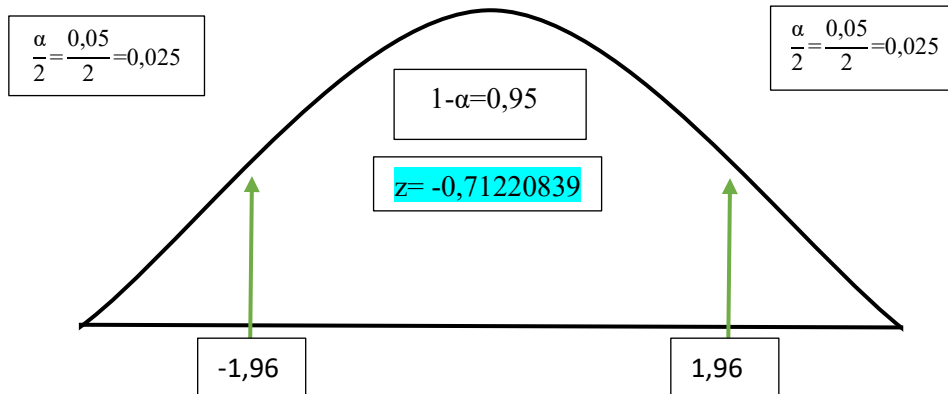
$$z = -0,71220839$$

Región de rechazo

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025$$

Región de aceptación

$$1 - \alpha = 0,95$$



El estadístico se encuentra en la región de aceptación, por lo tanto, la hipótesis nula es aceptable, es decir que: La dureza y templabilidad se mejora después de recuperar el disco de arado mediante el proceso de soldadura en la zona de desgaste.

CONCLUSIONES

A través de las encuestas realizadas a los tractoristas del cantón Chambo se determinó que el tipo de suelo es uno de los factores que causa alto impacto en el desgaste de los discos de arado. En esta parte geográfica existen dos tipos de suelos, en la parte alta los suelos húmíferos presentan más resistencia provocando la fractura en la superficie de los discos, mientras que en la parte baja la tierra es más abrasiva por lo que existe un desgaste volumétrico del disco.

Mediante la espectrometría aplicados a los discos desgastados se determinó que los discos de arado son aceros al manganeso con aproximadamente un 0,40% de carbono, es decir un AISI/SAE 1340. En la microestructura se observó placas de ferrita, parte blanca y perlita fina, parte oscura. Con el ensayo de dureza se calculó un valor promedio de 36,925 HRC afirmando que trata de un acero al manganeso y apta para el trabajo agrícola. Para el control de calidad del disco recuperado utilizamos la inspección visual y tintas penetrantes bajo la norma ASTM E-165 en donde se visualizó que el cordón de soldadura con los electrodos E6011 Y E6013 está uniforme mientras que los cordones de soldadura con el electrodo E7018 presenta porosidades.

El proceso de soldadura SMAW se aplicó en la recuperación de los discos de arado, el primer proceso se desarrolló mediante unión traslape con bisel simple con los electrodos E6011 y E6013 recuperando el diámetro estándar de 24 pulg del disco de arado desgastado. En el segundo proceso se utilizó el electrodo E7018 para realizar el mallado en los fragmentos soldados otorgando mayor dureza en las nuevas muescas de los discos de arado.

El contraste de hipótesis bilateral permitió comparar la dureza en los discos desgastados como en los recuperados por proceso de soldadura, con un valor de $z=-0,71220839$, el estadístico pertenece a la zona de aceptación de la campana de Gauss, el cual permite aceptar la hipótesis nula, es decir que la dureza y la templabilidad en el disco de arado recuperado ha mejorado.

Los resultados mostraron que la recuperación de los discos de arado con un proceso de soldadura SMAW es aceptable, y que la idea general en la cual se basó el trabajo de investigación fue completamente resuelta pues se realizó la investigación del contexto operacional de los discos de arado como también se analizó la naturaleza de los materiales mediante estudios técnicos metalográficos.

RECOMENDACIONES

Para realizar las encuestas en futuras investigaciones, es necesario llevar hojas membretadas con los logos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la carrera perteneciente para identificarnos como estudiantes investigadores y obtener información veraz. Además, un formato establecido por la carrera e identificadores.

Para la metalografía, utilizar guantes al momento del lijado de las probetas ya que es necesario que las probetas queden limpias y sin ninguna línea, como también al momento de realizar el ataque químico ya que por el tipo de material se utiliza nital al 5%.

Para realizar las probetas de los discos de arado, como el proceso de soldadura SMAW utilizar amoladoras grandes y todos los EPP necesarios como casco, gafas, guantes, mandil y delantal de cuero para soldar, ya que al realizar el corte y el trabajo de soldadura se produce chispa muy fuerte, penetrando cualquier tipo de ropa.

Para la validación de la hipótesis es necesario tener en cuenta el tipo de investigación a realizar y cuál es su finalidad, pues el nivel de significancia a utilizar debe ser específico al trabajo investigativo realizado.

Se puede utilizar la distribución normal para analizar muestras menores a 30 en la validación de la hipótesis ya que nos permite aproximarnos a una situación ideal.

BIBLIOGRAFÍA

A. STONE, Archie & E. GULVIN, Harold. *Maquinaria agrícola*. México DF-México: Cia. Editorial Continental, 1985, pp. 223-224.

ASTM:A255-10. *Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel*.

AWS. *Manual de Soldadura Tomo I*. México DF-México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A, 1998. p. 77.

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. "Reporte de Cuyuntura sector Agropecuario". Reporte de Cuyuntura sector Agropecuario [en línea], 2021, (Ecuador) 94-I-2021, p. 22. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN 1390-0579. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc202101.pdf> ISSN 1390-0579 N°94-I-2021

BISON, E. "*Orbes agrícola*". *Orbes agrícola* [en línea], 2021, (Perú), p. 2. [Consulta: 06 Mayo 2022]. Disponible en: <https://www.orbesagricolasac.com/wp-content/uploads/2021/09/Arado-De-Discos-ADB2-328H2-428H2-BISON.pdf>.

CEVALLOS, C. , ZALDIVAR, M. & SAMANIEGO, F. "Chimborazo: Una reflexión sobre su sector agropecuario". Eumednet [en línea], 2017, (Ecuador)s.n., p. 52. [Consulta: 07 Mayo 2022]. ISSN 1696-8352. Disponible en: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/2017/chimborazo.html>.

D. BERLIJN, J. *Manuales para educación agropecuaria. Arado de discos*. México DF-México: Editorial Trillas México, 1983, p. 9.

DAVIS, J. *Metals Handbook Desk Edition*. ASM Internacional, 1998. ISBN 978-0-87170-654-6, p. 151.

ESQUIVIAS LLERENA, J. Estudio de investigación de los parámetros de operación en el proceso de soldadura GTAW para la recuperación de los álabes de un impulsor [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. 2018. p. 27. [Consulta: 2022-04-13]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5833>.

FERNÁNDEZ FIERRO, A. Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del río Chambo [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 19-23.[Consulta:2022-04-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11161>.

GUZMÁN ORNELAS, F. Análisis de aceros por microscopia óptica [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F, México. 2013. p. 13. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/12065>.

MAGGIO, A. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* "Catálogo de maquinarias y herramientas para la agricultura familiar de Argentina". [En línea], (2017), (Argentina) p. 4. [Consulta: 05 Junio 2022.]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-catalogo_cipaf_myh_af_-_2015_espanol_ingles.pdf.

MORA BAGUA, C. & COPA MULLO, E. Diseño y construcción de un arado de discos para ser acoplado al motocultor YTO DF-15L para la zona de Ecuador [En Línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 56-57. [Consulta: 2022-06-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9221>

ORGILER, Alejandro. *Itec . Soluciones técnicas.* [blog]. [Consulta: 09 Junio 2022.]. Disponible en: <https://altecSolucionesTécnicas.blogspot.com/2018/01/>.

PILCO COLCHA, E. & MERINO YÁNEZ, M. Diseño y construcción de una máquina automatizada para ensayos Jominy de acuerdo a la normativa ASTM A255 para la determinación de curvas de templabilidad en aceros [En Línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2021. p. 95. [Consulta: 2022-06-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15098>

ROMERO YUGCHA, D. & FAJARDO MAIGUA, C. Optimización del prototipo de arado de discos aplicando la norma ISO 25119 para mejorar el rendimiento, seguridad y ergonomía del motocultor YTO DF 15L del MAGAP de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. p. 102. [Consulta: 2022-06-16]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11503>

YELA CERVANTES, A. Análisis del uso de la mecanización agrícola en el Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. 2021. p. 7. [Consulta: 2022-06-18]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10270>

ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA A AGRICULTORES



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

Ingeniería en
Mantenimiento
Industrial.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Facultad de Mecánica.

Carrera Mantenimiento Industrial.

Proyecto de investigación.

**ANÁLISIS DE LA DUREZA Y TENACIDAD EN UN DISCO ESTÁNDAR DE ARADO
MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROCESO DE SOLDADURA ESPECÍFICO**

INTEGRANTES:

Diana González.

Kevin Parra.

1. Nombres y apellidos:

.....

2. Nro. Cédula:

.....

3. ¿Cuál es la ubicación de su terreno?

.....

4. ¿Cuál es el costo de alquiler del tractor? (por horas):

.....

5. ¿Cuánto tiempo utiliza el tractor?

.....

6. ¿Qué tipo de suelo tiene su terreno?

.....

ANEXO B: ENCUESTA A TRACTORISTAS



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

Ingeniería en
Mantenimiento
Industrial.

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Facultad de Mecánica.

Carrera Mantenimiento Industrial.

Proyecto de investigación.

ANÁLISIS DE LA DUREZA Y TENACIDAD EN UN DISCO ESTÁNDAR DE ARADO
MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN PROCESO DE SOLDADURA ESPECÍFICO

INTEGRANTES:

Diana González.

Kevin Parra.

1. Nombres y apellidos:

.....

2. Al día, ¿cuánto tiempo opera el tractor? (Por horas)

.....

3. ¿Cada cuanto cambia los discos de arado de la rastra? (Meses)

.....

4. ¿Cuánto cuesta un disco de arado? (dólares)

.....

5. ¿Cuál es el valor de la reparación de los discos de arado?

.....

6. ¿Lleva un control de monitoreo del desgaste de los discos de arado?

.....

ANEXO C: ESPECTOMETRÍA DE PROBETA 1

Bruker Analysis Report



Sample:

Analysis Time: 24.05.2022 09:57:36

Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,373	0,274	1,477	<0,0030	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,251	0,036	0,047	0,026	0,059
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	<0,0030	<0,0050	0,058	0,012	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	0,013	97,37		

Bruker Analysis Report



Sample:

Analysis Time: 24.05.2022 10:42:23

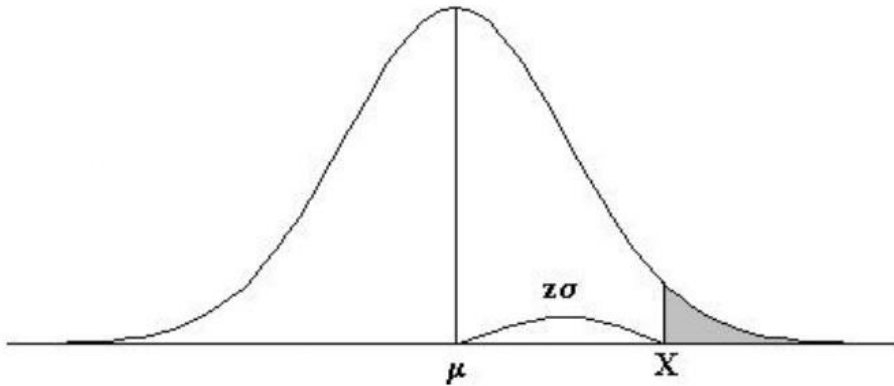
Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,413	0,198	1,626	<0,0030	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,070	0,051	0,047	0,029	0,072
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,0045	<0,0050	0,041	0,011	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	0,017	97,41		

ANEXO E: TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN NORMAL

Áreas bajo la curva normal



Ejemplo:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$P[Z > 1] = 0.1587$$

$$P[Z > 1.96] = 0.0250$$

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010